



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS

“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE 2 BIOFILTROS CON *Eichhornia*

***crassipes* Y *Lemna minor* PARA LA EVALUACIÓN DE LA**

DEGRADACIÓN DE CONTAMINANTES EN AGUAS

RESIDUALES DE LA EXTRACTORA RÍO MANSO EXA S.A.

“PLANTA LA COMUNA”, QUININDÉ”

Trabajo de titulación presentado para optar el grado académico de:

INGENIERO EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

AUTORES: SARANGO ARAUJO ORNELA PIEDAD

SÁNCHEZ RAMÍREZ JOSÉ ARMANDO

TUTORA: DRA. JENNY MORENO

Riobamba-Ecuador

2016

© 2016 Ornela Piedad Sarango Araujo, José Armando Sánchez Ramírez

Se utiliza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS

El Tribunal de Trabajo de Titulación certifica que: El trabajo de investigación: **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE 2 BIOFILTROS CON *Eichhornia crassipes* Y *Lemna minor* PARA LA EVALUACIÓN DE LA DEGRADACIÓN DE CONTAMINANTES EN AGUAS RESIDUALES DE LA EXTRACTORA RÍO MANSO EXA S.A. “PLANTA LA COMUNA”, QUININDÉ”**, de responsabilidad de los señores egresados Ornela Piedad Sarango Araujo y José Armando Sánchez Ramírez , ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal de Trabajo de Titulación, quedando autorizado su presentación.

NOMBRE	FIRMA	FECHA
Dra. Jenny Moreno DIRECTORA TRABAJO DE TITULACIÓN	-----	-----
Dra. Yolanda Díaz MIEMBRO DEL TRIBUNAL	-----	-----

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Nosotros, Ornela Piedad Sarango Araujo y José Armando Sánchez Ramírez, declaramos que el presente trabajo de titulación es de nuestra autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como autores, asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación.

Riobamba, 21 de Marzo del 2016

Ornela Piedad Sarango Araujo
C.I. 070470420-4

José Armando Sánchez Ramírez
C.I. 172253348-4

Nosotros, Ornela Piedad Sarango Araujo y José Armando Sánchez Ramírez, somos responsables de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en el Trabajo de Titulación y el patrimonio intelectual del Trabajo de Titulación pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

ORNELA PIEDAD SARANGO ARAUJO
C.I. 070470420-4

JOSÉ ARMANDO SÁNCHEZ RAMÍREZ
C.I. 172253348-4

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Dios quién supo guiarme por el buen camino, darme fuerzas para seguir adelante y no desmayar ante los problemas, enseñándome a encarar las adversidades ni desfallecer en el intento. A mi familia por los cuales soy la persona que soy. Para mi padre Orlando, por su apoyo incondicional, comprensión, amor y consejos. A mi madre Piedad por tanta dedicación y sacrificio porque con su amor a guiado mi camino. A ambos por su ayuda con los recursos necesarios para estudiar y por haberme dado todo lo que soy como persona: mis principios, mi carácter, mi perseverancia y mi coraje para conseguir mis objetivos. A mis hermanos por estar siempre presente, en especial a Alex por acompañarme y apoyarme en este largo camino. A mis sobrinos quienes son mi motivación, inspiración y felicidad.

Ornela

Dedico este trabajo principalmente a Dios por permitirme haber llegado a este momento importante de mi formación profesional, a mis padres quienes me han dado su apoyo incondicional, mantener mi bienestar en cada momento y depositar su confianza entera en cada desafío.

A mi familia en general por su apoyo y palabras de aliento.

José

AGRADECIMIENTO

Un mensaje de gratitud profunda a nuestro Señor por ser guía en todo momento, a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo y su Facultad de Ciencias por abrir sus puertas y proporcionar conocimientos en nuestra formación académica, a nuestros docentes de manera especial a la Dra. Jenny Moreno nuestra paciente y dedicada directora del presente trabajo de titulación y de igual manera a nuestra colaboradora Dra. Yolanda Díaz por su apoyo.

Al Ing. Vicente Lazcano representante de la empresa Extractora EXA S.A “La Comuna”, por su apertura, a los amigos por el apoyo y a aquellas personas que han sido soporte y compañía durante todo el período de formación académica.

