



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

ÁREA AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

CARRERA DE INGENIERÍA EN MANEJO Y CONSERVACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN TRATAMIENTO FÍSICO
BIOLÓGICO DEMOSTRATIVO PARA LA DEPURACIÓN DE LAS
AGUAS RESIDUALES PROVENIENTES DE LA PORCICULTURA,
EN LA FINCA DE LA FAMILIA SARANGO CONDOLO, UBICADA
EN EL BARRIO SANTA BÁRBARA, CANTÓN CENTINELA DEL
CÓNDOR”**

TESIS DE GRADO PREVIA A LA
OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO EN MANEJO Y
CONSERVACIÓN DEL MEDIO
AMBIENTE

AUTOR: DARWIN GABRIEL SARANGO CONDOLO

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: **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN TRATAMIENTO FÍSICO BIOLÓGICO DEMOSTRATIVO PARA LA DEPURACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES PROVENIENTES DE LA PORCICULTURA, EN LA FINCA DE LA FAMILIA SARANGO CONDOLO, UBICADA EN EL BARRIO SANTA BÁRBARA, CANTÓN CENTINELA DEL CÓNDOR”**, desarrollado por el señor Darwin Gabriel Sarango Condolo, ha sido elaborado bajo mi dirección y cumple con los requisitos de fondo y de forma que exigen los respectivos reglamentos e instructivos.

Por ello autorizo su presentación y sustentación.

Zamora, 07 de Noviembre de 2016

Atentamente,




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

AUTORÍA

Yo **Darwin Gabriel Sarango Condolo**, 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: Darwin Gabriel Sarango Condolo

FIRMA: 

CÉDULA: 1900578632

FECHA: Loja, 12 de Diciembre de 2016

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

Yo, **DARWIN GABRIEL SARANGO CONDOLO**, declaro ser autor de la Tesis titulada **"DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN TRATAMIENTO FÍSICO BIOLÓGICO DEMOSTRATIVO PARA LA DEPURACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES PROVENIENTES DE LA PORCICULTURA, EN LA FINCA DE LA FAMILIA SARANGO CONDOLO, UBICADA EN EL BARRIO SANTA BÁRBARA, CANTÓN CENTINELA DEL CÓNDOR"**, 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 de dos mil dieciséis, firma el autor.

AUTOR: Darwin Gabriel Sarango Condolo

FIRMA: 

CÉDULA: 1900578632

DIRECCIÓN: Zumbi, calle Jaime Roldos entre Antonio María Isasi y Aurelio Espinoza Polit.

CORREO ELECTRÓNICO: darwins1988@outlook.com

TELÉFONO: 073037211 **CELULAR:** 0967297112

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 de manera especial a:

A Dios y a la Virgen, por acompañarme, darme valor, fortaleza y sabiduría para poder cumplir mi meta de culminar mis estudios.

A mis Padres Elsa Condolo y Carlos Sarango, a mis hermanos y hermanas, quienes se han constituido en una fuente de apoyo incondicional en cada instante de mi vida.

A mi novia Vilma Campoverde por su tiempo y apoyo incondicional en cada momento.

A mis amigos, con quienes siempre hemos compartido gratos momentos.

Darwin Gabriel Sarango Condolo

AGRADECIMIENTO

A Dios y a la Virgen Santísima por darme su amor, paciencia, protección sabiduría y fortaleza en todo momento.

A mis padres pilares fundamentales de mi vida, infinitas gracias por su amor, preocupación y apoyo incondicional en mi formación personal y académica, a mis hermanos por todo el cariño, y cooperación.

Agradezco también a mi novia Vilma, por su amor, apoyo y ayuda incondicional.

A mi Director de Tesis Ing. Galo Ramos, por confiar sus conocimientos y guiarme durante el proceso de la investigación hasta la culminación de mi tesis, al coordinador de la Carrera, Ing. Osmani López, y finalmente Ing. María Díaz, por la paciencia brindada; y por su invaluable colaboración en el desarrollo de la presente investigación; a ustedes mi gratitud eterna.

Al Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Centinela del Cóndor, el cual me brindo el apoyo de los recursos materiales para la ejecución de mi proyecto y de manera especial al Ing. Rene Ortiz por la apertura prestada para la realización de mi trabajo de Tesis.

A todos quienes de alguna u otra manera me brindaron su apoyo desinteresado para conseguir culminar esta investigación.

Darwin Gabriel Sarango Condolo

1 TÍTULO

“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN TRATAMIENTO FÍSICO BIOLÓGICO DEMOSTRATIVO PARA LA DEPURACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES PROVENIENTES DE LA PORCICULTURA, EN LA FINCA DE LA FAMILIA SARANGO CONDOLO, UBICADA EN EL BARRIO SANTA BÁRBARA, CANTÓN CENTINELA DEL CÓNDOR”

2 RESUMEN

La presente investigación se desarrolló en la finca de la familia Sarango Condolo, Barrio Santa Bárbara, Cantón Centinela del Cóndor, el propósito fue diseñar e implementar un tratamiento físico biológico demostrativo referente y replicable, para la depuración de aguas residuales de la porcicultura, a través de humedales artificiales, alternativa sustentable y de bajo costo para reducir la contaminación de la quebrada Santa Bárbara. El desarrollo del proyecto consistió en primer lugar en realizar una caracterización socioeconómica de la actividad y determinar el grado de contaminación de las aguas residuales de la porcicultura, a través de un análisis de laboratorio de las características físicas, químicas y microbiológicas, seguidamente se determinó el caudal del agua residual que se genera diariamente a través del método volumétrico, después a través de parámetros de diseño se determinó las dimensiones del tratamiento físico biológico y con la ayuda del programa AUTOCAD se elaboró el diseño de la caja de retención de sólidos, tanque de sedimentación, humedal artificial- superficial con *Eichornia crassipes*, y humedal de flujo subsuperficial horizontal con filtro biológico y *Echinochloa polystachya*, los cuales se construyeron de hormigón con paredes de ladrillo. Finalmente para determinar la eficiencia de remoción de contaminantes del tratamiento se recolectó una muestra de agua residual tratada y se realizó un análisis de laboratorio, logrando una reducción de los sólidos totales (45%), sólidos suspendidos (83%), fósforo total (82%), nitrógeno total (92%), demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅), demanda química de oxígeno (DQO) (90%) y coliformes fecales (93%).

Palabras Claves: Tratamiento físico/biológico, Porcicultura

2.1 SUMMARY

The present research was carried out at the Sarango Condolo family farm, “Santa Bárbara” neighborhood, from “Centinela del Cóndor” town, the purpose was to design and implement a biological and physical demonstrative treatment referable and replicable, for the sewage water treatment from the porci-culture through artificial wetlands alternative, sustainable, and low-cost to reduce pollution of the Santa Bárbara canyon. The development of the project consisted first to carry out a socioeconomic characterization of the activity and to determine the grade of pollution of the sewage water of the porci-culture, through a laboratory analysis of the physical, chemical and microbiological characteristics, after, it was determined the sewage water flow which is generated daily through the volumetric method, then through design parameters, the physical-biological treatment dimensions were determined and using the AUTOCAD program , the design of the box retention solids was designed, sedimentation tank, artificial-superficial wetland with *Eichornia crassipes*, and horizontal subsurface flow wetland with biological filter and *Echinochloa polystachya*, which were built of concrete with brick walls. Finally, to determine the removal efficiency of the pollutants from the treatment, a sample of treated sewage water was collected, and a laboratory analysis was developed achieving a reduction of total solids (45%), suspended solids (83%), total phosphorus (82%), total nitrogen (92%), biochemical demand for oxygen (DBO₅), chemical oxygen demand (DQO) (90%) and fecal coliforms (93%).

Keywords: Physical / biological treatment, porci-culture

3 INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la problemática de la contaminación de los cuerpos de agua superficiales se está incrementando a la par con el crecimiento demográfico, la industrialización y desarrollo de actividades productivas. La presencia de grandes concentraciones de contaminantes en especial de las actividades productivas con elevada carga orgánica en el agua, así como la falta de tratamiento de los mismos conllevan al daño de los ecosistemas, enfermedades al ser humano, pérdida de la biodiversidad, falta de suministro de agua potable, problemáticas sociales y demás amenazas que podrían alterar el desarrollo del país. El manejo de purines porcinos ha tomado importancia por ser una de las actividades productivas contaminantes, lo que hace indispensable el tratamiento de las aguas residuales generadas. Un aspecto ambiental importante en granjas porcinas es la producción de efluentes con alta concentración de nutrientes que son vertidas en los cuerpos de agua receptores y que constituyen un foco de contaminación, sobre el agua y suelo de las zonas ubicadas alrededor de esta actividad productiva de criaderos de porcinos.

Una alternativa para reducir el aumento de nutrientes en el agua y suelo de la actividad porcina es la producción de plantas acuáticas. El cultivo de estas macrófitas asociado al agua de desecho en granjas porcinas depura el agua residual. Las macrófitas 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, favorecer eutrofización y crear ambientes para la crianza de vectores de enfermedades. Si las plantas acuáticas se manejan adecuadamente,

su poder de reproducción, capacidad de absorción de nutrientes y bioacumulación de contaminantes del agua las convierten en una herramienta útil en el tratamiento de aguas residuales, por lo que se puede considerar estos sistemas de tratamiento como una alternativa ecológica y económicamente viable, tanto para el tratamiento de los efluentes domésticos como industrias porcinas, por esta razón ha surgido la necesidad de buscar alternativas para la depuración de estas aguas y así disminuir los niveles de contaminación.

El propósito de este proyecto de investigación fue diseñar e implementar un sistema de tratamiento físico biológico demostrativo, y que sirva como referente y replica para los porcicultores de la zona que carecen de un sistema de tratamiento, además que contribuya a depurar las aguas residuales de la porcicultura. El diseño y construcción del tratamiento consiste, de una caja de retención de sólidos, tanque de sedimentación, humedal artificial superficial con *Eichornia crassipes* y humedal de flujo subsuperficial horizontal con filtro biológico y *Echinochloa polystachya*).

Luego del tratamiento se evidencio que el efluente reduce su contenido de sólidos totales, sólidos suspendidos, demanda bioquímica de oxígeno (DBO), demanda química de oxígeno (DQO), nitrógeno total, fósforo total, y coliformes fecales, y puede ser descargado en la quebrada Santa Bárbara sin contaminar.

El proyecto de investigación beneficia directamente a la familia Sarango Condolo e indirectamente a los moradores del barrio Santa Bárbara, ciudadanía en general ya que aguas abajo se realizan actividades agropecuarias y turísticas, de igual forma a la Secretaria Nacional de Gestión del Agua (SENAGUA),

Gobierno Autónomo Descentralizado Cantonal Centinela del Cóndor, encargados del saneamiento ambiental, cuidado y protección de los recursos hídricos.

El proyecto se ejecutó en la finca de la familia Sarango Condolo, ubicada en el Barrio Santa Bárbara, Cantón centinela del Cóndor, el objetivo general planteado fue: Contribuir a la depuración de las aguas residuales provenientes de la porcicultura, a través del diseño e implementación de un tratamiento físico biológico demostrativo, en la finca de la familia Sarango Condolo, ubicada en el Barrio Santa Bárbara, Cantón Centinela del Cóndor. Para cumplir el objetivo general se planteó tres objetivos específicos que condujeron a la realización de la presente investigación:

- Diagnosticar los aspectos socioeconómicos y determinar el grado de contaminación de las aguas residuales provenientes de la porcicultura desarrollada en la finca de la familia Sarango Condolo, ubicada en el Barrio Santa Bárbara, Cantón Centinela del Cóndor.
- Diseñar e implementar un tratamiento físico biológico demostrativo para depurar las aguas residuales provenientes de la porcicultura, en la finca de la familia Sarango Condolo, ubicada en el Barrio Santa Bárbara, Cantón Centinela del Cóndor.
- Determinar el grado de descontaminación de las aguas residuales provenientes de la porcicultura, en la finca de la familia Sarango Condolo, ubicada en el Barrio Santa Bárbara, Cantón Centinela del Cóndor.

4 REVISIÓN DE LITERATURA

4.1 El agua elemento indispensable para la vida

Dada la importancia del agua para la vida de todos los seres vivos, y debido al aumento de las necesidades por el continuo desarrollo de la humanidad el hombre está en la obligación de proteger este recurso. El agua dulce es un recurso renovable, pero la disponibilidad de la misma está disminuyendo de manera constante. En muchas partes del mundo, la demanda de agua ya excede al abastecimiento a medida que aumenta la población mundial. Es un deber de todos cuidar nuestros recursos hidrológicos, debido a que la disponibilidad del agua es fundamental para el mantenimiento de los ecosistemas y para las comunidades, la industria, la agricultura, y las actividades comerciales ya que su presencia o ausencia tiene efectos sobre los seres vivos (Jaramillo y Flores, 2012, p.1).

4.2 Contaminación del agua

El Ministerio del Ambiente del Ecuador, (MAE, 2016), sostiene que la contaminación del agua es: "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).

4.2.1 Causas de la contaminación del agua.

El agua se contamina principalmente por las siguientes causas:

Contaminación industrial: se produce por los vertidos de las industrias que realizan directamente en los ríos.

Contaminación agrícola y ganadera: se produce por la filtración del uso de agroquímicos en el terreno hacia las aguas subterráneas, la ganadería por la producción de grandes cantidades de residuos orgánicos.

Contaminación doméstica o urbana: se produce por los hogares al verter en el desagüe gran cantidad de residuos orgánicos e inorgánicos. A esto se le añade la contaminación de los vehículos (Botanical, 2016).

4.2.2 Consecuencias de la contaminación del agua.

A continuación se detalla las principales consecuencias a los ecosistemas, organismos y salud humana que se producen debido a la contaminación de las aguas:

- Alteración de vida marina y destrucción de ecosistemas acuáticos, debido al vertido de desechos industriales.
- Aparición y proliferación 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.
- Dificultades en reproducción, además de enfermedades mortales como cáncer.
- Lixiviados provenientes de basurales o desechos enterrados que contaminan las aguas subterráneas

- Fuerte repercusión por envenenamiento en especies pertenecientes a otros ecosistemas, debido al consumo del agua o por la falta total de ella (Cascante, s.f).

4.3 Caracterización de aguas residuales

De acuerdo al MAE, (2016), con referencia a la caracterización de aguas residuales manifiesta que es un: “Proceso destinado al conocimiento integral y estadísticamente confiable de las características del agua residual (doméstica e industrial) e integrado por la toma de muestras, medición de caudal e identificación de los componentes físicos, químicos, biológicos y microbiológicos” (p.3).

4.4 Componentes físicos, químicos y biológicos

El MAE, (2015), establece: en “la TABLA 12. la guía técnica de los parámetros mínimos de descarga a analizarse o monitorearse, que deberá cumplir todo sujeto de control. Estos parámetros de monitoreo son los sugeridos para industrias importantes, identificados según el Código Internacional Industrial Uniforme (CIIU)” (p.102).

4.4.1 Características físicas.

Según la normativa plantea que las principales características físicas que debe analizarse en el agua residual de la porcicultura son:

4.4.1.1 Temperatura.

De acuerdo a Pérez, (2006), en relación a la temperatura ilustra lo siguiente:

La temperatura del agua es crítica porque afecta la vida biológica. Las reacciones microbiológicas se duplican por cada 10°C de incremento de la temperatura del agua. La tasa de disolución del oxígeno disminuye con las temperaturas altas. El oxígeno disuelto (OD) en el agua es más elevado en las aguas frías que en las calientes. Los peces y la vida acuática requieren elevadas cantidades de OD para sobrevivir y por ello están directamente afectados por los cambios de la temperatura. Para las excretas porcinas la temperatura no es un factor crítico porque nunca alcanzan temperaturas diferentes a la del agua circundante (p.156).

Mientras tanto Lara, (como se citó en Espinosa y Velasco, 2010) manifiesta que:

La temperatura en un humedal es un factor determinante para el desarrollo de muchas actividades físicas y biológicas; por ejemplo, aumentos considerables en la temperatura generan mayor producción de nitrógeno amoniacal, acelera muchas reacciones químicas y biológicas, disminuye el oxígeno soluble; además proporciona una mayor tensión de vapor de saturación y hasta generan olores desagradables en el humedal por la producción de metano, ácido sulfhídrico y materia orgánica parcialmente oxidada (pp. 25,26).

4.4.1.2 Sólidos Suspendidos Totales.

Con respecto a los sólidos Lara, (como se citó en Espinosa y Velasco, 2010), ilustra que:

La determinación de Sólidos Suspendidos Totales (SST) es importante cuando se quiere saber sobre la naturaleza del agua residual. Los SST son un parámetro de referencia cuando se habla de un sistema de tratamiento, es decir, sus eficiencias de remoción dan visto bueno a los procesos de tratamiento de aguas residuales (p.27).

Por otro lado Romero y Borja, (como se citó en Valencia, 2013), menciona que los sólidos:

Son todas aquellas partículas que se encuentran en suspensión, coloidales y disueltos. Los sólidos de las aguas residuales se oxidan consumiendo el oxígeno disuelto en el agua, estos a su vez se sedimentan al fondo de los cuerpos receptores en donde modifican el hábitat natural de la biota acuática. (p.119). En cambio Metcalf y Eddy, (como se citó en Bermeo y Santín, 2010), manifiestan que: La concentración de sólidos suspendidos se debe a material causado por partículas flotantes, como trozos de vegetales, animales, basura y aquellas otras que pueden ser perceptibles a simple vista. Esta concentración afecta la DBO y DQO debido a que los sólidos consumen el oxígeno existente (p.9).

4.4.2 Características químicas.

Las características químicas analizadas para la actividad de la porcicultura según la normativa son las siguientes:

4.4.2.1 Potencial hidrogeno (pH).

Paredes, (2014), con relación al potencial de hidrogeno menciona que: “Es la concentración de Ion hidrogeno, indica la naturaleza acida o alcalina de una solución. Valores mayores a 9,2 inhiben el crecimiento de E. coli y valores entre 5-9, la vida de las especies acuáticas es favorecida” (p.29).

En cambio Aznar, (2000), con relación a la acidez (pH) exhibe que:

Es una medida de la concentración de iones hidronio (H_3O^+) en la disolución. Se determina mediante electrometría de electrodo selectivo (pHmetro) conservando la muestra en frasco de polietileno o vidrio de borosilicato en nevera menos de 24h, obteniendo la concentración en valores de pH comprendidos entre 1 y 4. Las aguas con valores de pH menores de 7 son aguas acidas y favorecen la corrosión de las piezas en contacto con ellas, y las que poseen valores mayores de 7 se denominan básicas y pueden producir precipitación de sales insolubles (incrustaciones).

En las medidas de pH hay que tener presente que estas sufren variaciones con la temperatura (pp. 7 y 8).

4.4.2.2 Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅).

Con referencia a la demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅), Valencia, (2013) manifiesta que: “Es la medida de la cantidad de oxígeno disuelto utilizado por los microorganismos en la oxidación bioquímica de las sustancias orgánicas biodegradables en un tiempo y temperatura específicos, generalmente en 5 días, a 20°C ” (p. 121).

4.4.2.3 Demanda Química de Oxígeno (DQO).

Con relación a la demanda química de oxígeno (DQO), Borja, (2011), exhibe que:

El DQO es la cantidad de oxígeno disuelto consumido por una cantidad de agua residual durante la oxidación “por vía química” provocada por un agente químico fuertemente oxidante. Su determinación es más rápida que la DBO, precisando su ensayo una o dos horas si la oxidación se efectúa en frío, o bien 30 minutos si la oxidación se efectúa con dicromato en caliente (p.18).

4.4.2.4 Nitrógeno total (N).

De acuerdo a Grefa, (2013), con relación al nitrógeno total manifiesta:

El nitrógeno es un elemento esencial para el crecimiento de plantas que junto con el fósforo constituyen los llamados nutrientes. En el agua residual el nitrógeno es de suma importancia ya que es necesario para el crecimiento de los microorganismos, y si no contiene suficiente nitrógeno pueden ocurrir dificultades en los tratamientos biológicos. Pero también el nitrógeno es un contribuyente especial para el agotamiento del oxígeno y la eutrofización de

las aguas cuando se encuentra en elevadas concentraciones. El nitrógeno se encuentra en 4 formas básicas: nitrógeno orgánico, amonio, nitrito y nitrato. El nitrógeno presente en las aguas residuales frescas, se encuentra en forma de urea y compuestos proteínicos, pasando posteriormente a forma amoniacal por descomposición bacteriana, y a medida que el agua se estabiliza, se generan nitritos y nitratos por oxidación bacteriana en medio aerobio (p.8, 9).

4.4.2.5 Fósforo total (P).

Grefa, (2013), con relación al fósforo ilustra que:

El fósforo es otro componente importante para el desarrollo de los microorganismos. Tanto el fósforo como el nitrógeno es esencial para el crecimiento biológico. En el agua residual el fósforo se encuentra en formas: ortofosfatos solubles, polifosfatos inorgánicos y fosfatos orgánicos, siendo más fácil de asimilar por los microorganismos el ortofosfato. Es importante reseñar que la descarga tanto de fósforo como de nitrógeno debe ser controlada porque puede provocar un crecimiento excesivo de algas en las aguas receptoras, causando una disminución del oxígeno disuelto y, a largo plazo, serios problemas de contaminación (p. 9).

Mientras tanto Pérez (2006), con respecto al fósforo total menciona que:

Las excretas se analizan, generalmente, por su contenido de fosfato PO_4 o PO_5 y el resultado se expresa como contenido de fósforo total. Este es un fertilizante importante para los cultivos pero también para las plantas acuáticas, y ocasiona el crecimiento excesivo de algas en aguas estacionarias. La remoción de fósforo con procesos químicos es cara e impráctica (p.158).

4.4.3 Características biológicas.

Las características microbiológicas analizadas según la normativa son:

4.4.3.1 Coliformes fecales.

Pérez, (2006), con referencia a los coliformes fecales describe que:

Los coliformes fecales se reproducen en el tracto intestinal de los cerdos y son excretadas con las heces. Los CF mueren rápidamente cuando quedan expuestos al aire, ya que en términos estrictos son bacterias anaeróbicas. Los CF son, por lo general una medida de la excreta fresca y también del grado de tratamiento dado a las excretas. Las unidades de medida son el número más probable (NMP) de colonias por 100 ml de muestra (p.158).

4.5 Muestreo

Para realizar el muestreo correcto de las muestras es importante considerar el tipo de recipientes, llenado, refrigeración, identificación hasta el envío al laboratorio, puesto que dependerá de estos procesos los resultados de laboratorio.

Según El MAE, (2016), con respecto al muestreo manifiesta que: “Es el proceso de tomar una porción, lo más representativa, de un volumen de agua para el análisis de varias características definidas” (p.5).

4.5.1 Muestra puntual.

El MAE, (2016), describe a la muestra puntual como: “Muestra individual, tomada al azar (con relación al tiempo y/o lugar de un volumen de agua), representa la calidad del agua en el tiempo y en lugar en que fue tomada” (p.5).