ÍNDICE GENERAL

DERECHOS DE AUTOR.....	ii
CERTIFICACIÓN.....	iii
DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD.....	iv
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD.....	v
DEDICATORIA.....	vi
AGRADECIMIENTO.....	vii
ÍNDICE GENERAL.....	viii
ÍNDICE DE ABREVIATURAS.....	x
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xi
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xii
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	xiii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xiv
RESUMEN.....	xv
SUMMARY.....	xvi
INTRODUCCIÓN.....	1
JUSTIFICACIÓN.....	3
CAPÍTULO I.....	5
1 MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.....	5
1.1 Biofiltros.....	5
1.1.1 Partes del biofiltro.....	5
1.1.1.1 Lecho filtrante.....	5
1.1.1.2 Plantas acuáticas.....	6
1.1.1.3 Microorganismos.....	7
1.1.2 Clasificación de biofiltros.....	7
1.1.2.1 Clasificación basada en el tipo de planta predominante.....	7
1.2 Mecanismos de Remoción de Contaminantes.....	11
1.2.1 Remoción de Sólidos suspendidos.....	11
1.2.2 Remoción de Nitrógeno.....	12
1.2.3 Remoción de Fósforo.....	12
1.2.4 Remoción de Demanda Bioquímica de Oxígeno.....	13
1.2.5 Remoción de metales.....	13
1.3 Aguas residuales.....	13
1.3.1 Características físicas, químicas y microbiológicas de las aguas residuales.....	14

1.3.1.1	Características físicas	14
1.3.1.2	Características químicas	15
1.3.1.3	Características biológicas	17
CAPÍTULO II		19
2	MARCO METODOLÓGICO	19
2.1	Lugar de Estudio.....	19
2.2	Tipo de Investigación	20
2.3	Metodología.....	21
2.3.1	Determinación y preparación de especies vegetales.....	21
2.3.2	Selección del material filtrante	21
2.3.3	Diseño y construcción de Biofiltros	22
2.3.4	Prueba de Adaptación de Plantas.....	25
2.3.5	Ajuste de pH.....	25
2.3.6	Pérdidas de agua por material.....	25
2.3.7	Muestreo y caracterización de agua residual	26
2.3.8	Pruebas de medición de caudal.....	27
2.3.9	Fase de Tratamiento	28
2.3.10	Limpieza de Biofiltros	28
2.3.11	Determinación de Porcentaje de degradación.....	28
CAPÍTULO III.....		29
3	MARCO DE RESULTADOS, ANÁLISIS Y DISCUSIÓN	29
CONCLUSIONES		42
RECOMENDACIONES		43
BIBLIOGRAFÍA.....		44
ANEXOS.....		49

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

mm	Milímetro
cm	Centímetro
°C	Grados Celsius
P	Fósforo
g	Gramo
Fe	Hierro
h	Hora
kg	Kilogramo
m	Metro
m²	Metro cuadrado
m³	Metro cúbico
msnm	Metros sobre el nivel del mar
N	Nitrógeno
%	Porcentaje
K	Potasio
pH	Potencial de hidrógeno
DBO₅	Demanda Bioquímica de Oxígeno
DQO	Demanda Química de Oxígeno
SS	Sólidos suspendidos
ST	Sólidos totales
mL	Mililitros
L	Litro
PVC	Policloruro de Vinilo
PO₄³⁻	Fosfato
H₂PO₄	Ácido metafosfórico
H₃PO₄	Ácido fosfórico
S1	Semana 1
S2	Semana 2
S3	Semana 3
S4	Semana 4

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A: Muestreo del agua residual	6
Anexo B: Construcción de biofiltros.....	7
Anexo C: Partes de Biofiltros	8
Anexo D: Recolección y establecimiento de especies vegetales	9
Anexo E: Retiro de las especies vegetales de los biofiltros después del tratamiento.....	10
Anexo F: Agua residual antes y después del tratamiento.....	11
Anexo G: Entrega de muestras al laboratorio	12
Anexo H: Resultados	13

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-3: Porcentaje de degradación de DQO de agua y Lechuguín	29
Gráfico 2-3: Porcentaje de degradación	30
Gráfico 3-3: Porcentaje de degradación de Fósforo Total	31
Gráfico 4-3: Porcentaje de degradación Nitrógeno Total	33
Gráfico 5-3: Porcentaje de Degradación de Hierro	34
Gráfico 6-3: Porcentaje de degradación Aceites y grasas	35
Gráfico 7-3: Porcentaje de degradación sólidos totales	36
Gráfico 8-3: Porcentaje de degradación sólidos suspendidos	37

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1-1: Clasificación de Biofiltros	8
Ilustración 2-1: Lechuguín	10
Ilustración 3-1: Lenteja de agua	11
Ilustración 4-2: Instalaciones Extractora Río Manso	20
Ilustración 5-2: Ubicación Extractora Río Manso.....	20

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-2: Coordenadas Extractora Río Manso	19
Tabla 2-2: Características de especies vegetales iniciales	21
Tabla 3-2: Pérdidas de agua por Material filtrante.....	26
Tabla 4-2: Parámetros y métodos para la caracterización del agua residual.....	27
Tabla 5-3: Concentraciones y porcentajes de remoción durante el tratamiento.....	39
Tabla 6-3: Comparación de concentraciones finales de los biofiltros y límites máximos permisibles tabla 10 Acuerdo 028.....	40
Tabla 7-3: Características de las especies vegetales al final del tratamiento	40
Tabla 8-3: Resultados de pH y Temperatura.....	41
Tabla 9-3: Tiempo de retención inicial de cada semana de tratamiento	41

RESUMEN

Se construyeron dos biofiltros con *Eichhornia crassipes* y *Lemna minor* utilizando arena, gravilla, grava y piedra pómez como lecho de soporte para tratar aguas residuales provenientes de la extractora Río Manso. Se realizó la caracterización inicial física, química y microbiológica del agua, se realizaron análisis en cada semana de tratamiento para determinar las concentraciones y porcentajes de remoción en ambos tratamientos para parámetros como: Demanda química de oxígeno DQO, Demanda bioquímica de oxígeno DBO₅, Aceites y grasas, Sólidos totales, Sólidos suspendidos, Nitrógeno total, Hierro, Fósforo total tomando en cuenta que estos son los parámetros con los que la empresa tiene problemas en su tratamiento. Cada uno de los biofiltros se conformó por un tanque de almacenamiento que permite el ingreso del agua hacia el biofiltro, un tanque de recolección y dos tubos de PVC perforados para facilitar la aireación. La operación se inició con un tiempo de retención de 28,5 horas Se realizó un ajuste de pH en el agua para la adaptación de las plantas. Se realizó la limpieza de los biofiltros una vez terminado el tratamiento además se recolectaron las especies vegetales para darle un potencial uso posterior como materia prima para la elaboración de compostaje. Se calcularon los porcentajes de degradación usando *Eichhornia crassipes* para DQO 89,24 %, DBO₅ 91,96 %, Aceites y grasas 91,58 %, Sólidos totales 95,87 %, Sólidos suspendidos 96,72 %, Fosforo total 96,34 %, Hierro 89,30 %, Nitrógeno total 95,68 %. *Lemna minor* para DQO 72,57 %, DBO₅ 73,36 %, Aceites y grasas 92,33 %, Sólidos totales 75,21 %. Se aplicó la prueba t - Student para determinar si existen diferencias significativas entre los porcentajes de degradación de *Eichhornia crassipes* y *Lemna minor* y se concluye que no existen diferencias significativas en los parámetros analizados. Se recomienda probar otras especies vegetales para determinar su eficiencia de remoción de estos contaminantes.

PALABRAS CLAVES: <BIOFILTRO>, <LECHUGUÍN [*Eichhornia crassipes*]>, <LENTEJA DE AGUA [*Lemna minor*]>, <AGUA RESIDUAL>, <LECHO DE SOPORTE>, <TIEMPO DE RETENCIÓN>, <PORCENTAJE DE DEGRADACIÓN>, <FITOREMEDIACIÓN>.

SUMMARY

This present research was carried out to design and make two biofilters with *Eichhornia crassipes* and *Lemna minor* using sand, grit mining, gravel and pumice as support bed to treat wastewater from extractor River Manso, the initial physical characterization, chemical, and water microbiology was conducted analyzes were performed on each week of treatment to determine the concentrations and percentages removal in both treatments for parameters such as: COD (chemical oxygen demand), (BOD₅), oils and fats, total solids, suspended solids, total nitrogen, iron, total phosphorus, taking into account that these are parameters that the Company has problems in their treatment. Each of the biofilter was formed by a storage tank that allows the entry of water into the biofilter, a collection tank and two PVC pipes perforated to facilitate aeration. The operation began with a retention time at 28.5 hours. ph adjustment was performed in water for plant adaptations. Biofilters cleaning were performed once treatment is completed; in addition, they were to the development of composting the degradation percentages using *Eichhornia crassipes* 89.24% for COD, BOD₅ 91.96%, 91.58% oils and fats, total solids 95.87%, 96.72% suspended solids were calculated, total phosphorus 96.34%, iron 89.30%, 95.68% total nitrogen. *Lemna minor* 72.57% for COD, BOD 73.36%, 92.33% oils and fats, total solids 75.21%. Student t-test is applied to determine whether there are significant differences between the percentages of degradation on *Eichhornia crassipes* and *Lemna minor* and concludes that there are no significant differences in the parameters analyzed. It is recommended to try other plant species for determining their efficiency motion of these pollutants.

Keywords:

<BIOFILTER>, LECHUGUIN (*Eichhornia crassipes*)>, <DUCKWEED (*Lemna minor*)>, <WASTEWATER>, <BEDDING SUPPORT>, <RETENTION TIME>, <PERCENTAGE DEGRADATION>, <PHYTOREMEDIATION>.

INTRODUCCIÓN

El agua es un recurso natural indispensable para el desarrollo y supervivencia de los seres vivos del planeta, pero con el tiempo disminuye debido a su demanda para la satisfacción de las necesidades humanas, la contaminación de este recurso es un problema que se agrava ya que se encuentra estrechamente relacionado con las diversas actividades humanas e industriales sumado a esto la falta de desarrollo tecnológico que permita un correcto desarrollo de estas actividades desde el punto de vista ambiental provocando la degradación de los ecosistemas acuáticos.