4.6 Frecuencia del muestreo

La frecuencia del muestreo dependerá del tipo de descarga que se realice en la actividad productiva, pueden ser:

4.6.1 Descarga periódica irregular.

Es aquella en la que el tiempo entre descarga es el mismo pero el caudal y la concentración de los contaminantes de las aguas residuales varía.

4.6.2 Descarga periódica regular.

Aquella en la que el tiempo entre las descargas es el mismo y el caudal y la concentración de los contaminantes es prácticamente constante.

4.7 Muestreo de aguas residuales

El protocolo de muestreo y conservación de muestras fue realizado de acuerdo a la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2169:98 Agua. Calidad del agua. Muestreo. Manejo y Conservación de muestras.

El Instituto Ecuatoriano de Normalización. NTE INEN 2169, (1998), con relación al alcance de la norma menciona que: “Esta norma se aplica particularmente cuando una muestra (simple o compuesta) no puede ser analizada en el sitio de muestreo y tiene que ser trasladada al laboratorio para su análisis” (p. 1).

4.7.1 El uso de recipientes apropiados.

El Instituto Ecuatoriano de Normalización. NTE INEN 2169, (1998), menciona que:

Es importante escoger y preparar los recipientes. El recipiente que va a contener la muestra, y la tapa, no deben: Ser causa de contaminación (por ejemplo: recipientes de vidrio borosilicato o los de sodio-cal, pueden incrementar el contenido de silicio y sodio); Absorber o adsorber los

constituyentes a ser determinados (por ejemplo: los hidrocarburos pueden ser absorbidos en un recipiente de polietileno; trazas de los metales pueden ser adsorbidas sobre la superficie de los recipientes de vidrio, lo cual se previene acidificando las muestras); Reaccionar con ciertos constituyentes de la muestra (por ejemplo: los fluoruros reaccionan con el vidrio) (p.3).

4.7.2 Preparación de recipientes.

4.7.2.1 Recipientes de muestras para análisis químicos.

Para el análisis de trazas de constituyentes químicos, de agua superficial o residual, es necesario lavar los recipientes nuevos con el fin de minimizar la contaminación de la muestra; el tipo de limpiador usado y el material del recipiente varían de acuerdo a los constituyentes a ser analizados (NTE INEN 2169, 1998, p. 4).

4.7.2.2 Recipientes de muestras para análisis microbiológico.

Deben ser aptos para resistir la temperatura de esterilización de 175 °C durante 1 h y no deben producir o realizar cambios químicos a esta temperatura que inhiban la actividad biológica; inducir la mortalidad o incentivar el crecimiento (NTE INEN 2169, 1998, p. 4).

4.7.3 Llenado de recipientes.

En muestras que se van a utilizar para la determinación de parámetros físicos y químicos, llenar los frascos completamente y taparlos de tal forma que no exista aire sobre la muestra. En las muestras que se van a utilizar en el análisis microbiológico, los recipientes, no deben llenarse completamente. Esto

permitirá mezclar la muestra antes del análisis y evitar una contaminación accidental (NTE INEN 2169, 1998, p. 5).

4.7.4 Refrigeración y congelación de las muestras.

La refrigeración o congelación se debe realizar inmediatamente luego de la recolección de la muestra. Se debe usar, cajas térmicas o refrigeradores de campo desde el lugar del muestreo.

El simple enfriamiento (en baño de hielo o en refrigerador a temperaturas entre 2°C y 5°C) y el almacenamiento en un lugar oscuro, en muchos casos, es suficiente para conservar la muestra durante su traslado al laboratorio y por un corto período de tiempo antes del análisis. El enfriamiento no se debe considerar como un método de almacenamiento para largo tiempo, especialmente en el caso de las aguas residuales domésticas y de las aguas residuales industriales (NTE INEN 2169, 1998, p. 5).

4.7.5 Identificación de las muestras.

Los recipientes que contienen las muestras deben estar marcados de una manera clara y permanente, que en el laboratorio permita la identificación sin error.

Se debe anotar, en el momento del muestreo todos los detalles que ayuden a una correcta interpretación de los resultados (fecha y hora del muestreo, nombre de la persona que muestreó, naturaleza y cantidad de los preservantes adicionados, tipo de análisis a realizarse, etc.) (NTE INEN 2169, 1998, pp. 6,7).

4.7.6 Transporte de las muestras.

Los recipientes que contienen las muestras deben ser protegidos y sellados de manera que no se deterioren o se pierda cualquier parte de ellos durante el transporte. Durante la transportación, las muestras deben guardarse en ambiente fresco y protegidas de la luz; de ser posible cada muestra debe colocarse en un recipiente individual impermeable (NTE INEN 2169, 1998, p. 7).

4.7.7 Recepción de las muestras en el laboratorio.

Al arribo al laboratorio, las muestras deben, si su análisis no es posible inmediatamente, ser conservadas bajo condiciones que eviten cualquier contaminación externa y que prevengan cambios en su contenido. En todos los casos y especialmente cuando se requiera establecer la cadena de custodia es necesario verificar el número recibido, contra el registro del número de recipientes enviados por cada muestra (NTE INEN 2169:98, p.7).

4.8 Caudal

Valencia, (2013), define al caudal como: “El caudal es la cantidad de un líquido que fluye de modo natural o no natural en un determinado lugar y por una unidad de tiempo” (p.4).

4.8.1 Métodos para la medición de caudales.

Valencia, (2013), con referencia a los métodos de medición de caudales manifiesta que: “La medición de caudales es de gran importancia en cualquier sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas o industriales, para lo

cual se debe de realizar por lo menos 3 jornadas de medición horaria durante las 24 horas del día” (p.4).

Entre los principales métodos de medición de caudales se encuentran: método de estructura hidráulica, método de medición de velocidad- molinete, método pendiente y radio hidráulico y medición volumétrica manual.

4.8.1.1 Medición volumétrica manual.

Valencia, (2013), con respecto a la medición volumétrica manual describe que:

La manera más sencilla de calcular caudales pequeños es por medio de la medición directa del tiempo que se tarda en llenar un recipiente de volumen conocido. Para ello, el fluido es desviado hacia un canal que descarga en un recipiente adecuado, y el tiempo que demora su llenado se mide por medio de un cronometro. Para caudales de 4 L/s es adecuado un recipiente de 10 litros de capacidad, el mismo que se llenará en un tiempo de 2 ¹/₂ segundos; y para caudales mayores es recomendable usar un recipiente de 200 litros (p. 5).

4.9 Criterios de selección de la tecnología para tratamiento de aguas residuales

De acuerdo a Galvis, Restrepo, Rojas, Sanabria y Sánchez (como se citó en Artega, 2014), manifiesta que al seleccionar la tecnología más apropiada para tratar un vertido residual, el primer paso es:

Realizar algunos estudios preliminares que implican un análisis completo del afluente que va a ser depurado con el fin de determinar el grado de contaminación existente, el nivel de calidad que se desea en el agua tratada de acuerdo al objetivo del tratamiento y el nivel económico de la población

en donde se desarrolla el proyecto, manteniendo el equilibrio coste-rendimiento, para que el tratamiento aplicado sea sostenible y eficiente. Los factores a tener en cuenta en la forma de decisión final del tipo de tratamiento a implantar son los siguientes.

- Factores demográficos: población, servicio de agua potable y alcantarillado
- Características del terreno: pendiente, profundidad del nivel freático.
- Características del medio receptor (suelo): caracterización física-química e hidráulica.
- Características básicas del afluente: carga orgánica, concentración bacteriana, metales, pesticidas, temperatura, caudales.
- Disponibilidad del terreno.
- Climatología: (precipitaciones, vientos, evapotranspiración, temperatura).
- Impacto ambiental.
- Costos de construcción, operación y mantenimiento.
- Eficiencia del tratamiento (pp.37, 38).

4.10 Depuración o Tratamiento de Aguas Residuales

De acuerdo al MAE, (2016), con relación a la depuración o tratamiento de aguas residuales describe: “Término usado para significar la purificación o remoción de contaminantes de las aguas residuales” (p.3).

Por otra parte el Instituto Ecuatoriano de Normalización, (INEN, 1992), define que la depuración de aguas residuales es: “Término usado para significar la purificación o remoción de sustancias objetables de las aguas residuales, como

por ejemplo DBO, DQO, bacterias, materiales tóxicos, etc. Se aplica exclusivamente a procesos de tratamiento de líquidos” (p.212).

4.11 Planta de tratamiento de aguas residuales

Los sistemas de tratamiento ayudan a la depuración y recuperación de los afluentes contaminados por las diferentes actividades. Los procesos articulados de pretratamiento, tratamiento primario, secundario y terciario disminuyen la concentración de contaminantes hacia los recursos hídricos. De acuerdo al MAE, (2016), una planta de tratamiento de aguas residuales es: “Conjunto de obras, facilidades y procesos, implementados para mejorar las características del agua residual doméstica e industrial” (p.6).

4.12 Tipos de tratamiento

Existen tres tipos de tratamiento: físico, químico y biológico.

4.12.1 Tratamientos físicos.

4.12.1.1 Pre tratamiento.

El MAE, (2016), sostiene que el pretratamiento son: “Operaciones y/o procesos destinados a la reducción de la concentración de contaminantes de las descargas de aguas residuales antes de su descarga al sistema público de alcantarillado o cuerpos receptores” (p.6).

Mientras Grefa, (2013), sostiene:

El objetivo básico del pretratamiento es eliminar todas las materias gruesas o visibles que lleva el agua residual. El vertido de estas materias al medio receptor produce un impacto fundamentalmente estético. Si pasan etapas

posteriores de la línea de depuración se generan problemas y un deficiente funcionamiento de los procesos. Se trata de eliminar: residuos sólidos o basura que se pueden encontrar en un colector. Se evitan problemas que este material grueso podría provocar en otros tratamientos posteriores (estancamiento fundamentalmente) (p.13).

4.12.1.2 Tratamiento primario.

“Contempla el uso de operaciones físicas para la reducción de sólidos sedimentables y flotantes presentes en el agua residual, como: cribado, desarenado, sedimentación y manejo y disposición final de sólidos generados en este proceso” (MAE, 2016, p.7).

4.12.2 Tratamientos químicos.

4.12.2.1 Tratamiento secundario.

“Contempla el empleo de procesos biológicos y/o químicos para reducción principalmente de compuestos orgánicos biodegradables, y sólidos suspendidos. El tratamiento secundario generalmente está precedido por tratamiento primario, incluye generalmente procesos de desinfección” (MAE, 2016, p.7).

4.12.2.2 Tratamiento terciario

Consisten en procesos físicos y químicos especiales con los que se consigue limpiar las aguas de contaminantes como: fósforo, nitrógeno, virus, compuestos orgánicos, etc. Es un tipo de tratamiento más caro que los anteriores y se usa en casos más especiales como por ejemplo para purificar desechos de algunas industrias. El tratamiento terciario se emplea para mejorar el efluente del tratamiento biológico secundario, de modo que se pueda aplicarse al riego de áreas agrícolas, zonas verdes, crianza de peces y otras actividades productivas (Grefa, 2013, pp. 15,16).

4.12.3 Tratamientos biológicos.

4.12.3.1 Lagunaje.

Las lagunas naturales y humedales artificiales son procesos de tratamiento biológicos que ayudan a la descontaminación del agua, si a estos medios les incorporamos plantas macrófitas reducen significativamente los niveles de los contaminantes.

De acuerdo a Grefa, (2013), sostiene:

Las lagunas de estabilización son estructuras sencillas de tierra, abiertas al sol y el aire, los cuales constituyen los recursos naturales para lograr el tratamiento. La estabilización de las aguas residuales, brutas o parcialmente tratadas, que reciben se debe a la acción conjunta de la luz solar, del aire y los microorganismos. Las lagunas suelen emplearse fundamentalmente en zonas en las que prevalecen climas calurosos y días soleados, pero funcionan también con resultados satisfactorios en climas más fríos y nublados (p.17).

4.12.3.2 Humedales artificiales con plantas acuáticas.

Para Grefa, (2013), con relación a los humedales con plantas acuáticas sustenta:

Los humedales son zonas que se inundan periódicamente con una frecuencia y profundidad tales que estimulan el crecimiento de una vegetación específica adaptada a las condiciones de los suelos saturados. Los humedales se forman naturalmente como zonas de transición entre ecosistemas acuáticos y las tierras altas. Cuando se produce ingenierilmente la hidrología de los humedales se puede favorecer el desarrollo de una amplia variedad de plantas. Por tanto, es relativamente sencillo construir humedales artificiales. Funcionalmente, los humedales

naturales y artificiales son similares, especialmente en cuanto a su potencial de asimilación de materia orgánica y nitrógeno (p.19).

4.13 Componentes del tratamiento físico biológico

Los componentes del tratamiento físico biológico son: Separación de grandes sólidos, Tanque de sedimentación, humedal artificial- superficial con *Eichornia crassipes*), humedal de flujo subsuperficial horizontal con filtro biológico y *Echinochloa polystachya*).

4.13.1 Separación de grandes sólidos.

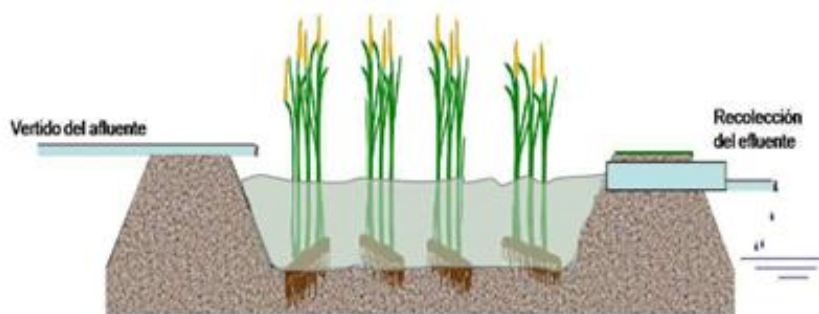
De acuerdo a Anónimo, (2003), manifiesta: “La separación de grandes solidos se realiza en la cabecera de la instalación mediante un pozo donde decantan estos residuos y parte de las arenas arrastradas para ser extraídas” (párr.4).

4.13.2 Tanque de sedimentación.

“La sedimentación, conocida también como decantación, es el proceso mediante el cual los sólidos en suspensión de un fluido se separan del mismo por acción de la gravedad” (Valencia, 2013 p.36).

4.13.3 Humedales artificiales de flujo superficial (HAFS).

Son aquellos donde el agua circula preferentemente a través de los tallos de las plantas y está expuesta directamente a la atmósfera. Este tipo de humedales es una modificación al sistema de lagunas convencionales. A diferencia de éstas, tienen menor profundidad (no más de 0,6 m) y tienen plantas.



Fotografía 1. Humedal de flujo superficial (HFS)

Fuente: Estrada Islena, 2010

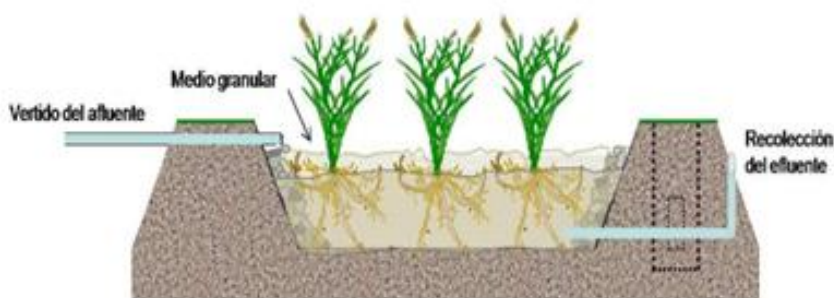
Los HAFS suelen instalarse para tratar efluentes procedentes de tratamientos secundarios. La alimentación a estos humedales se efectúa de forma continua y la depuración tiene lugar en el tránsito de las aguas a través de los tallos y las raíces de la vegetación emergente implantada. Tallos, raíces y hojas caídas sirven de soporte para la fijación de la película bacteriana responsable de los procesos de biodegradación, mientras que las hojas que están por encima de la superficie del agua dan sombra a la masa de agua, limitando el crecimiento de micro algas (Grefa, 2013, p.20).

4.13.4 Humedales artificiales de flujo subsuperficial (HAFSSs).

Los sistemas de flujo subsuperficial, se caracterizan por que la circulación del agua en los mismos se realiza a través de un medio granular, con una profundidad de agua cercana a los 0,6 m. La vegetación se planta en este medio granular y el agua está en contacto con los rizomas y raíces de las plantas. Los humedales de flujo subsuperficial pueden ser de dos tipos de acuerdo a la aplicación de agua al sistema: humedales de flujo subsuperficial horizontal y humedales de flujo subsuperficial vertical (Grefa, 2013, p. 21).

4.13.4.1 Humedales subsuperficial de flujo horizontal.

El diseño de estos sistemas por lo general consiste en una cama, ya sea de tierra o arena y grava, plantada con macrofitas. Toda la cama es recubierta por una membrana impermeable para evitar filtraciones en el suelo.



Fotografía 2. Humedal de flujo subsuperficial horizontal (HAFSSH)

Fuente: Estrada Islena, 2010

4.13.4.1.1 Funcionamiento.

El agua ingresa de forma permanente, aplicada en la parte superior de un extremo y recogida por un tubo de drenaje en la parte opuesta inferior. El sistema de entrada y salida del agua consiste en un tubo de drenaje cribado, rodeado con grava de igual tamaño. El diámetro de la grava de ingreso y salida oscila entre 50 mm a 100 mm. El agua residual se trata a medida que fluye lateralmente a través de un medio poroso. La profundidad del lecho varía entre 0,45 m a 1 m y tiene una pendiente de entre 0,5 % a 1 %. El humedal subsuperficial de flujo horizontal, el sustrato está constituido por varias capas, encontrándose las más finas en la parte superior, aumentando el diámetro de la grava hacia abajo. (Grefa, 2013, p. 21,22).

4.13.5 Filtros biológicos.

Permiten la remoción de materia orgánica a través de un medio poroso granular. Este al recibir agua con suficiente carga orgánica disuelta tiende a tomar una película biológica alrededor de los granos del medio poroso. La biopelícula formada está compuesta por un grupo variado de moléculas y/o compuestos asimilables por las bacterias por lo que es capaz de alimentar varios microorganismos consumidores de la materia orgánica biodegradable de diferente tipo (Valencia, 2013, p.41).

4.14 Especies con potencial fitorremediador utilizadas en humedales

Las plantas macrófitas en la actualidad son diversas, las cuales se vienen aprovechando para purificar y descontaminar las aguas residuales de distintas actividades agropecuarias e industriales, mediante la técnica de fitorremediación que consiste en; fitoestabilización, fitodegradación, rizofiltración, fitoextracción, y fitovolatilización (Jaramillo y Flores, 2012).

4.14.1 Descripción morfológica de la *Echinochloa polystachya* (Kunth)

Hitchc.

Los tallos tienen 1 -1,5 cm. de diámetro, son de color rojizo y algo acanalados, provistos de una médula esponjosa, las hojas tienen una lámina glabra de 40- 60 cm. de largo por 2 cm. de ancho, las vainas de las hojas abrazan los tallos y tienen de 20 - 25 cm. de largo cubiertas de pelos rígidos y densos, la lígula de la hoja está cubierta de pelos densos de 4mm de largo, la inflorescencia es una panícula densa, rojiza semejante a espiga, formada de espiguillas aristadas.



Fotografía 3. *Echinochloa polystachya* (Kunth) Hitchc

Fuente: Cuesta Alcivar, 2012

4.14.1.1 Taxonomía.

Esta macrofita se encuentra en la siguiente clasificación taxonómica.

Reino	Vegetal
División	Magnoliophyta
Clase	Poales
Orden	Liliopsida
Familia	Poaceae
Genero	<i>Echinochloa</i>
Especie	<i>polystachya</i>
Nombre científico	<i>Echinochloa polystachya</i> (Kunth.) Hitchc
Nombre vulgar	Pasto alemán

4.14.1.2 Condiciones para el crecimiento.

4.14.1.2.1 Adaptación.

León (como se citó en Cuesta, 2012) menciona que: “El clima netamente tropical o subtropical de zonas constantemente húmedas o inundables, no soporta

la sequía, vegeta bien en altitudes comprendidas entre 400-1.000 m.s.n.m. y con precipitaciones sobre los 2.500 mm de lluvia anual” (Cuesta, 2012, p. 21).

4.14.1.2.2 Suelo.

Cuesta, (2012), con respecto al suelo para *Echinochloa polystachya* describe que: “No es muy exigente, pudiendo crecer en suelos arcillosos, franco-arcillosos o franco-arenoso, responde muy bien a la fertilización, especialmente completa” (p.22).

4.14.1.2.3 Siembra.

“Se establece por material vegetativo (cepas o tallos maduros). Sobre terreno bien preparado se coloca el material en surcos a 50 cm. o en cuadro; se utilizan de 1000 a 1200 Kg. /ha. de material vegetativo” (Cuesta, 2012, p.22).

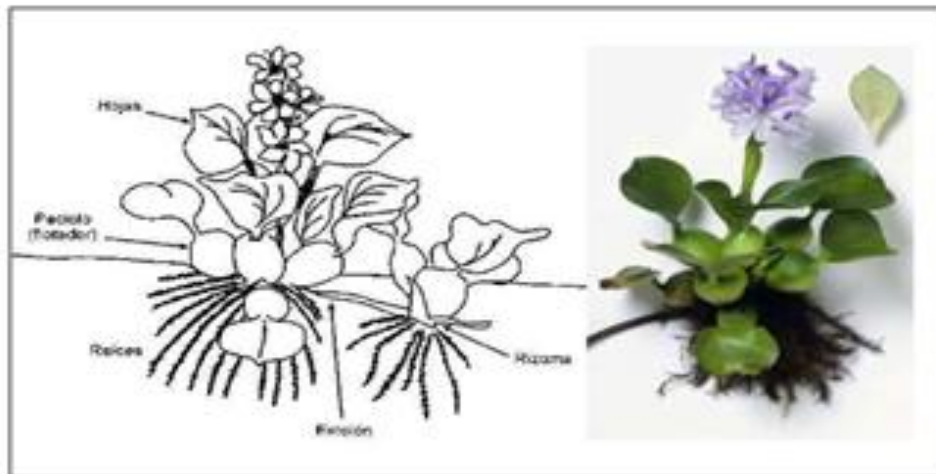
4.14.1.2.4 Riego.

“Es preferible establecerlo en zonas muy húmedas donde el suelo permanezca saturado la mayor parte del tiempo. En épocas de sequía se debe inundar artificialmente para lograr una buena producción” (Cuesta, 2012, p, 23).

4.14.2 Descripción morfológica de la *Eichornia crassipes* (Mart.) Solms.

El Jacinto de agua también conocido como lirio de agua es una planta acuática perenne, vascular de floración libre con raíces sumergibles, fibrosas y comúnmente coloreadas, de climas cálidos y fríos, con flores lilas y azulados. Es la octava planta con crecimiento más rápido en el mundo por lo que le permite extenderse y sobrevivir en muchos sitios. Puede duplicar su tamaño en diez días,

y durante ocho meses de normal crecimiento una planta es capaz de reproducir 70,000 plantas hijas que pueden llegar a medir entre 0,5 a 1,5 metros desde la parte superior hasta la raíz (Flores y Jaramillo, 2012, p.40).



Fotografía 4. Morfología de la *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms

Fuente: Romero Jairo, 2002

4.14.2.1 Taxonomía.

La macrófita acuática está dentro de la siguiente clasificación:

Reino	Vegetal
División	Magnoliophyta
Clase	Liliopsida
Orden	Pontederiales
Familia	Pontederiaceae
Genero	<i>Eichhornia</i>
Especie	<i>crassipes</i>
Nombre científico	<i>Eichhornia crassipes</i> . (Mart.) Solms
Nombre vulgar	Jacinto de agua

4.14.2.2 Condiciones para el crecimiento.

Flores y Jaramillo (2012), con relación a las condiciones para el crecimiento de la *Eichhornia crassipes* describe que:

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

- Requieren iluminación intensa o estar en semisombra
- Para un óptimo crecimiento la temperatura debe estar entre 25 a 30°C, produciendo la muerte a los 10°C.
- Dada que la relación nitrógeno/fósforo en los tejidos de la *Eichhornia crassipes* es mayor a la que se encuentra en el agua, el nitrógeno se agotara antes que el fósforo, por lo que sería necesario una fertilización suplementaria con Nitrógeno para lograr una eliminación de Fósforo.
- Necesita un pH entre 6.5- 7.5
- El crecimiento de esta especie es favorecido por el agua rica en nutrientes, en especial el nitrógeno, fosforo y potasio. Además de estos elementos toma calcio, magnesio, azufre, hierro, aluminio, boro, cobre molibdeno y zinc (pp.42, 43).

4.15 Evaluación económica financiera

De acuerdo a Bravo, Pacheco y Romero (como se citó en Acaro, 2014), menciona que: “Una evaluación financiera de proyectos es una investigación en

profundidad de flujo de caja y el riesgo con el objeto de determinar el eventual retorno de la inversión de un proyecto” (p. 28).

Mientras tanto Meza, (como se citó en Acaro, 2014), describe que: “La evaluación financiera es el proceso mediante el cual una vez definida la inversión inicial, los beneficios futuros y los costos durante la etapa de operación, permite determinar la rentabilidad de un proyecto” (p. 28).

4.15.1 Flujo Neto de caja.

De acuerdo Abad y López, (2011), sostienen que:

El flujo neto de caja es un estado financiero en el cual se registran los ingresos y egresos generados en un periodo determinado, es decir que el flujo neto de caja es el saldo entre los ingresos y egresos de un periodo determinado. Para el cálculo se emplea la siguiente fórmula: Flujo Neto de Caja FNC = total de ingresos - total de egresos (p.42).

4.15.2 Valor actual neto (VAN).

Según Espinoza, Fonseca y Jiménez, (2007), manifiestan que:

El valor actual neto (VAN) consiste en encontrar la diferencia entre el valor actualizado de los flujos de beneficio y el valor, también actualizado, de las inversiones y otros egresos de efectivo. La tasa que se utiliza para descontar los flujos es el rendimiento mínimo aceptable de la empresa, por debajo del cual los proyectos no deben ser aceptados (p.81). El VAN de una propuesta de inversión se puede presentar así:

$$VAN = -I + \frac{Q_1}{(1 + K)} + \frac{Q_2}{(1 + K)^2} + \frac{Q_n}{(1 + K)^3}$$

VAN= Valor Actual Neto

I= Inversión Inicial

Q=Flujo de caja año

K= Tasa de interés

Mientras Abad y López, (2011), mencionan que:

Es la suma de los valores actualizados de todos los flujos netos de caja esperados del proyecto, deducido el valor de la inversión inicial. Si un proyecto de inversión tiene un VAN positivo, el proyecto es rentable. Entre dos o más proyectos, el más rentable es el que tenga un VAN más alto (p.43).

4.15.3 Tasa interna de retorno (TIR).

Según Espinoza et al. (2007) sostienen que:

La tasa interna de rendimiento (TIR) de un proyecto de inversión es la tasa de descuento, que hace que el valor actual de los flujos de beneficios (positivos) sea igual al valor actual de los flujos de inversión (negativos). En otras palabras, la TIR es la tasa que descuenta los flujos asociados con un proyecto hasta un valor exactamente de cero (p.82). La ecuación es la siguiente:

$$TIR = Tm + (TM - Tm) \frac{Vanm}{(Vanm - VanM)}$$

TIR= Tasa Interna de Retorno

Tm= Tasa menor

TM= Tasa mayor

Vanm= Valor Actual Neto menor

VanM= Valor Actual Neto mayor

Reglas de decisión del TIR

- Para proyectos mutuamente excluyentes, se elige el proyecto con la TIR mayor.

Para proyectos independientes, se usa la siguiente regla de decisión:

- Si la TIR > K VAN > 0, se elige el proyecto.
- Si el proyecto < K VAN < 0, no se elige el proyecto
- Si la TIR = K VAN = 0, no se elige el proyecto.

4.15.4 Relación beneficio-costos.

En un estudio realizado por Abad y López, (2011), señalan que:

Es un método de Evaluación de Proyectos, que se basa en el del “Valor Presente”, y que consiste en dividir el Valor Presente de los ingresos entre el Valor Presente de los egresos. Si este índice es mayor que 1 se acepta el proyecto; si es inferior que 1 no se acepta, ya que significa que la rentabilidad del proyecto es inferior al Costo del Capital (p.47). La ecuación es la siguiente:

$$\text{Relación B/C} = \frac{\text{ITA}}{\text{ETA}}$$

ITA= Ingreso total actualizado

ETA= Egreso total actualizado

4.15.5 Sustentabilidad.

Según Calvente, (2007), en relación a la sustentabilidad puntualiza que: “Sustentabilidad es la habilidad de lograr una prosperidad económica sostenida en el tiempo protegiendo al mismo tiempo los sistemas naturales del planeta y proveyendo una alta calidad de vida para las personas” (p.3).

4.16 Otros estudios realizados

La experiencia de estudios de investigación realizados sobre sistemas de tratamiento de aguas residuales permite realizar la discusión de resultados del proyecto de investigación.

4.16.1 Evaluación de un biofiltro ubicado en el municipio de La Libertad, Chontales.

De acuerdo a un estudio realizado por Cruz, (2013), sobre la evaluación de un biofiltro para tratamiento de aguas residuales obtuvo los siguientes resultados.

Las remociones obtenidas en el biofiltro son altas, lográndose una reducción por encima del 90% en la mayoría de los parámetros evaluados en el caso de la remoción de DQO es del 92%, la DBO presenta un porcentaje de remoción del 97%. En el caso de los nutrientes, la reducción del 95% de nitrógeno. El fósforo fue removido en un 94%, la remoción de sólidos suspendidos totales fue de 93% esto se debe a que los biofiltros son capaces de sedimentar los sólidos suspendidos, ya que el sustrato permite la disminución de la velocidad del agua favoreciendo este proceso. El pH y la temperatura, tanto a la entrada (28°C) como a la salida (26°C) son óptimos para la buena operación de la planta (p.25).

4.16.2 Fitorremediación con humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales porcinas.

De acuerdo a un estudio realizado por, Arias, Betancur, Gómez, Salazar y Hernández, (2010), mediante fitorremediación con humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales porcinas manifiesta lo siguiente:

Los humedales artificiales al combinar medios filtrantes y diferentes tipos de plantas logran las remociones de DBO₅ y SST en las cantidades exigidas por la normativa ambiental (mínimo un 80%). El fósforo presentó una remoción del 90%. de este total el 75% se fijó en el lecho filtrante y el resto fue asimilado por las plantas. La eliminación del nitrógeno que en el caso de las aguas porcinas es el principal contaminante. Esta se realiza por absorción directa de las plantas las cuales generan procesos de nitrificación-desnitrificación favorecidos por la existencia de zonas aerobias y anaerobias (pp.17, 23-24).

4.17 Marco legal favorable

En el presente proyecto se consideró la normativa ambiental en el Ecuador, especialmente para actividades agropecuarias, las cuales son sujetas de control por las autoridades ambientales competentes.

4.17.1 Constitución de la República del Ecuador.

Según la Asamblea Nacional Constituyente, (2008), acuerda:

En el capítulo segundo derechos del buen vivir, sección primera agua y alimentación artículo 12, el derecho humano al agua es fundamental e irrenunciable. El agua constituye patrimonio nacional estratégico de uso público, inalienable, imprescriptible, inembargable y esencial para la vida. **En la sección segunda ambiente sano, artículo 14**, manifiesta, 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. Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados. **En el capítulo segundo biodiversidad y recursos naturales, sección sexta agua, artículo 411 y artículo 412** el Estado

garantizará la conservación, recuperación y manejo integral de los recursos hídricos, cuencas hidrográficas y caudales ecológicos [...]. Se regulará toda actividad que pueda afectar la calidad y cantidad de agua, y el equilibrio de los ecosistemas [...]. La autoridad a cargo de la gestión del agua será responsable de su planificación, regulación y control [...]. Para garantizar el manejo del agua con un enfoque ecosistémico. (pp. 24- 182).

4.17.2 Ley orgánica de recursos hídricos usos y aprovechamiento del agua.

La presente ley de recurso hídricos, (2014), estipula que:

En el artículo 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) Garantizar el derecho humano al agua para el buen vivir o sumak kawsay, los derechos reconocidos a la naturaleza y la preservación de todas las formas de vida, en un ambiente sano, ecológicamente equilibrado y libre de contaminación;

d) Controlar las actividades que puedan causar la degradación del agua y de los ecosistemas acuáticos y terrestres con ella relacionados 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 toxica que alteren la calidad del agua o afecten la salud humana, la fauna, flora y el equilibrio de la vida

En el artículo 80.- Vertidos: prohibiciones y control.- se consideran como vertidos las descargas de aguas residuales que se realicen directa o directamente en el dominio hídrico público. Queda prohibido el vertido

directo o indirecto de aguas o productos residuales, aguas servidas, sin tratamiento y lixiviados susceptibles de contaminar las aguas del dominio hídrico público

En el artículo 150.- Clasificación de infracciones, literal c.- Infracciones muy graves, numeral 9, Es infracción muy grave, verter aguas contaminadas sin tratamiento o sustancias contaminantes en el dominio hídrico público (pp. 50-51, 78-80).

4.17.3 Ley de prevención y control de la contaminación ambiental.

De acuerdo a la Asamblea Nacional Constituyente, (2004), acuerda que:

En el capítulo II de la prevención y control de la contaminación de las aguas artículo 6. Queda prohibido descargar, sin sujetarse a las correspondientes normas técnicas y regulaciones, a las redes de alcantarillado, o en las quebradas, acequias, ríos, lagos naturales o artificiales, o en las aguas marítimas, así como infiltrar en terrenos, las aguas residuales que contengan contaminantes que sean nocivos a la salud humana, a la fauna y a las propiedades (p.2).

4.17.4 Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente: Norma de Calidad Ambiental y de descarga de efluentes al recurso agua.

Según el MAE, (2016), en la Norma de Calidad Ambiental y de descarga de efluentes al recurso agua menciona que:

En el numeral **5.2.4 Normas generales para descarga de efluentes a cuerpos de agua dulce**, numeral 5.2.4.5 menciona que; en los tramos del cuerpo de agua en donde se asignen usos múltiples, las normas para descargas se establecerán considerando los valores más restrictivos de cada uno de los parámetros fijados para cada uno. Así mismo en el numeral 5.2.4.6 manifiesta que; en condiciones especiales de ausencia de estudios

del cuerpo receptor, se utilizarán los valores de la **tabla 9** de limitaciones a las descargas a cuerpos de agua dulce, con el aval de la Autoridad Ambiental Competente. Las concentraciones corresponden a valores medios diarios. Por otro lado en el numeral 5.2.4.9 describe que; las aguas residuales que no cumplan con los parámetros de descarga establecidos en esta Norma, deberán ser tratadas adecuadamente, sea cual fuere su origen: público o privado. Los sistemas de tratamiento deben contar con un plan de contingencias frente a cualquier situación que afecte su eficiencia (pp. 22-25).

Tabla 1. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce

Tabla 9 Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce			
Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Coliformes fecales	NMP	NMP/100m l	2000
Demanda bioquímica de oxígeno (5 días)	DBO ₅	mg/l	100
Demanda química de oxígeno	DQO	mg/l	200
Fósforo total	P	mg/l	10,0

Nitrógeno total kjedahl	N	mg/l	50,0
Potencial de hidrogeno	pH		6-9
Sólidos suspendidos	SST	mg/l	130
Sólidos totales	ST	mg/l	1600
Temperatura	°C		Condición natural±3

Fuente: AM 097, (MAE, 2016)

5 MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 Materiales

Los materiales que se utilizó para desarrollar las diferentes actividades, del presente proyecto son los siguientes:

- **Materiales de campo**

Mascarilla, guantes quirúrgicos, libreta de apuntes, bolígrafos, recipiente de plástico de 1 litro, recipiente aforado de 20 litros, botas de caucho, mochila, cooler, hojas de custodia, etiquetas y entrevistas.

- **Equipos de campo**

Cronometro, GPS, termómetro, peachímetro y cámara digital.

- **Materiales de oficina**

Lápices, libreta de apuntes, tinta de impresión, papel A4 y carpetas.

- **Equipo de oficina**

Computadora, internet, impresora, calculadora, CD, USB.

- **Materiales de construcción**

Cemento, impermeabilizante, tablas de encofrado, piedra, arena, grava, agua, ladrillo, clavos, tubo PVC 3 “, T´s PVC 3 “, codo PVC 3 “, tapón PVC 3” pegatubo, varilla de hierro, alambre de amarre, baldes plásticos de 20 litros.

- **Herramientas de construcción**

Flexómetro , pala de punta, barreta, rollo de piola fina, segueta, sierra de mano, escuadra, vailejo, paleta de madera para construcción, nivel, lápiz de albañilería, plomada, martillo, carretilla, guantes, machete.

5.2 Métodos

5.2.1 Descripción general del proyecto.

5.2.1.1 Localización.

El presente estudio de investigación se ejecutó en la finca de la familia Sarango Condolo, ubicada en el Barrio Santa Bárbara, perteneciente al Cantón Centinela del Cóndor, el cual está situado aproximadamente a cuatro kilómetros de la cabecera Cantonal.

5.2.1.2 Límites del Barrio Santa Bárbara.

El Barrio Santa Bárbara se encuentra en los siguientes límites:

Norte: Cantón Yantzaza

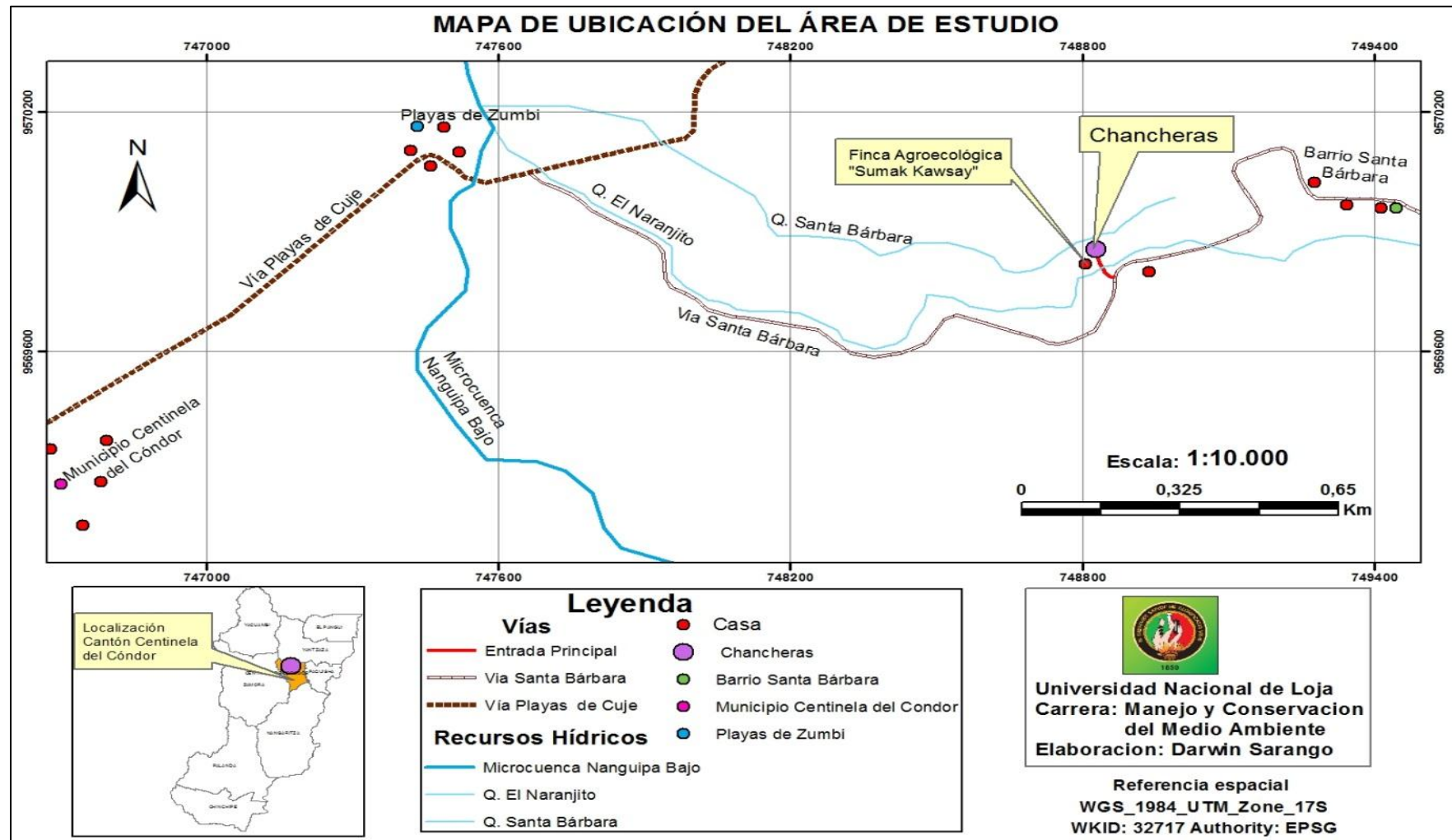
Sur: Cantón Nangaritza

Este: Cantón Paquisha

Oeste: Parroquia Zumbi

5.2.1.3 Ubicación geográfica.

El área de estudio se encuentra en las siguientes coordenadas UTM, X: 0748882 y Y: 9569866



Mapa 1. Ubicación del área de estudio

5.2.2 Aspectos climáticos del área.

5.2.2.1 *Clima.*

De acuerdo al Gobierno Autónomo Descentralizado Cantonal Centinela del Cóndor, (2010), describe al clima del área de estudio: “El clima del Barrio Santa Bárbara es cálido húmedo, posee temperaturas promedias anuales de 18 y 24 °C, presenta precipitaciones medias anuales de 2000 a 3000 mm y una humedad del 90%”.

5.2.2.2 *Altitud.*

El área de estudio se localiza a una altura de 957 m.s.n.m.

5.2.2.3 *Uso del suelo.*

Los usos del suelo en el Barrio Santa Bárbara son de tipo agropecuario (plantaciones: plátano, cacao, café, cultivos de pasto, entre otros).

5.2.2.4 *Hidrográfico.*

Las principales fuentes de agua del lugar son; quebrada Santa Bárbara y quebrada El Naranjito. Las mismas que convergen en la Microcuenca de Nanguipa Bajo.

5.2.3 Tipo de investigación.

La presente investigación, es de tipo descriptiva cualitativa, ya que se fundamenta en la revisión bibliográfica que permite la construcción del marco teórico a partir de la revisión, el análisis y la síntesis de la información científica recolectada en libros, y artículos; cualitativa debido que se realizó la recolección

de datos sin medición numérica y sin un análisis estadístico; de campo porque se realizó una entrevista, encuesta y recolección de muestras de agua en el área de estudio; de laboratorio porque se realizó la caracterización de muestras de agua para determinar las propiedades físicas, químicas y microbiológicas; proyectista porque se planteó una alternativa al problema existente.

5.3 Metodología para el primer objetivo

5.3.1 Aspectos Sociales.

Para el cumplimiento de este aspecto se aplicó una ficha de caracterización al dueño de la actividad porcicultura, lo cual permitió conocer información específica sobre la calidad del producto del ganado porcino que comprende alimentación, sanidad y tipo de reproducción (**Ver anexo 1**). De acuerdo a la información proporcionada se determinó la sustentabilidad social.

5.3.2 Aspectos económicos.

Por medio de este diagnóstico se determinó las actividades productivas que realiza la familia, para lo cual se aplicó tablas de caracterización al propietario de la finca recabando la siguiente información:

5.3.2.1 Información agrícola, pecuario y agroforestal.

Cuadro 1. Cultivos principales (agrícola)

Tipo de cultivo	Área	Productividad

Cuadro 2. Animales (pecuario)

Tipo de animal	Cantidad	Observaciones

Cuadro 3. Árboles frutales (agroforestal)

Tipo frutales	de	Número de plantas	de	Producción de frutos por planta (año)

5.3.2.2 Evaluación económica financiera de la actividad porcicultura.

La rentabilidad económica de la familia se determinó con respecto a la actividad de la porcicultura, en primer lugar se definió la inversión inicial, los beneficios futuros y los costos durante la etapa de operación generado en todo el proceso productivo de la porcicultura, además se consideró los costos de implementación del tratamiento físico biológico. Para el presente cálculo se utilizó las siguientes matrices.

5.3.2.2.1 Flujo de caja.**Tabla 2. Flujo de caja para la evaluación económica de la porcicultura**

Rubros	Periodo o	Años				
		1	2	3	4	5
INGRESOS						
EGRESOS						
Sub Total						
FNC						

5.3.2.2.2 Valor actual neto.

Para el cálculo del VAN se aplicó las siguientes tablas

Tabla 3. Valor Actual Neto (VAN1)

Vida útil	FNC	Factor de Actualización 4,75%	FNCA
0			
1			
2			
3			
4			
5			
TOTAL			

Se aplicó la siguiente fórmula:

$VAN\ 1 = FNCA - Inversión\ inicial$

5.3.2.2.3 Valor Actual Neto 2.

Tabla 4. Valor Actual Neto (VAN 2)

Vida útil	FNC	Factor de Actualización 46%	FNCA
0			
1			
2			
3			
4			
5			
TOTAL			

Se aplicó la siguiente fórmula:

$VAN\ 2 = FNCA - Inversión\ inicial$

5.3.2.2.4 Tasa interna de retorno (TIR).

La tasa interna de retorno se determinó mediante la siguiente ecuación.

$$TIR = Tm + (TM - Tm) \left[\frac{VAN1}{VAN1 - VAN2} \right]$$

VAN 1=?

VAN 2 =?

Tasa mayor TM= Porcentaje con el cual se trabaja en el VAN 2 (46%)

Tasa menor Tm = Porcentaje con el cual se trabaja en el VAN 1 (4,75)

5.3.2.2.5 Relación Beneficio / Costo.

La relación beneficio costo se realizó mediante la siguiente tabla.