La Extractora Río Manso EXA S.A. “Planta La Comuna”, es una empresa ecuatoriana dedicada a la producción y venta de aceite rojo de palma, aceite de palmiste y sus subproductos, como torta de palmiste, compostaje a base de residuos del proceso de extracción; la actividad extractiva de aceite de palma africana es una de las industrias que provocan un alto impacto ambiental generando preocupación en autoridades y poblaciones.

Este panorama evidencia la necesidad de realizar una gestión de calidad del recurso, para lograr efectos positivos en el manejo eficiente del agua y de su tratamiento con el objetivo de mitigar el impacto sobre las fuentes de agua y mediante el uso responsable y su ahorro garantizar un abastecimiento futuro, pues, se trata de un recurso muy importante para el desarrollo de la vida. En la actualidad existen diferentes tratamientos para lograr este propósito, entre éstos se encuentra el uso de biofiltros.

Los antecedentes de estudios referentes al uso de Biofiltros para la depuración de agua fueron llevados a cabo por Seidel en 1952, en el instituto Max Plank de Alemania. Estos se construyeron con plantas como carrizo (*Phragmites Australis*), junco (*Joncus sp*) y totora (*Typha sp*). (Seidel, 1965, p. 3).

Los biofiltros son muy eficientes debido a su buena capacidad de remoción de contaminantes como Sólidos, DQO, DBO₅, fósforo, hierro y nitrógeno los mismos en los que se alcanza porcentajes de remoción aproximados al 90% además cuenta con una gran ventaja de ser relativamente económicos (Sanabria, 2010, p. 16).

Entre los años de 1970 y 1980 los estudios fracasaron debido a que se empleaba suelo como material granular el mismo que se saturaba al perder su permeabilidad original por la acumulación de sedimentos entre sus partículas, después de estas experiencias negativas se empezó a utilizar grava material presentó buenos resultados.

En el año 1985 los investigadores de Waterresearch Center en Alemania construyeron múltiples instalaciones y colocaron una pendiente al fondo de los biofiltros para favorecer la salida del agua tratada. En Latinoamérica se han desarrollado Biofiltros, investigadores Valderrama, Campos, Zapata N. han realizado la Evaluación del efecto del tratamiento con plantas acuáticas como *E. crassipes*, *Lemna sp.* y *L. laevigatum* en la remoción de contaminación fecal en aguas residuales, que durante un tiempo de doce días los tratamientos con las diferentes especies dieron resultados positivos frente a la remoción de DQO, fósforo, y coliformes fecales. (Cole, 1998, p. 3).

En Ecuador ya se han realizado algunas investigaciones entre ellos biofiltros a partir del raquis de banano para la remoción de la carga contaminante de las aguas residuales de la hacienda bananera EXOCEP S.A.

De igual forma se llevó a cabo el desarrollo de un Biofiltro con soporte de plástico para el tratamiento de aguas residuales de la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABÍ en el año 2013. Además se ha desarrollado una investigación en la ESCUELA POLITÉCNICA DEL LITORAL utilizando lechuguín para tratamiento de agua residual de la industria acuícola.

JUSTIFICACIÓN

Las Industrias extractoras de aceite consumen energía y utilizan materias primas en todo el proceso por lo que descargan componentes altamente contaminantes y empobrecen la calidad de los cuerpos de agua en los que son descargados.

En la actualidad la industria extractora de aceite al tener un compromiso con el ambiente le es importante buscar métodos que permitan solucionar con eficacia el problema y minimizar la contaminación.

En la Extractora Agrícola Río Manso La Comuna EXA S.A se monitorean periódicamente las aguas residuales, y a pesar de cumplir con la mayoría de los límites de los parámetros establecidos en la normativa específicamente con Acuerdo Ministerial No 028 tabla 10 límites de descarga a un cuerpo de agua dulce, sin embargo existen problemas el agua residual presenta parámetros como Demanda Bioquímica de Oxígeno, Demanda Química de Oxígeno, sólidos, hierro, fósforo total, nitrógeno total, aceites y grasas, con elevadas concentraciones incluso no cumpliendo con los límites permisibles al final del tratamiento; el mismo que consta de lagunas de oxidación ya que ha perdido su eficiencia de esta manera nace la necesidad de buscar otros métodos de tratamiento como biofiltros para comprobar su uso y eficacia frente a varios componentes que se generan en la Industria.

La importancia de la presente investigación radica en que por medio del uso de biofiltros con *Eichhornia crassipes* y *Lemna minor* se dará tratamiento a aguas residuales de la Extractora Río Manso EXA S.A. “Planta La Comuna” y en base a análisis comparativos de parámetros como Demanda Bioquímica de Oxígeno, Demanda Química de Oxígeno, sólidos, hierro, fósforo, nitrógeno total, aceites y grasas obtenidos a partir de tratamiento de los dos biofiltros, se determinará el más apropiado para complementar de la forma más adecuada el tratamiento que se realiza actualmente en la empresa.

OBJETIVOS

Objetivo General

- Diseñar y construir 2 biofiltros con *Eichhornia crassipes* y *Lemna minor* para evaluar la degradación de contaminantes en aguas residuales de la Extractora Río Manso EXA SA. “Planta La Comuna”.

Objetivos Específicos

- Realizar la caracterización física, química y microbiológica del agua residual de la Extractora Río Manso EXA SA. “Planta La Comuna”.
- Diseñar y construir 2 biofiltros con *Eichhornia crassipes* y *Lemna minor*.
- Determinar el Biofiltro con mayor eficiencia de remoción de los contaminantes.

CAPÍTULO I

1 MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

1.1 Biofiltros

Los biofiltros son sistemas que simulan a los humedales naturales en los cuáles el agua se depura de manera espontánea por ello también son conocidos como humedales artificiales, caracterizados por tener una pequeña profundidad y son rellenados con materiales porosos como lecho filtrante; sirviendo de soporte a las plantas que pueden encontrarse de forma fija o de forma flotante (Agencia Suiza para la Cooperación y el Desarrollo, 2006 a, p. 11).

“Los biofiltros tiene como base las siguientes funciones: la actividad bioquímica de microorganismos, el suministro de oxígeno a través de los vegetales y el soporte que ofrecen materiales porosos para el establecimiento de las plantas” (Delgadillo, et al., 2010a, p. 7).

1.1.1 Partes del biofiltro

1.1.1.1 Lecho filtrante

Tiene un desempeño fundamental en la reducción y eliminación de sólidos, el lecho filtrante suministra el área en donde se establece una biopelícula bacteriana que actúa en la descomposición de elementos contaminantes

Es necesario mencionar su importante papel, en el soporte para la vegetación generalmente se utiliza como lecho filtrante piedra, arena y grava los cuáles deben asegurar el adecuado funcionamiento de un biofiltro, para ello se debe realizar la correcta selección del material teniendo en cuenta aspectos importantes como son la granulometría, resistencia de los materiales frente al desgaste que provoca el agua residual que se desea tratar (Agencia Suiza para la Cooperación y el Desarrollo, 2006b, pp. 14-15).

La granulometría hace referencia a las proporciones en las que se encuentran las diversas partículas del suelo es decir, al contenido de grava, arena, limo o arcilla mientras que la porosidad se refiere al porcentaje de orificios que existe en un material sólido. (Espinoza, 2007, p. 130).

La Piedra pómez conocida también como pumita es una roca de origen volcánico cuya composición mayoritaria corresponde a sílice SiO_2 en un 70% y alúmina Al_2O_3 un 13%. Se caracteriza por tener alta porosidad aproximadamente un 90%, ligera, cuenta con una densidad que oscila entre 0,4 a 0,9 g/cm^3 , eficaz aislante térmico también es utilizado en la fabricación de filtros (Estadística Minera de España, 2003, p. 1).

Arena es un conjunto de partículas de rocas disgregadas, es un material compuesto de partículas cuyo tamaño va desde 0,063 hasta 2 milímetros. Generalmente el componente más común de la arena es sílice SiO_2 , aunque la composición puede variar dependiendo las condiciones propias de la roca (Espinoza, 2000, p. 130).

Grava al igual que la arena es de origen geológico, en donde por una serie de procesos climáticos las rocas se desintegran o descomponen en la naturaleza, también su origen es artificial cuando piedras como caliza, granito, basalto, dolomita y cuarzo pasan por un proceso de corte, éstas se encuentran en los lechos de los ríos y se caracterizan por tener un tamaño de 3 a 70 milímetros (Flores, 2014, p. 11).

1.1.1.2 Plantas acuáticas

Actúan como soporte de microorganismos y crean en sus proximidades ambientes propicios para el desarrollo de éstos. Se caracterizan por recibir los nutrientes minerales desde el agua y favorecer la transferencia de oxígeno desde las hojas hasta las raíces. Además absorben el carbono y nutrientes en sus tejidos.

Las plantas sumergidas capturan el oxígeno, dióxido de carbono, y minerales del agua, sin embargo al encontrarse sus partes fotosintéticas bajo el agua provoca que su desarrollo no sea óptimo sobre todo cuando el agua presenta elevada turbiedad (Delgadillo, et al., 2006b, p. 13).

Las raíces de las plantas soportan mayor población microbiana que el medio filtrante (Vanier & Dahab, 2001, p. 590).