Tabla 5. Relación Beneficio / Costo

Vida útil	Ingresos iniciales	Egresos iniciales	Factor de act.	Ingresos actualizados	Egresos actualizados
			4.75%		
1					
2					
3					
4					
5					

Los resultados obtenidos se aplicó la siguiente formula:

R b/c = Ingresos totales actuales/ Costos totales actuales

De acuerdo a la información proporcionada se determinó la sustentabilidad económica.

5.3.3 Aspectos ambientales.

5.3.3.1 Situación actual del manejo de la porcicultura.

Se realizó una entrevista (**Ver Anexo 2**) al propietario de la actividad para obtener la siguiente información: número de porcinos, horario de alimentación, horario de limpieza, tipo de materiales para limpieza, tiempo de desinfección de las chancheras.

5.3.3.2 Recorrido de campo.

De igual forma se realizó un recorrido por el área de producción de la porcicultura con la finalidad de determinar lo siguiente:

Descripción	Si	No
Existe instalación adecuada del agua para realizar la porcicultura		
Existen vectores contaminantes		
Cuales		
Existe sistema de tratamiento de las aguas residuales		

5.3.4 Determinar el grado de contaminación del agua residual proveniente de la porcicultura.

Mediante un análisis de laboratorio se analizó la composición física, química y microbiológica del agua residual. Para lo cual se efectuó mediante la determinación de los parámetros más representativos de su composición, según

el Ministerio del Ambiente del Ecuador, estos fueron: Caudal, pH, Temperatura, DBO, DQO, SST, Nitrógeno total (N), Fósforo total (P) y Coliformes fecales.

5.3.4.1 Recolección de la muestra de agua residual inicial.

El sitio para la recolección de la muestra se ubicó en el punto de descarga de las aguas residuales después de las celdas de los porcinos. El material utilizado para el muestreo fue recipiente de plástico esterilizado de un litro, equipo de refrigeración apropiado para la recolección de la muestra (cooler) y etiqueta para etiquetar la muestra (**Ver Anexo 3**).

El protocolo de muestreo fue desarrollado siguiendo el siguiente procedimiento:

- En el punto de descarga del agua residual se llenó un balde de 20 litros, seguidamente se introdujo el recipiente esterilizado para obtener un volumen de 1 litro de muestra de agua.
- Se etiquetó la muestra de agua indicando: lugar de muestreo, código, fecha, hora de muestreo, coordenadas UTM, cantidad de muestra, teléfono y responsable de la persona recolectora de la muestra. Posteriormente se procedió a llenar la cadena de custodia con los parámetros requeridos para el análisis (**Ver anexo 4**).
- Se ubicó la muestra en un recipiente hermético de refrigeración (cooler), donde se mantuvo una temperatura aproximada de 4°C.
- Terminado el proceso de recolección de la muestra, se procedió el mismo día a trasladar al laboratorio de aguas y suelos CIESSA, para la realización de los análisis pertinentes.



Fotografía 5. Recolección, etiquetado y refrigeración de la muestra de agua residual inicial

5.3.4.2 Análisis de la muestra de agua residual inicial.

Los parámetros que se determinó en campo “in situ” fueron: Caudal, pH y Temperatura.

En el Laboratorio se determinó los parámetros físicos: sólidos suspendidos, sólidos totales; parámetros químicos tales como; DBO, DQO, nitrógeno total (N), fósforo total (P) y parámetros microbiológicos: coliformes fecales (**Ver Anexo 5**). Los mismos que fueron analizados e interpretados con la TABLA N°09. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce según el Acuerdo Ministerial 097.

5.4 Metodología para el segundo objetivo

5.4.1 Parámetros de consideración para el diseño.

Para el diseño del tratamiento físico biológico se consideró los siguientes parámetros:

5.4.1.1 Aforo del agua residual.

La medición del caudal se realizó a través del método volumétrico, para lo cual fue necesario contar con un cronómetro y un recipiente aforado de 20 litros.

Esta medición consistió en tomar el tiempo inmediatamente al colocar el recipiente en la descarga de la tubería hasta su respectivo llenado, este proceso se realizó por siete veces al día, durante siete días consecutivos, para posteriormente obtener un dato promedio del caudal, utilizando la siguiente fórmula:

$$Q = V/T$$

Q = Caudal l/seg

V = Volumen (20 litros)

T = Tiempo promedio de las repeticiones



Fotografía 6. Aforo del agua residual

5.4.1.2 Caudal medio de agua residual generada (l/s).

Este parámetro se consideró para conocer la cantidad de agua residual generada durante la etapa de lavado de las celdas de la porcicultura. Para lo cual se consideró el valor del caudal medio registrado durante el aforo del agua residual.

5.4.1.3 Caudal promedio de agua residual (m³/día).

El presente parámetro indica el caudal promedio generado en metros cúbicos durante un día. Se aplicó la siguiente fórmula:

$$Q \text{ promd} = \text{Caudal medio} * \left(\frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ l}} \right) \frac{86400 \text{ s}}{\text{a día}}$$

Para el presente proyecto el caudal promedio se determinó en metros cúbicos por hora, por cuanto en esta actividad se genera agua residual durante dos periodos de tiempo; 30 minutos en la mañana y 30 minutos en la tarde.

5.4.1.4 Periodo de diseño.

Según el Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN, 1992), menciona que: en ningún caso se proyectaran obras definitivas con periodos menores a 15 años. Para el diseño del tratamiento físico biológico se consideró un tiempo de vida útil de 15 años.

5.4.1.5 Población de diseño (porcinos).

La población futura de porcinos que será atendida con el presente proyecto se determinó mediante una entrevista al poricultor. El mismo que manifestó la cantidad de animales a producir durante los próximos 15 años.

5.4.1.6 Caudal de diseño de agua residual ($m^3/hora$).

Significa la cantidad de agua generada por la porcicultura en el futuro. Para lo cual se tomó como referencia la cantidad de agua residual generada en el presente en $m^3/hora$ y el número de porcinos a producir en los próximos años. Por medio de una regla de tres se procedió a determinar el valor futuro.

5.4.2 Diseño de los componentes del tratamiento físico biológico.

El diseño de los componentes del tratamiento físico biológico se realizó tomando en consideración los resultados de los parámetros de diseño, posteriormente se procedió con el programa AUTO CAD, a elaborar un plano arquitectónico del tratamiento físico biológico, quedando diseñado de la siguiente forma (**Ver anexo 6**).

5.4.3 Construcción de los componentes del tratamiento físico biológico.

5.4.3.1 Construcción de la caja de retención de sólidos.

Para la construcción de la caja de retención de sólidos se excavó una calicata de 1,70 m de largo por 0,60 m de ancho y 0,10 m de profundidad. Posteriormente se colocó en el piso piedra mediana de 6 pulgadas (6"), en una área de $1,02 m^2$, al mismo tiempo se colocó un mortero de (arena, grava, cemento y agua), formando una losa de hormigón de 0,15 m de espesor.

Seguidamente se levantó paredes de ladrillo a una altura de 0,20 m, simultáneamente se colocó los tubos PVC de 75 mm por último se revistió las paredes internas con una pasta de (arena, cemento y agua).

5.4.3.2 Construcción del tanque de sedimentación.

Primeramente se niveló la superficie del terreno, posteriormente se excavó una calicata de 3 m de largo por 1,5 m de ancho y 0,20 m de profundidad. A continuación se ubicó piedra de 6 pulgadas (6") en una área de 5,44 m² simultáneamente se colocó un mortero de (arena, grava, cemento y agua), formando una losa de hormigón de 0,15 m de espesor. Después se levantó paredes de ladrillo de 0,15 m de espesor a una altura de 0,80 m., al mismo tiempo se colocó los tubos PVC de 75 mm, para terminar se revistió las paredes internas con una pasta de (arena, cemento y agua).

5.4.3.3 Construcción del humedal artificial-superficial con *Eichornia crassipes*.

Se hizo una calicata de 3 m de largo por 2 m de ancho y 0,2 m de profundidad; en el fondo de la excavación se ubicó piedra de seis pulgadas (6") en una área de 7,04 m², simultáneamente se colocó un mortero de (arena, grava, cemento y agua), formando una losa de hormigón de 0,15 m de espesor.

Posteriormente se levantó paredes de ladrillo de 0,15 m de espesor a una altura de 0,80 m, al mismo tiempo se colocó los tubos PVC de 75 mm, después se revistió las paredes internas con una pasta de (arena, cemento y agua), finalmente se sembró 20 plantas de *Eichornia crassipes* en la superficie del humedal.

5.4.3.4 Construcción del humedal de flujo subsuperficial horizontal con *Echinochloa polystachya*.

De similar forma se realizó una calicata de 3m de largo por 2 m de ancho y 0,20 m de profundidad. Luego se colocó en el fondo piedra de 6 pulgadas (6") en una área de 7, 04 m², a la vez se colocó un mortero de (arena, grava, cemento y agua), formando una losa de hormigón de 0,15 m de espesor. A continuación se levantó paredes de ladrillo de 0,15 m de espesor, a una altura de 0,60 m, simultáneamente se colocó los tubos PVC de 75 mm, luego se revistió las paredes internas con una pasta de (arena, cemento y agua), posteriormente en la parte interna se colocó 0,20 m de grava en la parte inferior, 0,15 m de gravilla en la parte media y 0,15 m de arena en la parte superior, por último se sembró 20 plantas de *Echinochloa polystachya* en la parte superficial del sustrato sólido.

5.5 Metodología para el tercer objetivo

5.5.1 Toma de muestra de agua residual tratada.

Para establecer el grado de descontaminación que se ha obtenido del agua residual de la porcicultura mediante el tratamiento físico biológico, se procedió a recolectar una muestra al final del proceso de tratamiento. El protocolo para la recolección de la muestra fue similar al que se realizó en la recolección de la muestra de agua residual inicial.



Fotografía 7. Recolección y etiquetado de la muestra de agua residual tratada.

5.5.2 Análisis de la muestra.

En el Laboratorio se determinó los parámetros físicos: sólidos suspendidos y sólidos totales; parámetros químicos; DBO, DQO, nitrógeno total (N), fósforo total (P) y parámetros microbiológicos: coliformes fecales (**Ver Anexo 7**). Se realizó la comparación de los resultados de la muestra de agua residual inicial y los resultados de la muestra de agua residual tratada. Además se procedió a comparar con la TABLA N°09 que trata sobre los límites máximos permisibles de descarga a un cuerpo de agua dulce, del Acuerdo Ministerial 097 del MAE.

De acuerdo a los resultados obtenidos se determinó la sustentabilidad ambiental.

5.5.3 Determinación de los costos del tratamiento físico biológico.

El presupuesto para la construcción del tratamiento físico biológico demostrativo, se realizó una vez implementado el mismo, lo cual consistió en hacer el análisis de precios unitarios de los principales parámetros como: herramientas de construcción, materiales de construcción, mano de obra, plantas acuáticas y análisis de laboratorio de agua **(Ver anexo 8)**.

6 RESULTADOS

6.1 Resultados para el primer objetivo

6.1.1 Aspectos Sociales.

La calidad del producto del ganado porcino se estableció de acuerdo a la alimentación, sanidad y tipo de reproducción.

Alimentación.- Se compone de balanceados, proteínas y aminoácidos, minerales, almidones, carbohidratos, derivados de la caña de azúcar, desechos orgánicos de la finca y vitaminas.

El principal balanceado para la alimentación es procerdos, el cual se utiliza en el proceso de gestación, lactancia, destete, crecimiento y para engorde. Las principales proteínas y aminoácidos son; salvado y suero de leche, el principal mineral, es la sal yodada. Los almidones incorporados son yuca y maíz molido, así mismo los carbohidratos utilizados son plátano y bananos. También se alimentan con derivados de la caña de azúcar como; la melaza y caña picada, así mismo alimentan con los desechos orgánicos que se generan en la finca. Finalmente complementan con vitaminas principalmente los derivados del complejo B (hierro).

Sanidad: La sanidad de los porcinos se determinó en base al control de enfermedades parasitarias y el control de enfermedades infecciosas. La primera se controla cada seis meses con antiparasitarios como: Invernic y mebendazol, a diferencia para el control de enfermedades infecciosas principalmente del cólera

se vacuna a los 30 días con cimavax y para la infección se aplica ampicilina y penicilina (duphapen).

Tipo de reproducción: El tipo de reproducción del ganado porcino se realiza por monta natural a través de la selección del mejor macho reproductor.

6.1.1.1 *Sustentabilidad social de la actividad porcicultura.*

De acuerdo a la información se determinó, que la actividad es sustentable socialmente, debido a la alimentación en su mayoría con productos orgánicos, el tipo de reproducción es por selección natural y en el caso estrictamente necesario para el control de enfermedades parasitarias e infecciosas se utilizan productos sintéticos. Por lo tanto se puede manifestar que los porcinos son un producto de calidad y de seguridad para el consumo alimenticio de las personas, garantizando la soberanía alimentaria de la población.

6.1.2 Aspectos económicos.

Las principales actividades productivas que realiza la familia son agrícola, pecuaria y agroforestal:

Los principales cultivos agrícolas que realiza la familia son: cultivo de guineo en una superficie de 1 ha con una productividad de 500 unidades, cacao con una extensión de 2 ha obteniendo una productividad de 8 quintales, caña con una área de 0,5 ha cosechado 6000 plantas, así mismo posee 0,4 ha de piña de las cuales cosecha aproximadamente 80 unidades, por ultimo posee un cultivo de 0,2 ha de yuca, el cual se encuentra en proceso de crecimiento para la producción.

La principal actividad pecuaria es la crianza de ganado porcino con 30 unidades entre adultos y pequeños por otro lado se producen cobayos aproximadamente 70 unidades, la familia también produce 25 gallinas, finalmente cuenta con una pecera con una producción de 300 tilapias entre grandes y pequeños.

En lo que corresponde a árboles frutales se cultivan mandarina dulce 8 plantas con una producción de 180 frutos, 12 plantas de yarazo con una producción de 1000 frutos, 30 plantas de guabo con una producción de 500 unidades, 7 plantas de membrillo con una producción de 50 unidades, y en menor proporción se cultiva naranja, limón y maracuyá.

6.1.2.1 Evaluación económica financiera de la porcicultura.

6.1.2.1.1 Flujo de caja.

Tabla 6. Flujo de caja para la evaluación económica de la porcicultura.

Rubros	Periodo	Años				
		1	2	3	4	5
INGRESOS						
Venta de porcinos de 37 días		5600,00	5600,00	5600,00	5600,00	5600,00
Venta de porcinos (6 meses)		4800,00	4800,00	4800,00	4800,00	4800,00
Venta de porcinos (4 años)					1440,00	
Sub total		10400,00	10400,00	10400,00	11840,00	10400,00
EGRESOS						
Compra de terreno	1500,00					
Construcción de infraestructura	2000,00					
Compra de herramientas de limpieza	30,00					
Instalación de agua	100,00					
Compra de macho reproductor	400,00					
Compra de hembras reproductoras (6meses)	980,00					

Compra de porcinos de engorde 37 días	400,00					
Transporte de porcinos (venta)		80,00	80,00	80,00	80,00	80,00
Compra de balanceados		2194,00	2194,00	2194,00	2300,00	2194,00
Medicamentos Sanidad	124,00	124,00	124,00	124,00	124,00	124,00
Desinfección de chancheras	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00
Construcción del tratamiento físico biológico	1154,70					
Mano de obra directa						
Cuidado de los porcinos		4392,00	4392,00	4392,00	4392,00	4392,00
Mano de obra indirecta						
Asist. Técnica	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00
Sub Total	-6788,70	6890,00	6890,00	6890,00	6996,00	6890,00
FNC	-6788,70	3510,00	3510,00	3510,00	4844,00	3510,00

Se puede interpretar estos resultados como flujo de efectivo por año que tiene dinámica permanente en la actividad, es decir, entradas y salidas en efectivo.

6.1.2.1.2 Valor Actual Neto.

La información correspondiente para el cálculo del VAN se ilustra a continuación.

Tabla 7. Valor Actual Neto (VAN1)

Vida útil	FNC	Factor de Actualización 4,75%	FNCA
0	-6788,70		
1	3510,00	0,9547	3350,84
2	3510,00	0,9114	3198,91
3	3510,00	0,8700	3053,85
4	4844,00	0,8306	4023,36
5	3510,00	0,7929	2783,17
TOTAL			16410,12

VAN 1= FNCA-Inversión inicial

$$VAN 1 = 16410,12 - 6788,70$$

$$VAN 1 = 9621,42$$

6.1.2.1.3 Valor Actual Neto (VAN 2).

Tabla 8. Valor Actual Neto (VAN 2)

Vida útil	FNC	Factor de Actualización 46%	FNCA
0	-6788,70		
1	3510,00	0,6849	2404,1096
2	3510,00	0,4691	1646,6504
3	3510,00	0,3213	1127,8558
4	4844,00	0,2201	1066,0915
5	3510,00	0,1507	529,1085
TOTAL			6773,8158

$$VAN 2 = FNCA - \text{Inversión inicial}$$

$$VAN 2 = 6773,82 - 6788,70$$

$$VAN 2 = -14,88$$

El proyecto 1 posee un VAN de 9621,42 a diferencia del proyecto 2 con un VAN negativo de -14,88 por lo tanto el proyecto 1 se consolida como el más rentable para una propuesta de inversión.

6.1.2.1.4 Tasa interna de retorno (TIR).

$$TIR = Tm + (TM - Tm) \left[\frac{VAN1}{VAN1 - VAN2} \right]$$

$$TIR = 4,75 + (46 - 4,75) \left[\frac{9621,42}{9621,42 - 14,88} \right]$$

$$\text{TIR} = 4,75 + 41,25$$

$$\text{TIR} = 46$$

6.1.2.1.5 Relación Beneficio / Costo.

Tabla 9. Relación Beneficio / Costo

Vida útil	Ingresos iniciales	Egresos iniciales	Factor de act.	Ingresos actualizados	Egresos actualizados
			4.75%		
1	10400,00	3510,00	0,9547	9928,40	3350,84
2	10400,00	3510,00	0,9114	9478,24	3198,91
3	10400,00	3510,00	0,8700	9048,44	3053,85
4	11840,00	4844,00	0,8306	9834,13	4023,36
5	10400,00	3510,00	0,7929	8246,44	2783,17
				46535,65	16410,12

$R\ b/c = \text{Ingresos totales actuales} / \text{Costos totales actuales}$

$$R\ b/c = 46535,65 / 16410,12$$

$$R\ b/c = 2,84$$

Por cada dólar invertido se obtiene una ganancia de 1,84 centavos.

6.1.2.1.6 Sustentabilidad económica.

Se determinó que durante un periodo de 5 años con una producción de 30 porcinos entre grandes y pequeños en cada año, la actividad de la porcicultura es sustentable económicamente en el tiempo, siempre y cuando los precios de mercado tanto de la carne de porcino y los balanceados se mantengan en ese promedio, en el cual se realizó la evaluación económica.

6.1.3 Aspectos ambientales.

6.1.3.1 *Situación actual del manejo de la porcicultura.*

En la actualidad trabajan dos personas de la familia Sarango Condolo en la producción y venta de 30 porcinos, la alimentación se realiza dos veces por día de 09h00am a 09h30am y de 17h00pm a 17h30pm. La limpieza y lavado de las celdas se efectúa minutos antes de la alimentación, para lo cual se utiliza escobas, lampas, rastrillos, baldes y agua proveniente de la quebrada El Naranjito, lo que genera una considerable cantidad de desechos sólidos y líquidos como; saquillos, fundas plásticas y agua residual, la cual se descarga sin ningún tratamiento directamente al suelo y a su vez dirigida a la Quebrada Santa Bárbara provocando contaminación a los mismos.

En el recorrido de campo se constató que existe, instalación adecuada del agua por ejemplo: las mangueras para el lavado tienen implementado llaves de control y las celdas tienen ubicados chupones para el consumo de los porcinos consiguiendo en ambos casos un ahorro significativo del agua. Sin embargo se verifico que las aguas residuales generadas no tienen ningún sistema de tratamiento, comprobando que existen vectores contaminantes como; agua contaminada provocando eutrofización, formación de suelo putrefacto generando emisión de gases de efecto invernadero como amoniaco y metano, generación de olores desagradables y proliferación de mosquitos, constituyéndose un problema socio ambiental.



Fotografía 8. Instalación adecuada de chupones de agua en las celdas de los porcinos



Fotografía 9. Contaminación del aire, suelo, agua y proliferación de mosquitos

6.1.3.2 Resultados de los parámetros analizados en el agua residual proveniente de la porcicultura.

La información obtenida sobre las características físicas, químicas y microbiológicas del agua residual de la porcicultura que se vertía al ambiente se presenta a continuación:

Cuadro 4. Resultados de los parámetros analizados in situ

Parámetro	Expresado como	Unidad	Resultado en campo	Límite máximo permisible
Caudal		l/s	0,31	
Temperatura	°C		19	Condición natural+3 (16°C-22°C)
Potencial de hidrogeno	pH		6	6-9

Los resultados del (cuadro 4), de los parámetros analizados in situ, relativos a la temperatura y pH, se puede apreciar que tanto la temperatura y pH se encuentran dentro del límite máximo permisible establecido en la normativa del Acuerdo Ministerial AM 097 del MAE.

Tabla 10. Resultado de los parámetros analizados ex situ (físicos, químicos y microbiológicos)

Parámetro	Expresado como	Unidad	Resultado en laboratorio	Límite máximo permisible
Análisis físico				
Sólidos totales	ST	mg/l	1733	1600
Sólidos suspendidos	SS	mg/l	530	130
Análisis químico				
Fósforo total	P	mg/l	11.90	10.0
Nitrógeno total	N	mg/l	16.8	50.0
Demanda bioquímica de oxígeno (5 días)	DBO ₅	mg/l	145	100
Demanda química de oxígeno	DQO	mg/l	100	200
Análisis microbiológico				
Coliformes fecales	NMP	NMP/100ml	3.3+03 (3300)	2000

Fuente: AM097, tabla N°09 y resultado del laboratorio CIESSA

Los resultados de la (tabla 10), indica que los sólidos totales (ST), sólidos suspendidos (SS), fósforo total (P), Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5) y coliformes fecales están fuera del límite máximo permisible de descarga a un cuerpo de agua dulce. Mientras que el nitrógeno total y demanda química de oxígeno (DQO) están dentro del límite máximo permisible de descarga a un cuerpo de agua dulce según la normativa del Acuerdo Ministerial AM097 del MAE.

a) Características físicas del agua residual de la porcicultura

La información relacionada a las características físicas como son: temperatura, sólidos totales y sólidos suspendidos es la siguiente.