1.1.1.3 *Microorganismos*

Los microorganismos, gracias a su capacidad metabólica, llevan a cabo el tratamiento biológico, principalmente la degradación de contaminantes que se encuentran en el agua residual de forma aerobia; en la parte superior del biofiltro, en donde existe la presencia de oxígeno procedente de la atmósfera, mientras que en el medio filtrante o granular se desarrollan los microorganismos facultativos y anaerobios.

Los microorganismos que principalmente se encuentran en la película biológica son bacterias, hongos, levaduras y protozoarios.

“Los microorganismos cumplen la función de transformar sustancias ya sean orgánicas e inorgánicas en sustancias inocuas, en muchos casos estos compuestos son liberados a la atmósfera” (Lara, 1999, p. 14).

1.1.2 *Clasificación de biofiltros*

1.1.2.1 *Clasificación basada en el tipo de planta predominante.*

- Biofiltros con macrófitas flotantes incluyen *Eichhornia crassipes* (lechuguín) y *lemna minor* (lenteja de agua).
- Enraizados: Sumergidas y emergentes.
- Biofiltros con macrófitas sumergidas como *Littorella uniflora* (hierba)
- Biofiltros con macrófitas emergentes, es decir, parte del follaje se encuentra sumergido mientras que sus flores y hojas se encuentran en la superficie; en las que se incluyen *Typha latifolia* (totoro) y *Phragmites Australis* (carrizo) (Vimazal, 1998, p. 19)

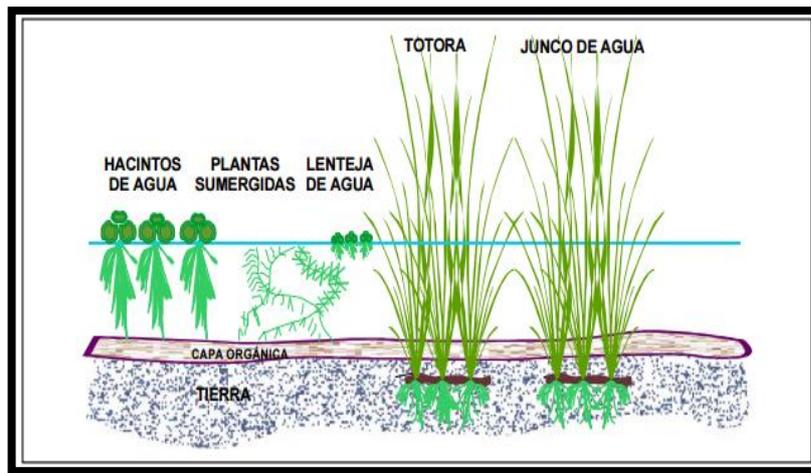


Ilustración 1-1: Clasificación de Biofiltros
 Fuente: (Vimazal, 1998)

- Biofiltros con macrófitas flotantes

Éstos consisten en depósitos de profundidad que varía entre 0,4-1,5 metros, que se alimentan con agua residual en los que se desarrolla una especie flotante en las que se incluyen lechuguín (*Eichhornia crassipes*) y lenteja de agua (*Lemna minor*). En cuanto a la reducción de sólidos se lleva a cabo por precipitación, además se provoca la retención en la sección radicular de las especies vegetales.

Este tipo de plantas presentan un alto contenido de Nitrógeno y Fósforo en sus tejidos, lo que las convierte en especies eficiente para reducir el nivel de nutrientes.; las macrófitas sirven filtro para optimizar los procesos físicos de separación de partículas (Valdés et al., 2005).

Además tienen una función muy importante como la asimilación directa de nutrientes especialmente Nitrógeno, Potasio y Fósforo y metales, los cuáles son extraídos del agua residual para posteriormente incorporarlos al tejido de las plantas (Cano, 2004, p. 19).

Existen tres grupos de elementos indispensables para la vida de las plantas macronutrientes: nitrógeno, fósforo cuya proporción en la composición de la planta es del orden de 1-2%, 0.1-1% del peso seco de la biomasa respectivamente, aunque estos valores pueden llegar al 7%. Es importante mencionar que existen otros elementos que no siendo indispensables son acumulados por algunas plantas, aspecto que se aprovecha para la biorremediación, que es la recuperación a través de procesos biológicos de áreas puntualmente contaminadas por actividades industriales como metales pesados, hidrocarburos. Micronutrientes: azufre, calcio, magnesio, cuya proporción es menor al 5%.

Oligoelementos: hierro, manganeso, boro, cobre, cinc, molibdeno, que son imprescindibles para la vida de las plantas, pero se encuentran en proporciones muy pequeñas de ppm en sus tejidos (Valdés et, 2005, p. 19).

También las macrófitas pueden ejercer una depuración directa por la absorción de metales pesados como compuestos eutrofizantes nitratos y fosfatos principalmente (Stengel en Soto et, 1999, p. 22).

Participan en la transferencia de oxígeno desde hojas y tallos hasta sus raíces por medio de un tejido poroso en la zona de tallos y hojas llamado aerénquima, se ha estimado que plantas macrófitas pueden transferir desde 0.02 y 12 gramos de oxígeno por metro cuadrado en un día (Brix, 1994, p. 4).

- Lechuguín (*Eichhornia crassipes*)

Es una especie acuática flotante es procedente de América del Sur con una altura de 0,5 hasta 1,5 metros, se distribuye generalmente por todas las regiones cálidas del mundo; una de las condiciones importantes para su crecimiento es la temperatura la misma que es favorable desde 20 a 30° C, su desarrollo puede verse afectado a 10° C incluso puede causar la muerte de la planta a temperaturas más bajas (Tanner, 1995, p. 25).

Tiene un rizoma ramificado que puede tener una longitud de 30 cm, los peciolos son gruesos de característica esponjosa lo que favorece la flotación, los tallos florales producen de 8 a 25 flores (Verdejo, et al., 2004, p. 2).

Tienen la capacidad de duplicar su tamaño en un período de tiempo de diez días y una planta puede reproducir 70.000 plantas hijas durante ocho meses (Jaramillo & Flores, 2002)

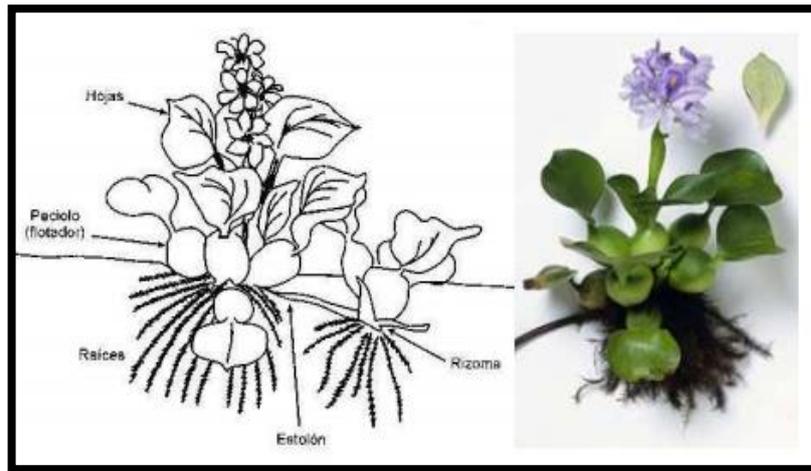


Ilustración 2-1: Lechuguín

Fuente: (Jaramillo & Flores, 2002)

Su reproducción ocurre por propagación vegetativa por medio estolones los cuales crecen desde base de la planta y dan lugar a la formación de nuevos brotes, además se pueden reproducir por medio de semillas, las cuáles son origen de nuevas plantas cuando las especies adultas han sido eliminadas.

Los estolones son una cadena de nudos y entrenudos en donde cada uno de los nudos tiene la capacidad de desarrollar hoja y raíces; desde las yemas axilares de las hojas, crecen los tallos vegetativos. Es muy importante en el tratamiento de aguas residuales con alto contenido de sólidos en suspensión, nitrógeno y fósforo (Curt, 2010, p. 102).

- Lenteja de agua (*Lemma minor*)

También denominada macrófita es una planta acuática que flota libre en aguas estancadas o ríos con un curso lento de agua, sus hojas son ovaladas y planas con un tamaño que varía de 0,1 cm a 2 cm, necesitan de una iluminación intensa; soportan cambios climáticos y la temperatura puede ser de 15 a 25°C, a pesar de ser una planta flotante no presenta tallo separado de las hojas y posee una fusión conocida como fronda (Universiy of Florida, 1990, p. 39).

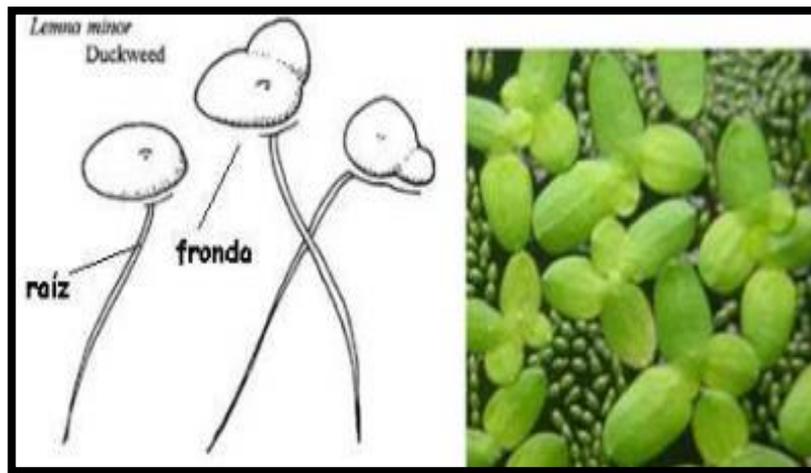


Ilustración 3-1: Lenteja de agua

Fuente: (Universite of Florida, 1990)

Son diminutas y su lámina es de color verde o verde amarillento que depende de la iluminación a la cual se encuentre expuesta, en la parte interna de la lámina que está en contacto con el agua presenta una o más raíces cortas, las cuales se introducen en el agua para obtener los nutrientes necesarios para su crecimiento, puede ser considerada como una plaga porque proliferan de una manera acelerada; pero resultan útiles en la nutrición para ciertos peces, como materia prima en la industria y en procesos de biorremediación (Mejía, 2013, p. 26).