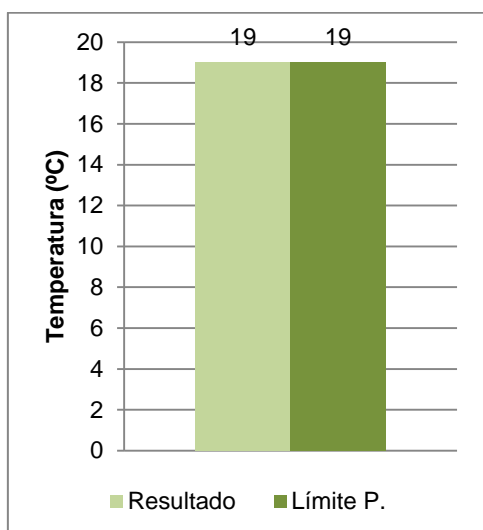


Figura 1. Temperatura del agua residual

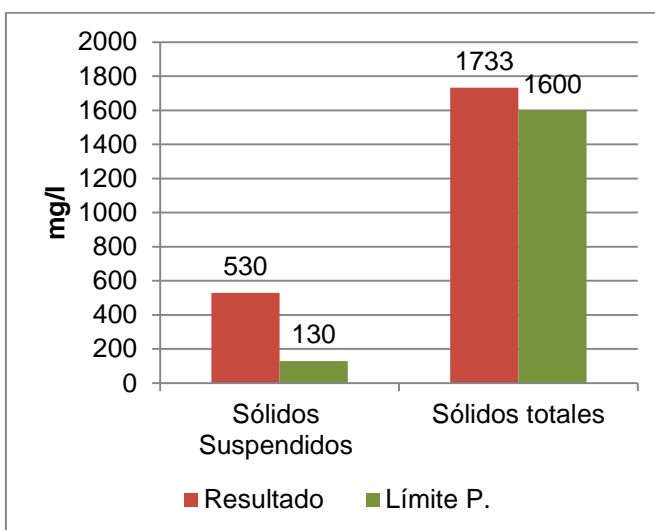


Figura 2. Características físicas del agua residual.

En la figura uno la temperatura presenta un valor de 19 °C la misma que se ubica dentro de los límites permisibles condición natural ± 3 (16°C-22°C). La figura dos muestra los sólidos suspendidos y los sólidos totales, el primero presenta un valor alto de 530 mg/l, de igual forma los sólidos totales con un valor alto de 1733 mg/l, en ambos parámetros se encuentra fuera de los límites máximos permisibles.

b) Características químicas del agua residual de la porcicultura

Los datos relativos a las características químicas como; pH, nitrógeno total, demanda química de oxígeno, fósforo total y demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) son los siguientes:

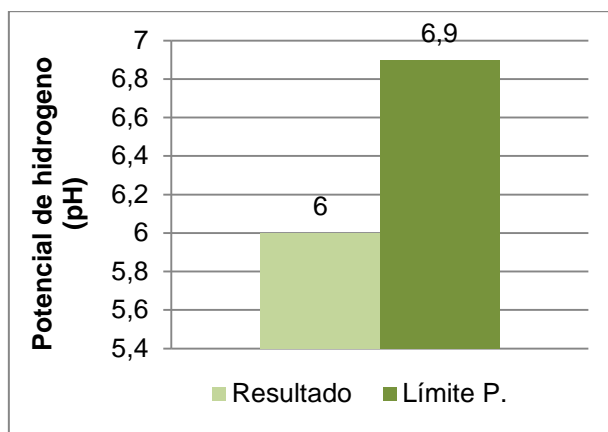


Figura 3. pH del agua residual

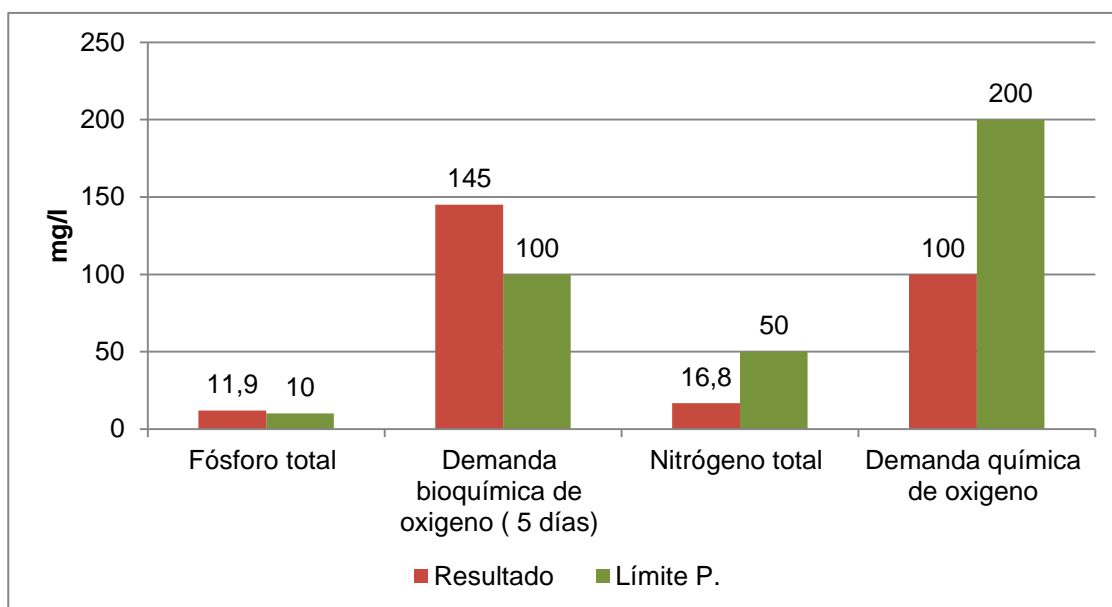


Figura 4. Características químicas del agua residual

En la figura tres, se presenta el potencial de hidrogeno con un valor de 6 pH, el cual se encuentra dentro del límite máximo permisible de 6-9. La figura cuatro,

exhibe al fósforo total y demanda bioquímica de oxígeno (5 días), en primer lugar el fósforo exhibe un valor bajo de 11,90 mg/l, mientras tanto la DBO (5 días) un valor medio de 145 mg/l, sin embargo los dos parámetros se encuentran fuera de los límites máximos permisibles. A diferencia del nitrógeno total y demanda química de oxígeno con valores bajos de 16,8 y 100 mg/l, los cuales se encuentran dentro de los límites máximos permisibles.

c) Características microbiológicas del agua residual de la porcicultura

Los datos concernientes a las características microbiológicas del agua residual sobre coliformes fecales se detallan a continuación:

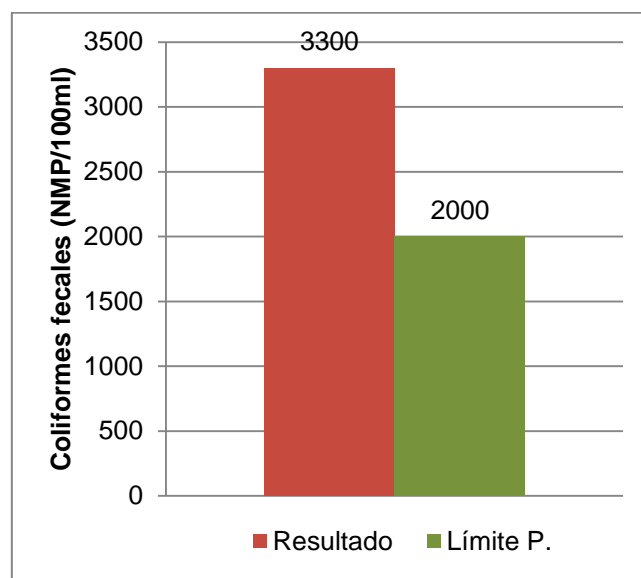


Figura 5. Coliformes fecales del agua residual

La figura cinco, ilustra a los coliformes fecales con una concentración alta de 3300 NMP/100ml, lo cual demuestra que se encuentra fuera de los límites máximo permisibles de 2000 NMP/100ml.

6.2 Resultados para el segundo objetivo

6.2.1 Aforo del agua residual.

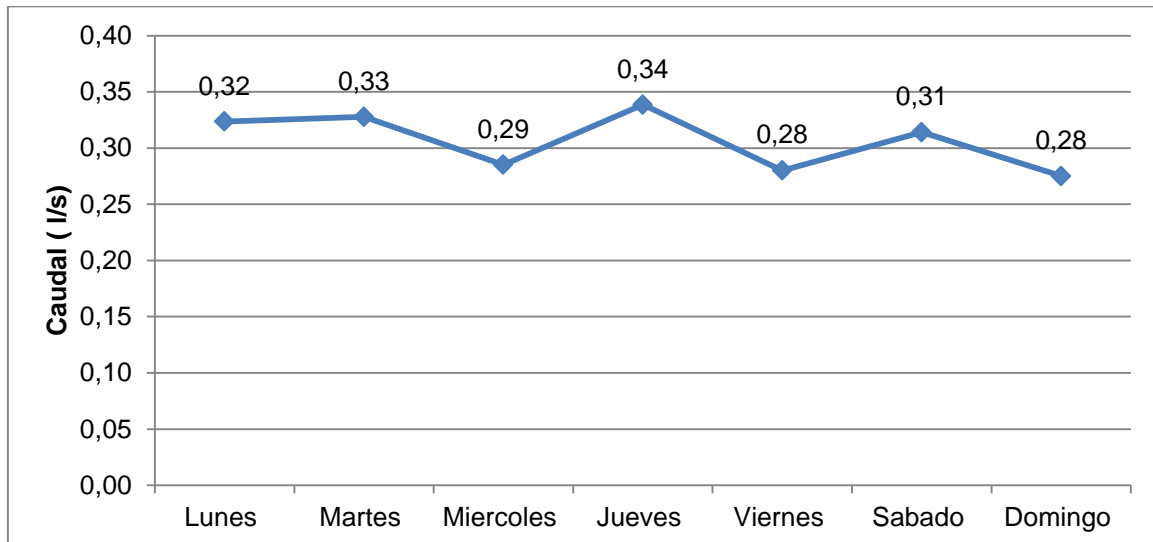


Figura 6. Evolución del caudal del agua residual de la porcicultura

El resultado de la (figura 6), ilustra la evolución que experimenta el caudal del agua residual de la porcicultura a lo largo de todo el proceso de muestro. El caudal máximo registrado durante los aforos es de 0,34 l/s, el caudal medio es de 0,31 l/s, y el caudal mínimo de 0,28 l/s.

6.2.2 Parámetros considerados para el diseño del tratamiento físico biológico.

Una vez aplicadas las fórmulas los resultados fueron los siguientes:

Cuadro 5. Parámetros para el diseño del tratamiento físico biológico

Parámetros	Resultado	Unidad
Caudal medio de agua residual generada	0,31	l/s

Caudal promedio	1,12	<i>m³/hora</i>
Periodo de diseño	15	años
Población de diseño	200	<i>Porcinos</i>
Caudal de diseño de agua residual	7,44	<i>m³/hora</i>

De acuerdo a los resultados obtenidos el diseño del tratamiento se consideró para tratar un caudal futuro de 7,44 m³/hora, atender una población futura de 200 porcinos y un tiempo de vida útil de 15 años del tratamiento físico biológico.

6.2.3 Diseño de los componentes del tratamiento físico biológico.

El diseño del tratamiento físico biológico se constituyó por cuatro componentes de tratamiento tales como: pretratamiento (caja de retención de sólidos), tratamiento primario (tanque de sedimentación), tratamiento secundario (humedal artificial- superficial con *Eichornia crassipes*) y tratamiento terciario (humedal de flujo subsuperficial horizontal con filtro biológico y *Echinochloa polystachya*).

6.2.3.1 Diseño de la caja de retención de sólidos.

Cuadro 6. Dimensiones de la caja de retención de sólidos

Características	Unidad	Medida
Ancho	m	0,40
Largo	m	1,50
Profundidad	m	0,20
Espesor de pared	m	0,10

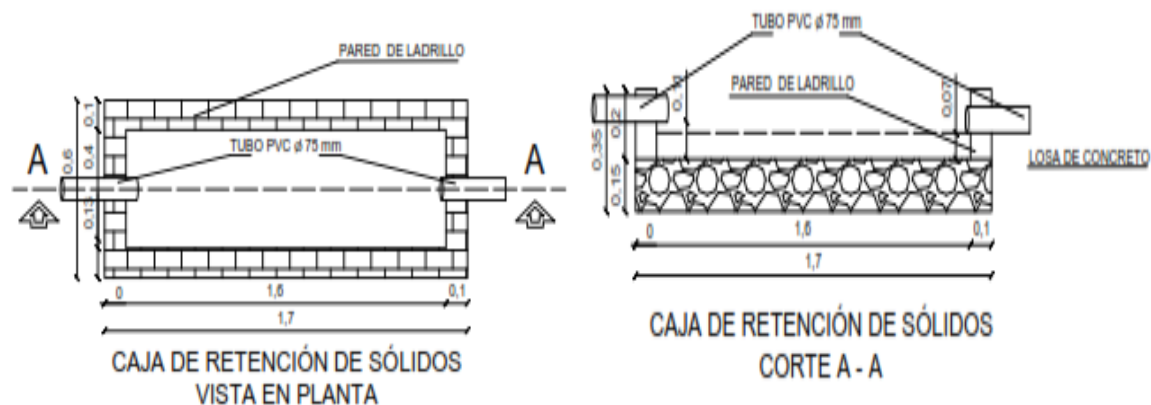


Figura 7. Dimensiones de la caja de retención de sólidos

El resultado del (cuadro 6), exhibe las dimensiones de la caja de retención de sólidos, donde el largo es de 1,50 m, el ancho de 0,40 m, la profundidad de 0,20 m y el espesor de pared de 0,10 m. En consecuencia la caja de retención de sólidos sirve para retener la mayor cantidad de materia orgánica, bagazos y estiércol porcino.

6.2.3.2 Diseño del tanque de sedimentación.

Cuadro 7. Dimensiones del tanque de sedimentación

Características	Unidad	Medida
Medidas internas		
Ancho	m	1,50
Largo	m	3,00
Profundidad de líquidos (h)	m	0,63
Altura total	m	0,80
Medidas externas		
Ancho	m	1,70
Largo	m	3,20
Altura	m	0,95
Espesor de losa inferior de concreto	m	0,15

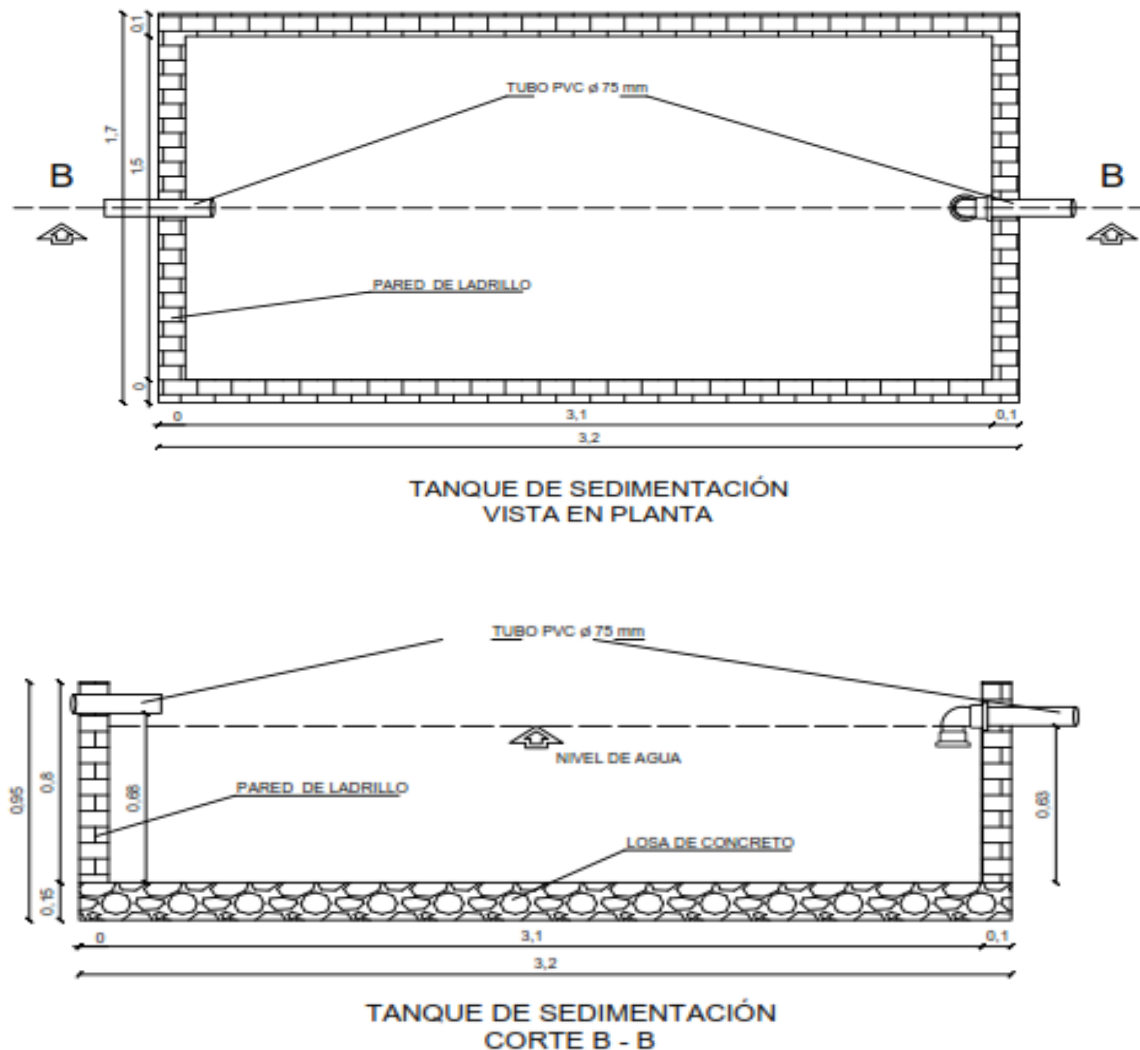


Figura 8. Dimensiones del tanque de sedimentación

El resultado del (cuadro 7), muestra las dimensiones internas del tanque de sedimentación, donde el largo es de 3,00 m, el ancho de 1,50 m, la profundidad de líquidos de 0,63 m, altura de 0,80 m, el espesor de cada pared es de 0,10 m. Las dimensiones externas son: largo 3,20 m, ancho 1,70 m, altura de 0,95 m y el espesor de la losa inferior de concreto de 0,15 m. De igual forma el tubo de salida del tanque de sedimentación está a 5 cm debajo del tubo de entrada.

En consecuencia el tanque de sedimentación se diseñó para tratar 2, 84 m³ de agua residual de la porcicultura.

6.2.3.3 Diseño del humedal artificial-superficial con *Eichornia crassipes*.

Cuadro 8. Dimensiones del humedal artificial-superficial

Características	Unidad	Medida
Medidas internas		
Ancho	m	2
Largo	m	3
Profundidad de líquidos (h)	m	0,63
Altura total	m	0,8
Medidas externas		
Ancho	m	2,20
Largo	m	3,20
Altura	m	0,95
Espesor de losa inferior de concreto	m	0,15

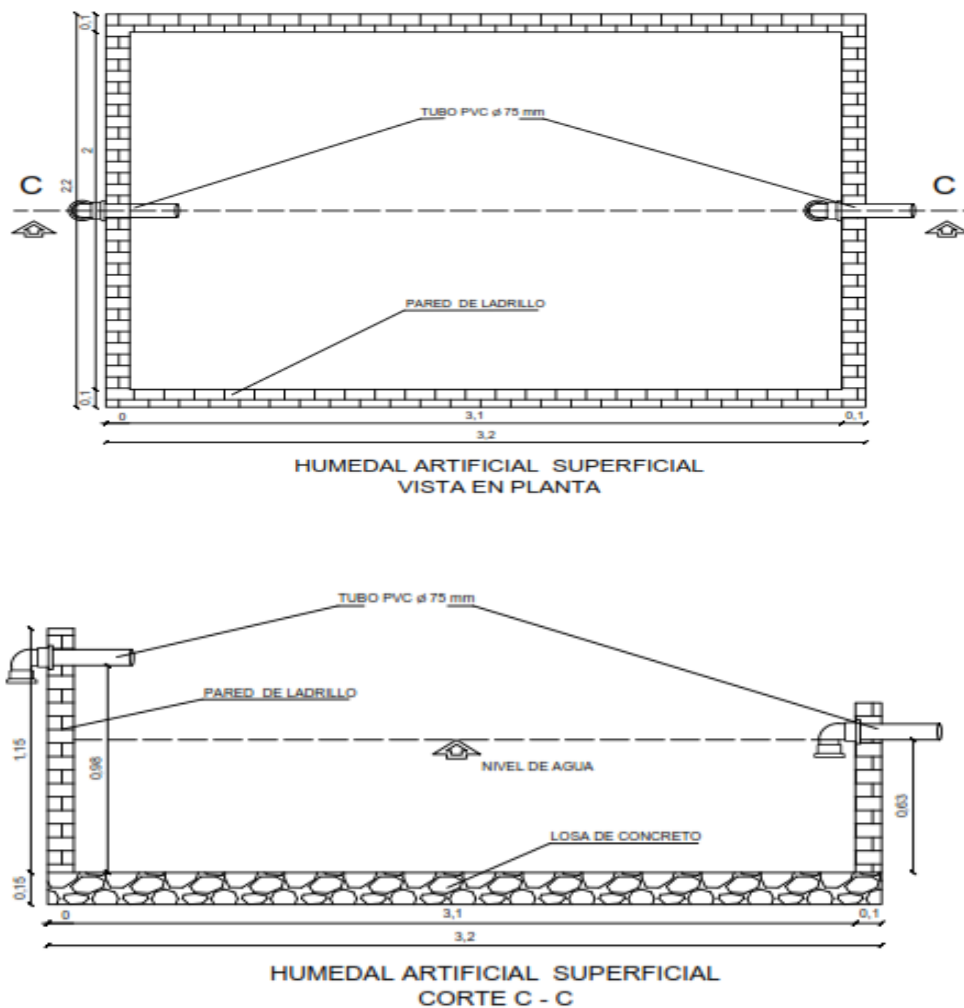


Figura 9. Dimensiones del humedal artificial- superficial

El resultado del (cuadro 8), contiene las dimensiones internas del humedal artificial-superficial, el mismo que tiene un largo de 3 m, el ancho de 2,00 m, la profundidad de líquidos de 0,63 m, la altura de 0,80 m y el espesor de cada pared es de 0,10 m. Las dimensiones externas son: largo 3,20 m, ancho 2,20 m, altura de 0,95 m y el espesor de la losa inferior de concreto de 0,15 m. De igual forma el tubo de salida del humedal artificial –superficial está a 0,35 m debajo del tubo de entrada. En efecto este humedal está diseñado para tratar 3,78 m³ de agua residual de la porcicultura.

6.2.3.4 Diseño del humedal de flujo subsuperficial horizontal con *Echinochloa polystachya*.

Cuadro 9. Dimensiones del humedal de flujo subsuperficial horizontal

Características	Unidad	Medida
Medidas internas		
Ancho	m	2
Largo	m	3
Altura total	m	0,6
Medidas externas		
Ancho	m	2,20
Largo	m	3,20
Altura	m	0,75
Espesor de losa inferior de concreto	m	0,15
Medio poroso granular		
Grava	m	0,20
Gravilla	m	0,15
Arena	m	0,15

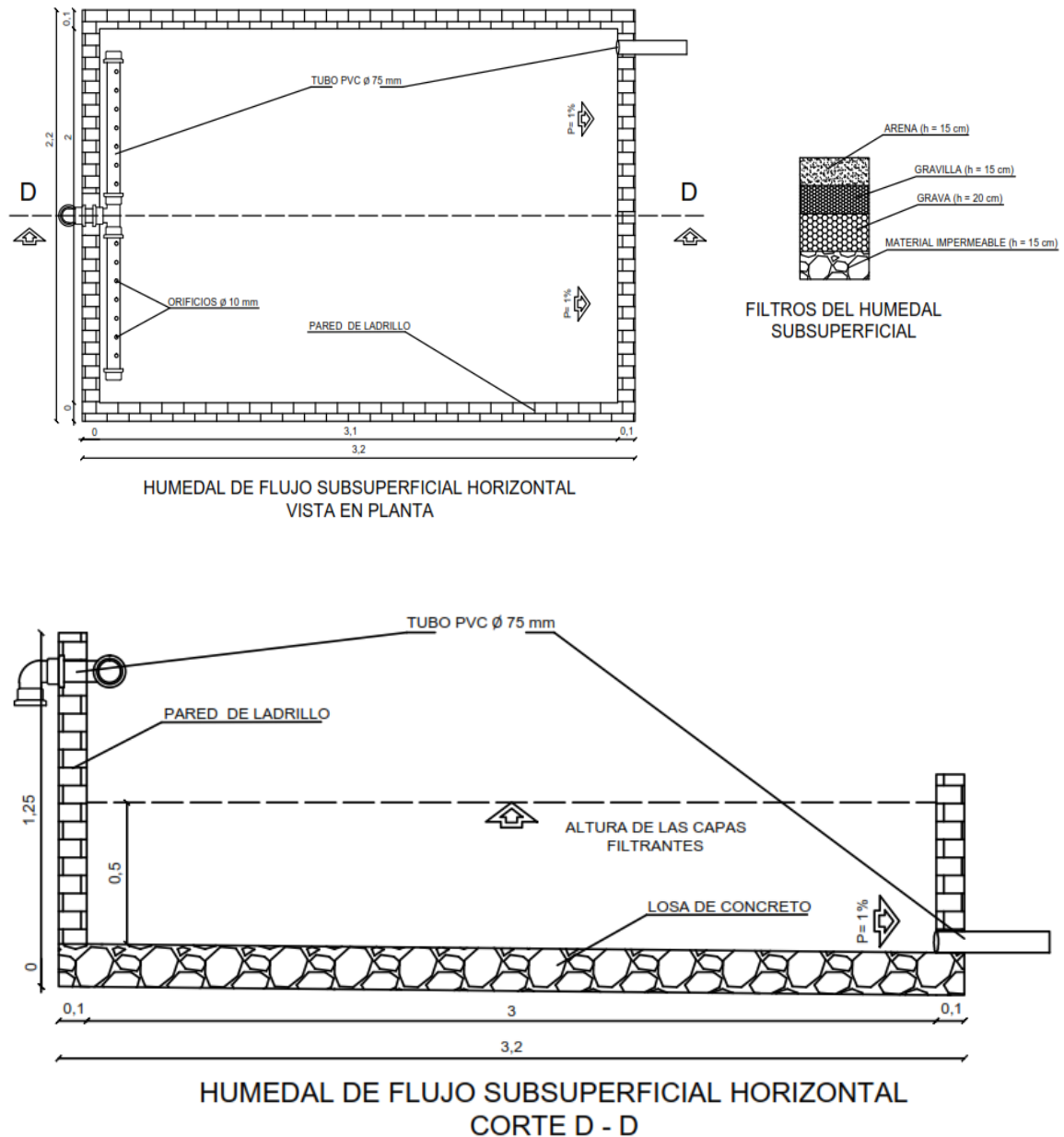


Figura 10. Dimensiones del humedal de flujo subsuperficial horizontal

El resultado del (cuadro 9), presenta las dimensiones internas del humedal de flujo subsuperficial horizontal, en donde el largo es de 3, m, ancho de 2, m, la altura de 0,60 m y el espesor de cada pared es de 0,10 m. Las dimensiones externas son: largo 3,20 m, ancho 2,20 m, altura de 0,75 m y el espesor de la losa inferior de concreto de 0,15 m. De igual forma el tubo de salida del humedal de flujo subsuperficial horizontal, se ubicó en una esquina sobre la losa inferior de

concreto. El medio poroso granular se compone de tres capas; 0,20 m de grava en la parte inferior, 0,15 m de gravilla en la parte media y 0,15 m de arena en la parte superior. En fin este humedal está diseñado para tratar 0,90 m³ de agua residual de la porcicultura.

6.2.4 Construcción del tratamiento físico biológico.

A continuación se detalla un esquema fotográfico secuencial de cada una de las actividades realizadas durante la construcción de los componentes del tratamiento físico biológico.

a) Adecuación del terreno y construcción de la capa impermeabilizante



Fotografía 10. Excavación y nivelación del terreno



Fotografía 11. Construcción de la losa de concreto de 0,15 m de espesor para impermeabilizar la superficie del suelo.

b) Construcción de la caja de retención de sólidos.

c) Construcción del tanque de sedimentación



Fotografía 12. Caja de retención de sólidos gruesos



Fotografía 13. Revestido del tanque de sedimentación

d) Construcción del humedal artificial-superficial



Fotografía 14. Revestido del humedal artificial-superficial

e) Construcción del humedal de flujo subsuperficial horizontal



Fotografía 15. Revestido del humedal de flujo subsuperficial horizontal

f) Colocación de filtros y siembra de plantas en el humedal subsuperficial horizontal



Fotografía 16. Medio poroso granular de grava, gravilla, y arena



Fotografía 17. Siembra de Echinochloa polystachya

g) Siembra de plantas en el humedal artificial-superficial



Fotografía 18. Siembra de Eichhornia crassipes

h) Puesta en funcionamiento



Fotografía 19. Puesta en marcha y funcionamiento del tratamiento físico biológico

6.3 Resultados para el tercer objetivo

6.3.1 Resultados de la muestra de agua residual tratada proveniente de la porcicultura.

Los resultados de los análisis de laboratorio sobre las características físicas, químicas y microbiológicas del agua residual tratada proveniente de la porcicultura se presentan a continuación:

Cuadro 10. Resultados de los parámetros analizados in situ de la muestra de agua residual tratada

Parámetro	Expresado como	Resultado en campo	Límite máximo permisible
Temperatura	°C	20	Condición natural+-3 (16°C- 22°C)
Potencial de hidrogeno	pH	6	6-9

Los resultados del (cuadro 10), de los parámetros analizados in situ, relativos a la temperatura y pH, luego de la descontaminación se determinó que cumplen con los límites máximos permisibles establecidos en la normativa del Acuerdo Ministerial 097 del MAE.

Tabla 11. Resultado de los parámetros analizados ex situ (físicos, químicos y microbiológicos) de la muestra de agua residual tratada

Parámetro	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible	Resultado de la muestra de agua residual inicial	Resultado de la muestra de agua residual tratada
Análisis físico					
Sólidos totales	ST	mg/l	1600	1733	950
Sólidos suspendidos	SS	mg/l	130	530	88

Análisis químico					
Fósforo total	P	mg/l	10	11,9	2,1
Nitrógeno total	N	mg/l	50	16,8	1,21
Demanda bioquímica de oxígeno (5 días)	DBO ₅	mg/l	100	145	14
Demanda química de oxígeno	DQO	mg/l	200	100	10
Análisis microbiológico					
Coliformes fecales	NMP	NMP/100m l	2000	3300	230

Fuente: AM097 tabla N°9 y resultado del laboratorio CIESSA

Los resultados de la (tabla 11), presenta la remoción de sólidos totales (ST) en un cuarenta y cinco por ciento (45%), sólidos suspendidos en un ochenta y tres por ciento (83%), fósforo total (P) en un ochenta y dos por ciento (82%), nitrógeno total (N) en un noventa y dos por ciento (92%), demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) y demanda química de oxígeno (DQO) en un noventa por ciento (90%) y finalmente coliformes fecales en un noventa y tres por ciento (93%). Por lo tanto después de la descontaminación del agua residual se determina que los parámetros físicos, químicos y microbiológicos se encuentran dentro del límite máximo permisible de descarga a un cuerpo de agua dulce con respecto al Acuerdo Ministerial 097, del MAE.

a) Características físicas del agua residual tratada de la porcicultura

La información relacionada a las características físicas del agua residual de la porcicultura como son: temperatura, sólidos suspendidos y sólidos totales es la siguiente.

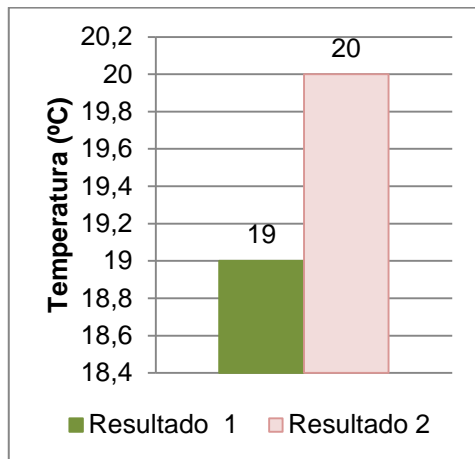


Figura 11. Temperatura del agua residual

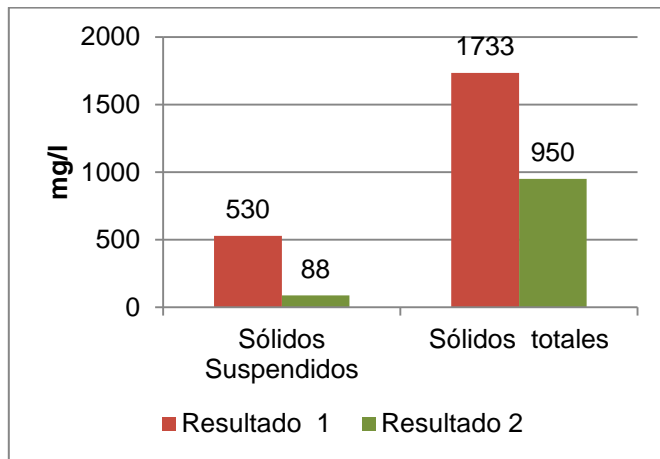


Figura 12. Características físicas del agua residual

Cabe aclarar que el resultado 1, representa al resultado de campo y laboratorio de la muestra de agua residual sin tratar y el resultado 2, representa al resultado de campo y laboratorio de la muestra de agua residual tratada.

En la figura once, se muestra el valor de la temperatura, la misma que presenta un valor de 20 °C , mostrando un incremento de 1 °C en comparación al resultado uno; mientras en la figura doce, se ilustra el valor de los sólidos suspendidos y sólidos totales, en primer momento los sólidos suspendidos con un valor de 88 mg/l muestran una reducción significativa de 442 mg/l en comparación con el resultado uno, mientras los sólidos totales con un valor de 950 mg/l mostrando una reducción media de 783 mg/l en relación al resultado uno.

b) Características químicas del agua residual tratada de la porcicultura

Los datos relativos a las características químicas como; pH, nitrógeno total, demanda química de oxígeno, fósforo total y demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) son los siguientes:

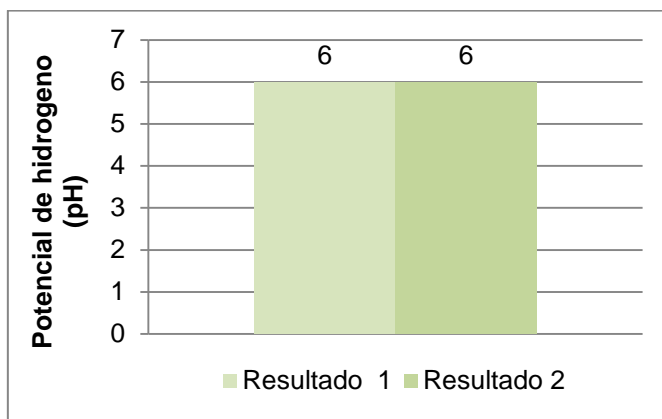


Figura 13. pH del agua residual

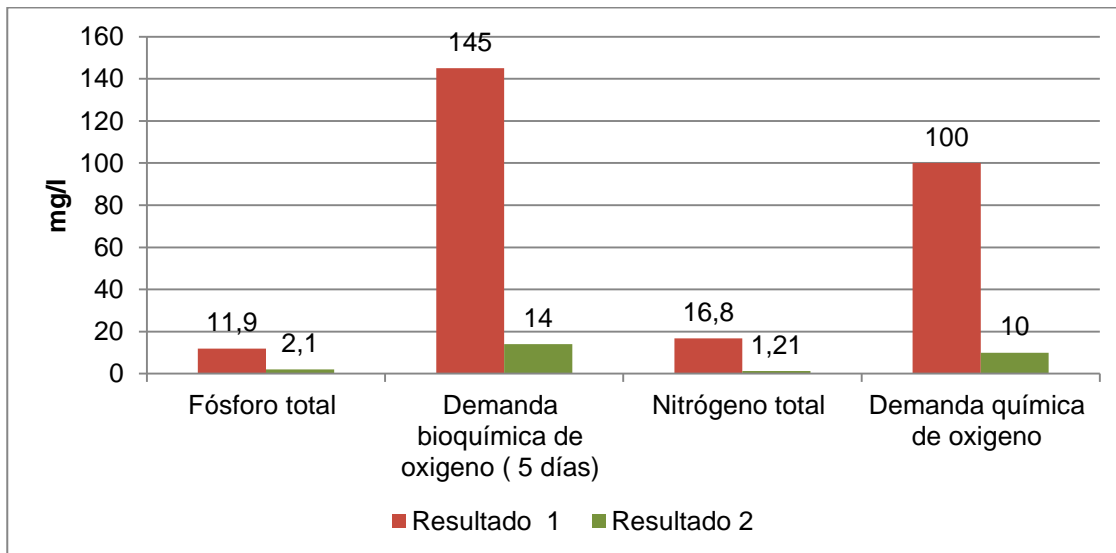


Figura 14. Características químicas del agua residual

El resultado de la (figura 13), exhibe al pH con un valor de 6, lo que demuestra que no existe una diferencia con respecto al resultado uno; seguidamente la (figura 14), presenta al fósforo total con un valor de 2,1mg/l, lo

cual exhibe una reducción muy alta de 9,8 mg/l en relación al resultado uno, de igual forma la demanda bioquímica de oxígeno con una concentración débil de 14 mg/l, muestra una reducción muy alta de 131 mg/l con relación al resultado uno. Así mismo el nitrógeno total con un valor muy bajo de 1,21mg/l, lo cual demuestra que existe una disminución de 15,59 mg/l con relación al resultado uno, finalmente la demanda química de oxígeno con un valor 10 mg/l, indica una reducción alta de 90 mg/l en comparación con el resultado uno.

c) Características microbiológicas del agua residual tratada de la porcicultura

El resultado referente a las características microbiológicas del agua residual sobre: coliformes fecales se detalla a continuación:

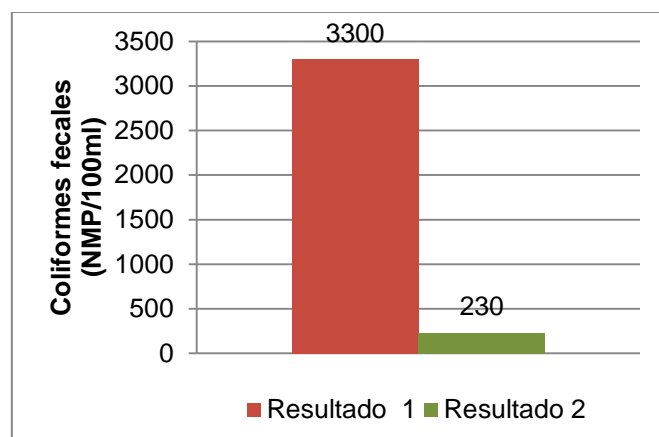


Figura 15. Coliformes fecales del agua residual

La figura quince, ilustra a los coliformes fecales con una concentración vulnerable de 230 NMP/100ml, demostrando una eliminación significativa de 3070 NMP/100ml, en comparación con el resultado uno.

6.3.1.1 *Sustentabilidad ambiental de la porcicultura.*

Con los resultados obtenidos se puede deducir que el sistema de tratamiento físico biológico implementado funciona eficientemente, por lo tanto se cumple la sustentabilidad ambiental, debido a que se evita la contaminación al suelo, aire, agua de la quebrada Santa Bárbara, prevención de olores desagradables y proliferación de mosquitos.

6.3.2 *Presupuesto de construcción del tratamiento físico biológico.*

En el cuadro 11, se ilustra el resumen del presupuesto de construcción, el mismo que asciende a mil ciento cincuenta y cuatro coma setenta dólares americanos (1154,70USD). De los cuales el 85.23 % es financiado por el investigador y el 14,77 % por el Gobierno Autónomo Cantonal.

Cuadro 11. Resumen del presupuesto para la construcción del sistema de tratamiento físico biológico

Rubro	Descripción del rubro	Financiamiento		Presupuesto Total
		Tesista	GAD Cantonal	
1	Herramientas de construcción	146	0	146
2	Materiales de construcción	283,2	170,5	453,7
3	Mano de obra	450	0	450
4	Plantas acuáticas	15	0	15
5	Análisis de laboratorio de agua	90	0	90
Total		984,2	170,5	1154,7

7 DISCUSIÓN

7.1 Diagnosticar los aspectos socioeconómicos y determinar el grado de contaminación de las aguas residuales provenientes de la porcicultura desarrollada en la finca de la familia Sarango Condolo, ubicada en el Barrio Santa Bárbara, Cantón Centinela del Cóndor.

En la entrevista aplicada a la familia de estudio, con relación a la actividad de la porcicultura se determinó que la alimentación de los porcinos la realizan con: balanceados, proteínas y aminoácidos, minerales, almidones, carbohidratos, derivados de la caña de azúcar, desechos orgánicos de la finca y vitaminas. La sanidad se realiza para el control de enfermedades parasitarias e infecciosas, el tipo de reproducción es a través del mejor macho reproductor. Belduma, (2015), manifiesta que es necesario realizar procedimientos operacionales estandarizados de saneamiento. Así mismo los animales deben recibir alimentación balanceada según su edad con el fin de mantener la salud del cerdo, de manera que se debe suministrar los nutrientes necesarios para su desarrollo.

En la evaluación económica financiera de la porcicultura realizada para un periodo de 5 años se determinó que por cada dólar invertido se obtiene una ganancia de 1,84 centavos de dólares. Lo cual demuestra que la actividad es sustentable económicamente en el tiempo. Herrera y Ríos, (2012), afirman en un estudio de una granja porcícola, que la relación beneficio costo del proyecto es aconsejable por cuanto los ingresos son mayores que los egresos dando un valor de 6,94 mayor que 1. Es decir por cada dólar invertido se obtuvo una ganancia de 5,94 centavos de dólar.

Con respecto a la información obtenida sobre la caracterización física, química y microbiológica del agua residual de la porcicultura que se descargaba en la quebrada Santa Bárbara se ilustran a continuación:

a) Características físicas del agua residual

El resultado de la caracterización de la temperatura, presenta un valor de 19 °C igual a la del cuerpo receptor. Pérez, (2006), afirma que para las excretas porcinas la temperatura no es un factor crítico porque nunca alcanzan temperaturas diferentes a la del agua circundante.

El resultado de la caracterización del parámetro sólidos totales registra un valor alto de 1733 mg/l, el mismo comparado con el límite máximo permisible de 1600 mg/l, se determina que existe contaminación y por lo tanto no cumple con la normativa del Acuerdo Ministerial 097 del MAE. Ministerio del Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (como se citó en Arias et al., 2010), afirman cerca del 90% de los sólidos se excretan en la heces; la orina contiene el 10% de los sólidos. Las excreta porcina contiene solidos que flotan y sólidos que se sedimentan además de sólidos en suspensión.

El resultado de la caracterización del parámetro sólidos suspendidos exhibe un valor fuerte de 530 mg/l, el cual comparado con el límite máximo permisible de 130 mg/l, se determinó que existe contaminación y en efecto no cumple con la normativa del Acuerdo Ministerial 097 del MAE. Metcalf y Eddy, (como se citó en Bermeo y Santín, 2010), sostienen que la concentración de sólidos suspendidos en el agua se debe a material causado por partículas flotantes como trozos de vegetales, animales, basura y aquellas otras que pueden ser perceptibles a simple vista. Ministerio del Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (como se

citó en Arias et al. 2010), afirman cerca del 90% de los sólidos se excretan en la heces; la orina contiene el 10% de los sólidos. La excreta porcina contiene sólidos que flotan y sólidos que se sedimentan además de sólidos en suspensión

b) Características químicas del agua residual

En la caracterización del agua residual de la porcicultura se obtuvo un valor de pH 6, ubicándose en una solución acida esto puede ser a la temperatura registrada en el agua. Aznar, (2000), sostiene que en las medidas de pH hay que tener presente que estas sufren variaciones con la temperatura.

El resultado de la caracterización del parámetro demanda bioquímica de oxígeno, presenta un valor medio de 145 mg/l, el mismo comparado con el límite máximo permisible de 100 mg/l para la descarga a un cuerpo de agua dulce, se establece que existe contaminación y por lo tanto no cumple con la normativa del Acuerdo Ministerial 097 del MAE. Purdue Research Foundation, (como se citó en Gallo y Gallo, 2016), quienes afirman que diariamente, se generan alrededor de 0,25 kg de demanda biológica de oxígeno (DBO) y 0,75 kg de demanda química de oxígeno (DQO) por cada 100 kilos de peso vivo.

El resultado de la caracterización del parámetro demanda química de oxígeno presenta un valor bajo de 100 mg/l, esto comparado con el límite máximo permisible de 200 mg/l para la descarga a un cuerpo de agua dulce, se concluye que no existe contaminación por lo tanto cumple con la normativa del Acuerdo Ministerial 097 del MAE. Purdue Research Foundation, (como se citó en Gallo y Gallo, 2016), quienes afirman que diariamente, se generan alrededor de 0,25 kg de demanda biológica de oxígeno (DBO) y 0,75 kg de demanda química de oxígeno (DQO) por cada 100 kilos de peso vivo.

El resultado de la caracterización del parámetro nitrógeno total, exhibe un valor bajo de 16,8 mg/l, el mismo comparado con el límite máximo permisible de 50 mg/l para la descarga a un cuerpo de agua dulce, se concluye que no existe contaminación y por consiguiente cumple con la normativa del Acuerdo Ministerial 097 del MAE. Arias et al. (2010), afirman el nitrógeno es el elemento de fertilización más importante debido a que el alimento suministrado a los cerdos contiene volúmenes altos de proteína. La gran mayoría del nitrógeno de las heces es orgánico mientras que la totalidad de la orina es amoniacal.

El resultado de la caracterización del parámetro fósforo total, presenta un valor de 11,9 mg/l, el cual comparado con el límite máximo permisible de 10 mg/l para la descarga a un cuerpo de agua dulce, se concluye que existe contaminación en consecuencia no cumple con la normativa del Acuerdo Ministerial 097 del MAE. Grefa, (2013), ostenta el fósforo es importante para el desarrollo de los microorganismos. Landin, (s.f.), afirma la vía de excreción del fósforo es principalmente fecal.

c) Características microbiológicas del agua residual

El resultado de la caracterización del parámetro coliformes fecales, revela una concentración alta de 3300 NMP/100 ml, el cual comparado con el límite máximo permisible de 2000 NMP/100 ml para la descarga a un cuerpo de agua dulce, se concluye que existe contaminación y por consiguiente no cumple con la normativa del Acuerdo ministerial 097 del MAE. Pérez (2006), ostenta los coliformes fecales se reproducen en el tracto intestinal de los cerdos y son excretados con las heces.

7.2 Diseñar e implementar un tratamiento físico biológico demostrativo para depurar las aguas residuales provenientes de la porcicultura, en la finca de la familia Sarango Condolo, ubicada en el Barrio Santa Bárbara, Cantón Centinela del Cóndor.

El sistema de tratamiento físico biológico diseñado e implementado se constituye una alternativa sustentable, amigable con el medio ambiente y al alcance de la economía del porcicultor, a diferencia de los sistemas convencionales de alto costo para el tratamiento de aguas residuales. El tratamiento conformado por los componentes: caja de retención de sólidos, tanque de sedimentación, humedal artificial- superficial con *Eichornia crassipes* y humedal de flujo subsuperficial horizontal con filtro biológico y *Echinochloa polystachya*, fue planteado en base a experiencias de investigación realizadas con humedales artificiales para la remediación de aguas contaminadas, en el cual se usan plantas macrófitas para la depuración de las mismas. Por otra parte también se basó en el uso de criterios de la Norma INEN, 19992 En conclusión se diseñó e implemento el tratamiento con la finalidad de contribuir a la depuración de las aguas residuales provenientes de la porcicultura. De la Mora et al. (2014), sugiere la implementación de los humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales provenientes de granjas porcícolas como una alternativa viable, especialmente para la remoción de material orgánico, nitrógeno total y fósforo total. Gualan, (2016), manifiesta el tratamiento de aguas residuales con métodos biológicos es menos costoso que el tratamiento con métodos físicos, además es ecológicamente viable, uno de los métodos biológicos más utilizados es la fitorremediación debido a que es un proceso que utiliza plantas para remover,

transferir, estabilizar, concentrar y o destruir contaminantes orgánicos e inorgánicos.

7.3 Determinar el grado de descontaminación de las aguas residuales provenientes de la porcicultura, en la finca de la familia Sarango Condolo, ubicada en el Barrio Santa Bárbara, Cantón Centinela del Cóndor

a) Características físicas del agua residual tratada

El resultado de la temperatura del agua residual tratada, presenta un incremento de 19°C a 20°C, luego de la descontaminación el valor de la temperatura se encuentra dentro de los límites máximos permisibles de 16 a 22°C para la descarga a un cuerpo de agua dulce.

El resultado del agua residual tratada con el tratamiento físico biológico, presenta a los sólidos totales con una reducción significativa de 1733 a 950 mg/l, representando una eficiencia de remoción del 45 %, luego de la remoción los valores quedan dentro de los límites máximos permisibles de 1600 mg/l para la descarga a un cuerpo de agua dulce. Arias et al. (2010), en su investigación afirman que los humedales artificiales al combinar medios filtrantes y diferentes tipos de plantas logran remociones de SST mínimo del 80%, que representa aproximadamente el doble del registrado en la presente investigación. Esto puede ser debido al tipo de medio filtrante utilizado en los humedales, puesto que existen materiales filtrantes con diferente capacidad de adsorción de sólidos. Con relación a los sólidos suspendidos exhibe una disminución alta de 530 a 88 mg/l, dando una eficiencia de remoción del 83%, después de la remoción los valores quedan dentro de los límites máximos permisibles de 130 mg/l para la descarga a un cuerpo de agua dulce. Arias et al. (2010), afirman la eliminación de sólidos en

suspensión mediante humedales junto con la función realizada por los microorganismos que se generan dentro de los medios filtrantes se da por la filtración a través de los medios sobre los cuales crecen las plantas y las raíces logrando remociones de SST mínimo del 80%.

b) Características químicas del agua residual tratada

El resultado del pH del agua residual tratada, exhibe un valor de pH 6, similar al resultado uno de pH 6, después de la remoción el valor del pH queda dentro de los límites máximos permisibles de 6-9 pH para la descarga a un cuerpo de agua dulce.

Con respecto a la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5) del agua residual tratada con humedales artificiales, exhibe una reducción alta de 145 a 14 mg/l, dando una eficiencia de descontaminación del 90%, luego de la remoción los valores quedan dentro de los límites máximos permisibles de 100 mg/l para la descarga a un cuerpo de agua dulce. Arias et al. (2010), afirman los humedales artificiales al combinar medios filtrantes y diferentes tipos de plantas logran remociones de DBO_5 mínimo del 80%. La diferencia de porcentajes de remoción puede ser debido al tiempo de evaluación de los tratamientos, por cuanto en la presente investigación se realizó en 2 meses y 18 días, mientras tanto Arias et al. realizó su investigación en 30 días. En cuanto a la Demanda Química de Oxígeno (DQO), del agua residual tratada, con humedales artificiales, presenta una reducción alta de 100 a 10 mg/l, logrando una eficiencia de descontaminación del 90 %, cabe recalcar que antes de la remoción los valores se encontraban dentro de los límites máximos permisibles de 200 mg/l para la descarga a un cuerpo de agua dulce; Cruz, (2013), manifiesta que un biofiltro removió 92% de DQO.

El resultado del nitrógeno total del agua residual tratada con el tratamiento físico biológico, presenta una reducción de 16,8 a 1,21 mg/l, consiguiendo una eficiencia de remoción del 92%, cabe recalcar que antes de la remoción los valores se encontraban dentro de los límites máximos permisibles de 50 mg/l para la descarga a un cuerpo de agua dulce. Duque y Ardilla, (2014), afirman que, el nitrógeno se elimina por diversos procesos: absorción directa por las plantas y, en menor medida, por fenómenos de nitrificación- desnitrificación y amonificación, realizados por bacterias.

El resultado del fósforo total del agua residual tratada, presenta una reducción alta de 11,9 a 2,1 mg/l, representando una eficiencia de remoción del 82%, luego de la remoción los valores quedan dentro de los límites máximos permisibles de 10 mg/l para la descarga a un cuerpo de agua dulce. Arias et al. (2010), manifiestan en su investigación con humedales artificiales el fósforo presento una remoción del 90%: de este total el 75% se fijó en el lecho filtrante y el resto fue asimilado por las plantas. Duque y Ardilla, (2014), ilustra que, el fósforo se elimina por absorción por las plantas y adsorción sobre las partículas de arcilla. Estos porcentajes seguramente se presentan debido que las plantas utilizadas en la presente investigación se adaptan fácilmente a contaminantes orgánicos permitiendo la absorción del fósforo en el cuerpo de la planta, de igual forma el medio filtrante utilizado en el humedal subsuperficial favorece la adsorción del fósforo del agua residual.

c) Características microbiológicas del agua residual tratada

En cuanto a los coliformes fecales del agua residual tratada, mediante humedales artificiales, revelan una reducción alta de 3300 a 230 NMP/100 ml,

logrando una eficiencia de remoción del 93%, después de la remoción los valores quedan dentro de los límites máximos permisibles de 2000 NMP/100 ml para la descarga a un cuerpo de agua dulce. Duque y Ardilla, (2014), afirman la eliminación de microorganismos patógenos se da por filtración y adsorción en partículas de arcilla, acción predatora de otros organismos (bacteriófagos y protozoos), toxicidad por antibióticos producidos por las raíces y por la radiación ultravioleta contenida en las radiaciones solares.

d) Presupuesto de construcción del tratamiento físico biológico

El presupuesto de construcción del tratamiento físico biológico para el tratamiento de las aguas residuales de la porcicultura es de mil ciento cincuenta y cuatro coma setenta dólares americanos (1154,70 USD); por lo tanto el tratamiento de aguas residuales de la porcicultura con métodos físicos biológicos es menos costoso que el tratamiento con métodos físicos convencionales, además es ecológicamente viable, puesto que uno de los métodos biológicos utilizados en la actualidad es la construcción de humedales artificiales para la depuración de aguas residuales. En consecuencia el costo del presente proyecto se justifica debido que la actividad de la porcicultura es rentable económicamente, permitiendo al poricultor implementar el presente proyecto. De la Mora et al. (2014), manifiesta el tratamiento de aguas residuales utilizando humedales es considerado un método relativamente bajo en costo, de innovación y especialmente amigable con el medio ambiente.

8 CONCLUSIONES

Analizadas las características físicas, químicas y microbiológicas del agua residual generada en la porcicultura, antes de ser tratadas superan los límites máximos permisibles para la descarga a un cuerpo de agua dulce de acuerdo a la normativa del Acuerdo Ministerial 097 del MAE, las mismas que al ser vertidas de forma directa contaminan la quebrada Santa Bárbara. A excepción del Nitrógeno total (N) y Demanda Química de Oxígeno (DQO) que cumplen con la normativa.

El tratamiento físico biológico seleccionado con los componentes planteados es una alternativa sustentable, amigable con el ambiente y al alcance de la economía del poricultor.

La implementación del tratamiento físico biológico para el tratamiento del agua residual obtuvo una remoción de la DBO₅ y DQO del 90%, nitrógeno total del 92%, fósforo total del 82%, sólidos suspendidos del 83%, sólidos totales del 45% y coliformes fecales del 93 %. Obteniéndose de esta forma una agua tratada que puede ser descargada al cuerpo de agua dulce de la quebrada Santa Bárbara, puesto que cumple con los límite máximos permisibles de descarga establecidos en el Acuerdo Ministerial 097 del MAE.

Con referencia al costo del tratamiento para la depuración de las aguas residuales de la porcicultura se concluye que el tratamiento físico biológico es menos costoso con respecto a los sistemas de tratamiento convencionales.

9 RECOMENDACIONES

Es necesario el tratamiento de las aguas residuales de la porcicultura por parte de los porcicultores, porque permite la disminución de la contaminación de los recursos de agua dulce, debido que aguas abajo son utilizados para actividades agropecuarias, turísticas e incluso consumo humano.

Se recomienda construir los humedales de flujo superficial con *Eichornia crassipes*, de acuerdo a la profundidad del sistema radicular de las plantas.

La construcción de los humedales subsuperficiales horizontal con *Echinochloa polystachya* a una altura de 0,60 m se constituyen técnicamente viables, debido que contienen sustrato sólido en su interior de manera que el agua circula a través de este medio y evita la proliferación de larvas de mosquitos.

Se recomienda realizar el mantenimiento de las podas de la vegetación de acuerdo al ciclo de crecimiento de la *Echinochloa polystachya*, es decir una vez cada 45 días, y para la *Eichhornia crassipes*, cada 4 meses, procurando retirar todo la cubierta vegetal seca y que se encuentre en mal estado, buscando no contribuir con cantidad de materia orgánica en el tratamiento.

Replicar este proyecto de investigación en otras granjas porcinas, puesto que el tratamiento físico biológico con las características propuestas depura de forma eficiente el agua residual de la porcicultura, además el costo de construcción es accesible.

10 BIBLIOGRAFIA

- Acaro, G. (2014), *Emprendimiento sustentable de la cadena productiva del plátano, en el Barrio Santa Bárbara, del Cantón Centinela del Cóndor*. Universidad Nacional de Loja. Zamora, Ecuador.
- Anónimo, (2003). Pretratamientos de la EDAR. *Revista Ambientum*, párr. 4.
- Arias, S., Betancur F., Gómez G., Salazar J. y Hernández M. (2010), *Fitorremediación con humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales porcinas*. Colombia.
- Arteaga, R. (2014). *Diseño e implementación de una zanja de infiltración unifamiliar para el tratamiento de aguas residuales domesticas en la Comunidad de Chicaña*. Universidad Nacional de Loja. Zamora, Ecuador.
- Asamblea Nacional Constituyente, (2008). *Constitución Política de la República del Ecuador*. Quito, Ecuador: Asamblea Nacional República del Ecuador.
- Aznar, A. (2000). *Determinación de los parámetros físico-químicos de calidad de las aguas*. Universidad Carlos III, Madrid, España.
- Belduma, W. (2015). *“Análisis económico del programa porcino en la granja Santa Inés - Facultad de Ciencias Agropecuarias”*. Universidad Técnica de Machala, Machala, Ecuador.
- Bermeo, L. y Santín, J. (2010). *“Estudio, diseño y selección de la tecnología adecuada para tratamiento de aguas residuales domésticas para poblaciones menores a 2000 habitantes en la ciudad de Gonzanamá”*. Universidad Técnica Particular de Loja, Loja, Ecuador.

- Binueza, J. (2014). *Diseño de un sistema de pantanos artificiales para el tratamiento de aguas negras y grises del campo base y área de mantenimiento El Coca de la empresa Triboilgas*. Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador
- Borja, M. (2011). *Diseño de una planta de tratamiento para aguas residuales de la ciudad de Guaranda*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.
- Bravo, D., Pacheco, R. y Romero, A., (2010). *Evaluación financiera económica, ambiental, y social de un proyecto de inversión*. Universidad del Atlántico, Barranquilla Colombia.
- Calvente, A. (2007). *El concepto moderno de sustentabilidad*. Universidad Abierta Interamericana, Buenos Aires, Argentina.
- Cruz, A. (2013). *Evaluación de un biofiltro ubicado en el municipio de La Libertad, Chontales*. Universidad Nacional de Ingeniería, Managua, Nicaragua.
- Cuesta, G. (2012). *Establecer los rendimientos de los pastos alemán (*Echinochloa polystachia*) y rabo de gallo (*Hymenachne amplexicaulis*) con 4 diferentes niveles de fertilización completa en la hacienda "La Mina"*. Universidad de Guayaquil, Ecuador.
- De la Mora, O., Saucedo, T., Barrientos, J., Gonzales, A., Gómez, R. y Domínguez, A. (2014). *Humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales provenientes de granjas porcícolas*. Campo Experimental Centro-Altos de Jalisco, México.

- Duque, A. y Ardilla, J. (2014). *Evaluación de la eficiencia de un sistema piloto de humedales híbridos como post-tratamiento de aguas residuales de una porcícola*. Universidad tecnológica de Pereira, Pereira, Colombia.
- Espinosa, C. y Velasco, F. (2010). *Evaluación de la fitorremediación en términos de remoción de carga orgánica, tratando aguas residuales contaminadas con hidrocarburos*. Universidad Tecnológica de Pereira, Colombia.
- Espinoza, C., Fonseca, L. y Jiménez, F. (2007). *Ingeniería Económica*. Costa Rica: Editorial Tecnológica de Costa Rica.
- Gallo, B. y Gallo, D. (2016). *“Dimensionamiento de instalaciones para el tratamiento de purines de una empresa porcina en confinamiento”*. Universidad Nacional de La Pampa, Argentina.
- Gobierno Autónomo Descentralizado Cantonal Centinela del Cóndor. (2010). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial*. Centinela del Cóndor, Zamora Chinchipe, Ecuador.
- Grefa, L. (2013). *Rediseño de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales – Centro de Faenamiento Municipal de Ganado de Orellana*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.
- Gualan, S. (2016). *“Evaluación del pasto alemán (*Echinochloa polystachya*) y lenteja de agua (*Lemna minor*) como especies fitorremediadoras para el tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Chicaña, provincia de Zamora Chinchipe”*. Universidad Nacional de Loja, Loja, Ecuador.

Herrera, A. y Ríos, T. (2012). *Estudio de factibilidad financiera para el montaje de una granja porcicola con 252 hembras en el departamento de Antioquia para los años 2013-2018*. Universidad de Medellín, Colombia.

Instituto Ecuatoriano de Normalización, (1992) *Código de Práctica Ecuatoriano (CPE) INEN 5*. Quito, Ecuador.

Instituto Ecuatoriano de Normalización, (1998). *Norma Técnica Ecuatoriana (NTE) INEN 2169*. Quito, Ecuador.

Jaramillo, M. y Flores, E. (2012). *Fitorremediación mediante el uso de dos especies vegetales Lemna minor (Lenteja de agua), y Eichornia crassipes (Jacinto de agua) en aguas residuales producto de la actividad minera*. Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca, Ecuador.

Landin, G. (s.f). Producción de excretas porcinas y contaminación ambiental. *Universo porcino el portal del cerdo*. Recuperado el 15 de noviembre de 2016, de:http://www.aacporcinos.com.ar/articulos/manejo_porcino_032013_produccion_de_excretas_porcinas_y_contaminacion_ambiental.html

López, O. y Abad, Y. (2011). *Guía Didáctica Granja Integral Educativa Productiva con Enfoque Agroecológico*. Ecuador.

Meza, J. (2009). *Evaluación financiera de proyectos: proyecciones a precios corrientes o a precios constantes*. (en línea). Consultado 24 mayo 2016. Disponible en: <http://www.gestiopolis.com/evaluacion-financiera-proyectos-proyeccion-precios-corrientes-constant/>

Ministerio del Ambiente del Ecuador. (2015). *Acuerdo Ministerial N°028*. Quito, Ecuador.

Paredes, L. (2014). *Remoción de contaminantes en la estabilización de humedales construidos de flujo vertical, sembrados con helicognia (sp), para el tratamiento de aguas residuales domésticas*. Universidad Tecnológica de Pereira, Colombia.

Pérez, R. (2006). *Granjas Porcinas y Medio Ambiente, Contaminación del agua en la Piedad, Michoacán*. Universidad Nacional Autónoma de México.

Reyes, V. (2010). Producción porcina y el medio ambiente. Observatorio de la Economía Latinoamericana N° 135. Recuperado de <http://www.eumed.net/cursecon/ecolat/cu/2010/vmrg.htm>

Valencia, A. (2013). *Diseño de un sistema de tratamiento para las aguas residuales de la cabecera Parroquial de San Luis*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.

11 ANEXOS

Anexo 1. Ficha de caracterización de la calidad del producto del ganado porcino

Calidad del producto	Aspectos	Parámetros	Resultado	
	Alimentación	Balanceados		
		Proteínas y aminoácidos		
		Minerales		
		Vitaminas		
		Almidones		
		Carbohidratos		
		Derivados de la caña de azúcar		
		Desperdicios de cocina		
	Sanidad	Control de enfermedades parasitarias		
Control de enfermedades infecciosas				
Tipo de reproducción	Inseminación artificial			
	Monta Natural			

Anexo 2. Entrevista



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

SEDE- ZAMORA

MANEJO Y CONSERVACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE

Entrevista dirigida al propietario de la actividad “porcicultura”

TEMA: “Diseño e implementación de un tratamiento físico biológico demostrativo para la depuración de las aguas residuales provenientes de la porcicultura, en la finca de la familia Sarango Condolo, ubicada en el Barrio Santa Bárbara, Cantón Centinela del Cóndor”.

Objetivo de la entrevista:

La presente entrevista tiene por objetivo diagnosticar los aspectos socio-ambientales de la actividad de la porcicultura, en la finca de la familia Sarango Condolo, ubicada en el Barrio Santa Bárbara, Cantón Centinela del Cóndor.

1. Información general

Nombre del propietario.....

Barrio.....

Cantón.....

2. Número de personas que trabajan en la actividad

.....

3. Cantidad de porcinos que produce

.....

4. Alimentación y limpieza

Tiempo	Mañana	Medio día	Tarde
Horarios de alimentación del ganado porcino			
Horario de limpieza y lavado de las celdas de la porcicultura			

5. Tipo de material para la limpieza

Escoba	Lampas	Detergente	Otros

6. Qué tipo de desechos sólidos genera su actividad

Descripción	Cantidad
Saquillos	
Fundas	
Otros	

7. Nombre de la quebrada de donde capta el agua para la porcicultura

.....

8. Nombre de la quebrada en donde descarga el agua residual de la porcicultura

.....

Anexo 3. Etiqueta de la muestra de agua

	
UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA SEDE-ZAMORA	
LUGAR:.....	CÓDIGO:.....
FECHA:.....	HORA:.....
COORDENADAS UTM: X.....	Y.....
CANTIDAD:.....	TELÉFONO:.....
RESPONSABLE:.....	

Anexo 4. Cadena de custodia

CONSULTORA AMBIENTAL BIOTIERRA CIA. LTDA.																			
CADENA DE CUSTODIA																			
Datos generales				FACTURAR A: Darwin Sarango				REQUERIMIENTOS DE ANÁLISIS											
Lugar de residencia	Zumbi			Lugar del proyecto:	Barrio Santa Bárbara/ Cantón Centinela del Cóndor														
Barrio	Jaime Roldos			Contacto:	darwins1988@outlook.com														
Cantón :	Centinela del Cóndor			Teléfono:	0967297112														
:				Ruc:	1900578632														
Nombre del responsable del muestreo: Egdo. Darwin Sarango				Firma:				Sólidos Suspendidos Totales (SST)		Demanda Química de Oxígeno (DQO)		Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)		Nitrógeno Total		Fósforo Total		Coliformes Fecales	
Nombre del proyecto: "DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN TRATAMIENTO FÍSICO BIOLÓGICO DEMOSTRATIVO PARA LA DEPURACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES PROVENIENTES DE LA PORCICULTURA, EN LA FINCA DE LA FAMILIA SARANGO CONDOLO, UBICADA EN EL BARRIO SANTA BÁRBARA, CANTÓN CENTINELA DEL CÓNDOR"																			
Matriz*	Fecha	Hora	Comp	Punt	Identificación de la Muestra														
	20/04/16	07H00		x	DP1				x	x	x	x	x	x					
NOMBRE DE FUNCIONARIO DE INSTITUCIÓN					FIRMA				INSTITUCION			FECHA		OBSERVACIONES					
NOMBRE DE FUNCIONARIO DE INSTITUCIÓN					FIRMA				INSTITUCION			FECHA							

Anexo 5. Resultados de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos de la muestra de agua residual inicial de la porcicultura.



**CENTRO DE INVESTIGACIÓN, ESTUDIOS
Y SERVICIOS DE AGUAS Y SUELOS**
LABORATORIO DE ANÁLISIS DE AGUAS Y SUELOS

1. INFORMACIÓN GENERAL:

DE ORDEN: CIESSA-ONEA Test Lab- 10 - 05	REMITENTE: Sr. Darwin Sarango
PROYECTO: Diseño e Implementación de un Tratamiento Físico-Biológico demostrativo para la Depuración de las Aguas Residuales, Provenientes de la Porcicultura, en Finca de la Familia Sarango (Candelo, Ubicado En el Barrio Santa Bárbara, Cantón Centinela del Cóndor.	SOLICITANTE: Sr. Darwin Sarango
	DIRECCIÓN: Zamora
	TELEFAX: Móvil: 0967297112

2. DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:

FECHA DE MUESTREO: 20 - 04 - 2010	MUESTRA: Agua Residual.
FECHA DE ANÁLISIS: 20 - 04 - 2010	CODIGO: MA: DP1
FECHA DE REPORTE: 20 - 04 - 2010	PARROQUIA: Zumbi
FECHA DE ENTREGA: 20 - 04 - 2010	PROVINCIA: Zamora Chinchipe
	CANTIDAD: 1000 ml
	CANTON: Centinela del Cóndor
	BARRIO: Santa Bárbara

Límite Máximo Permisible de Descarga a un cuerpo de Agua dulce, según Acuerdo Ministerial 028 (AM028)

3. ENSAYOS FÍSICOS - QUÍMICOS:

3.1. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS:

PARÁMETROS	EXPRESADO COMO	RESULTADOS	LÍMITE DESEABLE	LÍMITE MAX. PERMISIBLE	METODO	NORMA
Aceites y Grasas	PELICULAVISIBLE	Presencia	-	30 mg/l	ETA5	M S P- TUL5MA
Materia Flotante	MATERIAVISIBLE	Ausencia	-	Ausencia	TUL5MA	TUL5MA
Sólidos Totales	mg/l	1733	-	1000	AOAC 920.193	TUL5MA
Sólidos Disueltos Totales	mg/l	1200	-	1000	AOAC 920.193	TUL5MA
Sólidos Disueltos Fijos	mg/l	210	-	-	AOAC 920.193	-
Sólidos Disueltos Volátiles	mg/l	990	-	-	AOAC 920.193	-
Sólidos Suspensidos	mg/l	530	-	130	AOAC 920.193	TUL5MA
Sólidos Suspensidos Fijos	mg/l	110	-	-	AOAC 920.193	-
Sólidos Susp. Volátiles	mg/l	420	-	-	AOAC 920.193	-
Sólidos Sedimentables	ml/l	9,0	-	1,0	IMHOFF	M S P- TUL5MA

3.2. CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS:

PARÁMETROS	EXPRESADO COMO	RESULTADOS	LÍMITE DESEABLE	LÍMITE MAX. PERMISIBLE	METODO	NORMA
Fósforo Total	mg/l	11,90	-	10	ACIDO ASCÓRBICO	TUL5MA
Nitrógeno Orgánico	mg/l	14,2	-	-	NESSLER	-
Nitrógeno Total	mg/l	10,8	-	50	NESSLER	TUL5MA
D B O ₅	mg/l	145	-	100	AOAC 973 - 44	TUL5MA
D Q O	mg/l	100	-	200	AOAC 973 - 46	TUL5MA
Coliformes Fecales	NMP/100ml	3.3+03	-	2000	INEN 1529-B	TUL5MA

Nota:

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

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

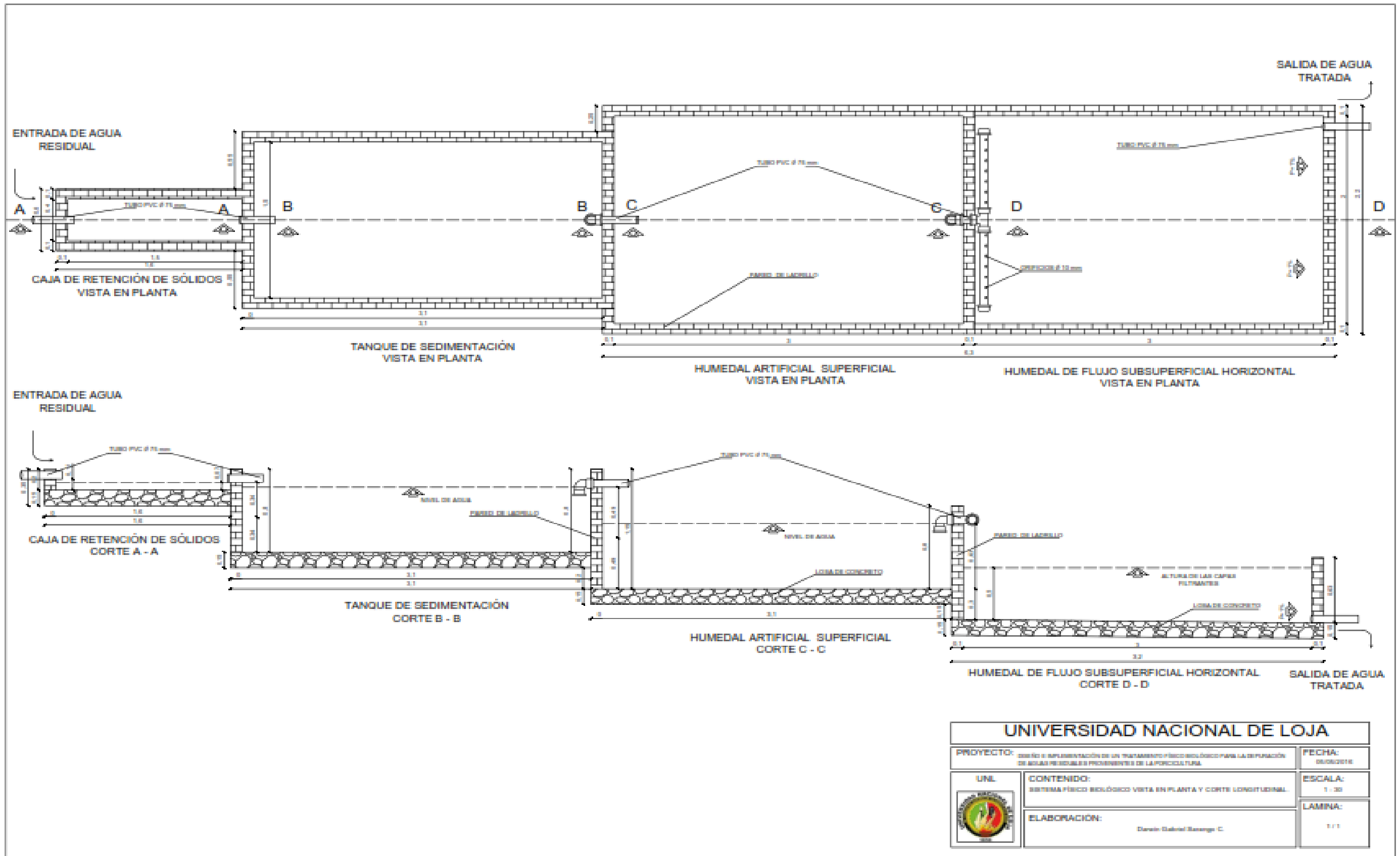
NOMENCLATURA REFERENCIAL DE TERMINOLOGIA:

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

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

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

Anexo 6. Diseño arquitectónico del tratamiento físico biológico



Anexo 7. Resultados de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos de la muestra de agua residual tratada de la porcicultura



CENTRO DE INVESTIGACIÓN, ESTUDIOS Y SERVICIOS DE AGUAS Y SUELOS

LABORATORIO DE ANÁLISIS DE AGUAS Y SUELOS

1. INFORMACIÓN GENERAL:

# DE ORDEN: CIESSA-ONEA Test Lab- 135- 10	REMITENTE: Sr. Darwin Sorango
PROYECTO: "Diseño e Implementación de un Tratamiento Físico-Biológico demostrativo para la Depuración de las Aguas Residuales, Provenientes de la Porcicultura, en Finca de la Familia Sorango Condolo, Ubicada en el Barrio Santa Bárbara, Cantón Centinela del Cóndor.	SOLICITANTE: Sr. Darwin Sorango
	DIRECCIÓN: Zamora
	TELEFAX: Móvil: 0967297112

2. DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:

FECHA DE MUESTREO: 18 - 08 - 2010	MUESTRA: Agua Residual.
FECHA DE ANÁLISIS: 18 - 08 - 2010	CODIGO: MA: DP2 CANTIDAD: 1000 ml
FECHA DE REPORTE: 14 - 09 - 2010	PARROQUIA: Zumbi CANTON: Centinela del Cóndor
FECHA DE ENTREGA: 10 - 09 - 2010	PROVINCIA: Zamora Chinchipe BARRIO: Santa Bárbara

Límite Máximo Permissible de Descarga a un cuerpo de Agua dulce, según Acuerdo Ministerial 028 (AM028)

3. ENSAYOS FÍSICOS - QUÍMICOS:

3.1. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS:

PARÁMETROS	EXPRESADO COMO	RESULTADOS	LÍMITE DESEABLE	LÍMITE MAX. PERMISIBLE	MÉTODO	NORMA
Aceites y Grasas	PELÍCULAVISIBLE	Ausencia	-	30 mg/l	ETAS	M.S.P.-TULSMA
Materia Flotante	MATERIAVISIBLE	Ausencia	-	Ausencia	TULSMA	TULSMA
Sólidos Totales	mg/l	950	-	1600	AOAC 920.193	TULSMA
Sólidos Disueltos Totales	mg/l	860	-	1000	AOAC 920.193	TULSMA
Sólidos Disueltos Fijos	mg/l	10	-	-	AOAC 920.193	-
Sólidos Disueltos Volátiles	mg/l	850	-	-	AOAC 920.193	-
Sólidos Suspendidos	mg/l	88	-	130	AOAC 920.193	TULSMA
Sólidos Suspendidos Fijos	mg/l	9	-	-	AOAC 920.193	-
Sólidos Susp. Volátiles	mg/l	79	-	-	AOAC 920.193	-
Sólidos Sedimentables	ml/l	0,10	-	1,0	IMHOFF	M.S.P.-TULSMA

3.2. CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS:

PARÁMETROS	EXPRESADO COMO	RESULTADOS	LÍMITE DESEABLE	LÍMITE MAX. PERMISIBLE	MÉTODO	NORMA
Fósforo Total	mg/l	2,10	-	10	ÁCIDO ASCÓRBICO	TULSMA
Nitrógeno Orgánico	mg/l	1,00	-	-	NESSLER	-
Nitrógeno Total	mg/l	1,21	-	50	NESSLER	TULSMA
D B O ₅	mg/l	14	-	100	AOAC 973 - 44	TULSMA
D Q O	mg/l	10	-	200	AOAC973 - 46	TULSMA
Coliformes Fecales	NMP/100ml	2.3*01	-	2000	INEN 1529-8	TULSMA

Nota:

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

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

NOMENCLATURA REFERENCIAL DE TERMINOLOGÍA:

- mg/l y m/l (Miligramos por litro y Mililitros por litro) / - 01105 (Demanda Bioquímica de Oxígeno en 5 días)
- 100 P (100 partes por millón) / - 020 (Demanda Química de Oxígeno)

Edgar A. Cjeda Noriega, INGENIERO
ONEA Test Lab
HIDRO SANTARIO

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

Av. Manuel Agustín Aguirre # 11-13 y Azuay, Esquina // La Prodena: Cedros # 25-25 entre Aisos y Lameles // Teléfonos: 072-569113
072-102 707-884 594/Teléfono: (072-559 913/107 107/Celular: 0915401977 / E-mail: ciessa1@hotmail.com // Loja-Ecuador

Anexo 8. Presupuesto referencial para la construcción del tratamiento físico biológico para la depuración de aguas residuales de la porcicultura.

Concepto	Unidad	Cantidad	Valor Unitario(\$)	Valor Total (\$)
Herramientas de construcción				146
Machete	U	1	3,5	3,5
Segueta	U	1	6,5	6,5
Pala de punta	U	2	8	16
Barreta	U	1	12	12
Carretilla	U	2	40	80
Escuadra	U	1	1,5	1,5
Vailejo	U	1	4	4
Rollo de piola fina	U	1	2,5	2,5
Lápiz de albañilería	U	1	0,5	0,5
Guantes de caucho	Par	1	3	3
Flexómetro	U	1	1,5	1,5
Nivel	U	1	3	3
Paleta de madera para construcción	U	1	5	5
Sierra de mano	U	1	3,5	3,5
Plomada	U	1	3,5	3,5
Materiales de construcción				453,7
Piedra	m3	4	12	48
Arena gruesa	m3	3	15	45
Arena fina	m3	2	20	40
Grava media 4 mm	m3	1,5	15	22,5
Grava fina 10mm	m3	1	15	15
Ladrillo	U	390	0,26	101,4
Varilla de hierro 10	U	1	6,5	6,5
Cemento	fundas	10	8,2	82
Impermeabilizante	l	2	12	24
Tablas de encofrado	U	12	2,9	34,8
Clavos de 2"	lb	1	1	1
Tubo PVC 3"	U	1	6,5	6,5
Tubo PVC 2"	U	1	5	5
T's PVC 3"	U	1	2	2
Codo PVC de 3"	U	3	2	6
Tapón PVC3"	U	2	4	8
Pegatubo pequeño	U	1	1	1
Balde de plástico 20 l.	l	1	5	5
Plantas acuáticas				15
<i>Eichhornia crassipes</i>	U	20	0,5	10
<i>Echinochloa polystachya</i>	U	20	0,25	5

Mano de obra				450
Maestro albañil	Jornal	6	30	180
Oficial	Jornal	15	18	270
Análisis de laboratorio				90
Análisis de muestra de agua	U	2	45	90
Total				1154,7

INDICE

PORTADA.....	i
CERTIFICACIÓN.....	ii
AUTORIA.....	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 elemento indispensable para la vida.....	7
4.2 Contaminación del agua	7
4.2.1 Causas de la contaminación del agua.....	7
4.2.2 Consecuencias de la contaminación del agua.....	8
4.3 Caracterización de aguas residuales	9
4.4 Componentes físicos, químicos y biológicos	9
4.4.1 Características físicas.....	9
4.4.2 Características químicas.	11
4.4.3 Características biológicas.....	13
4.5 Muestreo	14
4.5.1 Muestra puntual.....	14
4.6 Frecuencia del muestreo	14
4.6.1 Descarga periódica irregular.....	15

4.6.2	Descarga periódica regular.....	15
4.7	Muestreo de aguas residuales.....	15
4.7.1	El uso de recipientes apropiados.....	15
4.7.2	Preparación de recipientes.....	16
4.7.3	Llenado de recipientes.....	16
4.7.4	Refrigeración y congelación de las muestras.....	17
4.7.5	Identificación de las muestras.....	17
4.7.6	Transporte de las muestras.....	18
4.7.7	Recepción de las muestras en el laboratorio.....	18
4.8	Caudal.....	18
4.8.1	Métodos para la medición de caudales.....	18
4.9	Criterios de selección de la tecnología para tratamiento de aguas residuales.....	19
4.10	Depuración o Tratamiento de Aguas Residuales.....	20
4.11	Planta de tratamiento de aguas residuales.....	21
4.12	Tipos de tratamiento.....	21
4.12.1	Tratamientos físicos.....	21
4.12.2	Tratamientos químicos.....	22
4.12.3	Tratamientos biológicos.....	23
4.13	Componentes del tratamiento físico biológico.....	24
4.13.1	Separación de grandes sólidos.....	24
4.13.2	Tanque de sedimentación.....	24
4.13.3	Humedales artificiales de flujo superficial (HAFS).....	24
4.13.4	Humedales artificiales de flujo subsuperficial (HAFSS).....	25
4.13.5	Filtros biológicos.....	27

4.14	Especies con potencial fitorremediador utilizadas en humedales	27
4.14.1	Descripción morfológica de la <i>Echinochloa polystachya</i> (Kunth) Hitchc..	27
4.14.2	Descripción morfológica de la <i>Eichornia crassipes</i> (Mart.) Solms.	29
4.15	Evaluación económica financiera.....	31
4.15.1	Flujo Neto de caja.....	32
4.15.2	Valor actual neto (VAN).....	32
4.15.3	Tasa interna de retorno (TIR).	33
4.15.4	Relación beneficio-costos.....	34
4.15.5	Sustentabilidad.....	34
4.16	Otros estudios realizados	35
4.16.1	Evaluación de un biofiltro ubicado en el municipio de La Libertad, Chontales.....	35
4.16.2	Fitorremediación con humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales porcinas.	35
4.17	Marco legal favorable.....	36
4.17.1	Constitución de la República del Ecuador.	36
4.17.2	Ley orgánica de recursos hídricos usos y aprovechamiento del agua.....	37
4.17.3	Ley de prevención y control de la contaminación ambiental.....	38
4.17.4	Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente: Norma de Calidad Ambiental y de descarga de efluentes al recurso agua.....	38
5	MATERIALES Y MÉTODOS	41
5.1	Materiales	41
5.2	Métodos	42
5.2.1	Descripción general del proyecto.....	42
5.2.2	Aspectos climáticos del área.	44
5.2.3	Tipo de investigación.....	44

5.3	Metodología para el primer objetivo.....	45
5.3.1	Aspectos Sociales.	45
5.3.2	Aspectos económicos.....	45
5.3.3	Aspectos ambientales.....	49
5.3.4	Determinar el grado de contaminación del agua residual proveniente de la porcicultura.....	49
5.4	Metodología para el segundo objetivo	51
5.4.1	Parámetros de consideración para el diseño.....	51
5.4.2	Diseño de los componentes del tratamiento físico biológico.	54
5.4.3	Construcción de los componentes del tratamiento físico biológico.....	54
5.5	Metodología para el tercer objetivo.....	56
5.5.1	Toma de muestra de agua residual tratada.	56
5.5.2	Análisis de la muestra.....	57
5.5.3	Determinación de los costos del tratamiento físico biológico.....	58
6	RESULTADOS.....	59
6.1	Resultados para el primer objetivo.....	59
6.1.1	Aspectos Sociales.	59
6.1.2	Aspectos económicos.....	60
6.1.3	Aspectos ambientales.....	65
6.2	Resultados para el segundo objetivo	71
6.2.1	Aforo del agua residual.....	71
6.2.2	Parámetros considerados para el diseño del tratamiento físico biológico.....	71
6.2.3	Diseño de los componentes del tratamiento físico biológico.	72
6.2.4	Construcción del tratamiento físico biológico.....	78
6.3	Resultados para el tercer objetivo.....	82

6.3.1	Resultados de la muestra de agua residual tratada proveniente de la porcicultura.....	82
6.3.2	Presupuesto de construcción del tratamiento físico biológico.	87
7	DISCUSIÓN	88
7.1	Diagnosticar los aspectos socioeconómicos y determinar el grado de contaminación de las aguas residuales provenientes de la porcicultura desarrollada en la finca de la familia Sarango Condolo, ubicada en el Barrio Santa Bárbara, Cantón Centinela del Cóndor.	88
7.2	Diseñar e implementar un tratamiento físico biológico demostrativo para depurar las aguas residuales provenientes de la porcicultura, en la finca de la familia Sarango Condolo, ubicada en el Barrio Santa Bárbara, Cantón Centinela del Cóndor.....	92
7.3	Determinar el grado de descontaminación de las aguas residuales provenientes de la porcicultura, en la finca de la familia Sarango Condolo, ubicada en el Barrio Santa Bárbara, Cantón Centinela del Cóndor	93
8	CONCLUSIONES	97
9	RECOMENDACIONES	98
10	BIBLIOGRAFIA.....	99
11	ANEXOS.....	104

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce	39
Tabla 2. Flujo de caja para la evaluación económica de la porcicultura.....	46
Tabla 3. Valor Actual Neto (VAN1).....	47
Tabla 4. Valor Actual Neto (VAN 2).....	47
Tabla 5. Relación Beneficio / Costo	48
Tabla 6. Flujo de caja para la evaluación económica de la porcicultura.....	61
Tabla 7. Valor Actual Neto (VAN1).....	62
Tabla 8. Valor Actual Neto (VAN 2).....	63
Tabla 9. Relación Beneficio / Costo	64
Tabla 10. Resultado de los parámetros analizados ex situ (físicos, químicos y microbiológicos)	67
Tabla 11. Resultado de los parámetros analizados ex situ (físicos, químicos y microbiológicos) de la muestra de agua residual tratada	82

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Cultivos principales (agrícola).....	45
Cuadro 2. Animales (pecuario).....	46
Cuadro 3. Árboles frutales (agroforestal)	46
Cuadro 4. Resultados de los parámetros analizados in situ.....	67
Cuadro 5. Parámetros para el diseño del tratamiento físico biológico.....	71
Cuadro 6. Dimensiones de la caja de retención de sólidos.....	72
Cuadro 7. Dimensiones del tanque de sedimentación	73
Cuadro 8. Dimensiones del humedad artificial-superficial	75
Cuadro 9. Dimensiones del humedal de flujo subsuperficial horizontal.....	76
Cuadro 10. Resultados de los parámetros analizados in situ de la muestra de agua residual tratada.....	82
Cuadro 11. Resumen del presupuesto para la construcción del sistema de tratamiento físico biológico	87

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Temperatura del agua residual.....	68
Figura 2. Características físicas del agua residual.....	68
Figura 3. pH del agua residual	69
Figura 4. Características químicas del agua residual.....	69
Figura 5. Coliformes fecales del agua residual.....	70
Figura 6. Evolución del caudal del agua residual de la porcicultura	71
Figura 7. Dimensiones de la caja de retención de sólidos	73
Figura 8. Dimensiones del tanque de sedimentación.....	74
Figura 9. Dimensiones del humedal artificial- superficial.....	75
Figura 10. Dimensiones del humedal de flujo subsuperficial horizontal	77
Figura 11. Temperatura del agua residual.....	84
Figura 12. Características físicas del agua residual	84
Figura 13. pH del agua residual	85
Figura 14. Características químicas del agua residual.....	85
Figura 15. Coliformes fecales del agua residual.....	86

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1. Humedal de flujo superficial (HFS).....	25
Fotografía 2. Humedal de flujo subsuperficial horizontal (HAFSSH)	26
Fotografía 3. <i>Echinochloa polystachya</i> (Kunth) Hitchc	28
Fotografía 4. Morfología de la <i>Eichhornia crassipes</i> (Mart.) Solms	30
Fotografía 5. Recolección, etiquetado y refrigeración de la muestra de agua residual inicial.....	51
Fotografía 6. Aforo del agua residual	52
Fotografía 7. Recolección y etiquetado de la muestra de agua residual tratada. .	57
Fotografía 8. Instalación adecuada de chupones de agua en las celdas de los porcinos.....	66
Fotografía 9. Contaminación del aire, suelo, agua y proliferación de mosquitos .	66
Fotografía 10. Excavación y nivelación del terreno	78
Fotografía 11. Construcción de la losa de concreto de 0,15 m de espesor para impermeabilizar la superficie del suelo.....	79
Fotografía 12. Caja de retención de sólidos gruesos	79
Fotografía 13. Revestido del tanque de sedimentación	79
Fotografía 14. Revestido del humedal artificial-superficial	80
Fotografía 15. Revestido del humedal de flujo subsuperficial horizontal.....	80
Fotografía 16. Medio poroso granular de grava, gravilla, y arena	80
Fotografía 17. Siembra de <i>Echinochloa polystachya</i>	80
Fotografía 18. Siembra de <i>Eichhornia crassipes</i>	81
Fotografía 19. Puesta en marcha y funcionamiento del tratamiento físico biológico	81