Necesitan de luz abundante pero también soporta sombra, en cuanto a pH no tiene preferencias ya que puede soportar pH ácidos y básicos. Se reproducen por gemación es decir forman brotes muy pequeños que se separan y originan nuevas plantas. Cada planta pequeña produce hojas nuevas que desarrollan raíces. Se reproducen con mayor rapidez al aire libre y deben ser retiradas periódicamente (Curt, 2010, p. 104).

1.2 Mecanismos de Remoción de Contaminantes

1.2.1 Remoción de Sólidos

El lecho y las raíces de las plantas reducen la velocidad del agua además se produce un tamizado en los espacios intersticiales del lecho filtrante, y se promueve la formación de partículas de mayor tamaño y con ello sedimentación y precipitación (Job, et al., 1996, p. 12).

1.2.2 Remoción de Nitrógeno

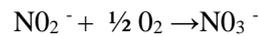
La remoción por los procesos físicos de filtración, sedimentación ocurre principalmente para la fracción de nitrógeno como constituyente asociado a sólidos en suspensión.

Los microorganismos desempeñan una función esencial se encargan de hidrolizar el nitrógeno y lo transforman en formas asimilables para las plantas; además la actividad de ciertas bacterias anaerobias conlleva a la desnitrificación, que consiste en la reducción del ion nitrato a nitrógeno gaseoso que es liberado hacia la atmósfera.

La nitrificación se produce en condiciones aerobias, el primer paso es la oxidación de iones amonio a nitrito.



Luego la transformación de nitrito a nitrato.



La desnitrificación es el paso final en la remoción de nitrógeno que ocurre bajo condiciones anóxicas, esto significa, que no hay oxígeno disuelto presente, pero donde el oxígeno está disponible en fuentes tales como el nitrato y nitrito.

Un amplio rango de bacterias anaeróbicas facultativas, siendo las más comunes *Pseudomonas sp.*, *Achromobacter sp.*, *Aerobacter sp.*, realizan el proceso.

Luego la conversión de nitrato a nitrito, seguida por la producción de óxidos de nitrógeno y gas nitrógeno.



1.2.3 Remoción de Fósforo

El fósforo presente en forma de sólidos se sedimenta en el fondo y puede adherirse en las superficies que forman las biopelículas. El fósforo puede presentarse en tres distintas formas: como ortofosfato, polifosfato y fosfatos.

Los compuestos como: (Fosfato) PO_4^{3-} , (Ácido metafosfórico) H_2PO_4 , (Ácido fosfórico) H_3PO_4 están disponibles para el metabolismo de las plantas pero a medida que las plantas mueren pueden liberar fósforo de manera que a largo plazo la remoción tiende a ser baja. (Gray, 1989, p. 17)

1.2.4 Remoción de Demanda Bioquímica de Oxígeno

La eliminación de la DBO particulada sucede de forma rápida gracias a la filtración y sedimentación en los espacios entre raíces y material poroso mientras que la DBO soluble es eliminada por microorganismos que crecen en la superficie del lecho de soporte, raíces y de las plantas. (Londoño & Lahora, 2009, p. 29)

1.2.5 Remoción de metales

Se presume que la remoción de los metales sea similar a la del fósforo, en la actualidad, la disponibilidad de datos es mínima acerca de estos mecanismos de remoción en los que se puede destacar la absorción, sedimentación, precipitación y asimilación de las plantas.

La adsorción está relacionada con la unión de las partículas y sustancias disueltas en zonas de la planta o a la superficie del lecho. En una reacción de intercambio catiónico, los iones metálicos positivamente cargados se unen a los sitios con carga negativa (Padillac, 2009, p. 56).

Existen diferencias y discrepancias en cuanto al funcionamiento de biofiltros de hecho no es totalmente comprendido, en diversos aspectos como dimensionamiento, operación, incluso la capacidad de depuración de las plantas; muchos autores aseveran que los resultados indican una eficiencia en la degradación en general de contaminantes con un 20% mayor en biofiltros con plantas en comparación a aquellos depósitos que no poseen plantas (Stearman, et al., 2003, p. 24).

1.3 Aguas residuales

Se denominan así a todas las aguas que han cambiado sus características iniciales, son el resultado del uso doméstico o industrial. Llamadas residuales puesto que constituyen un residuo y están compuestas por sustancias orgánicas e inorgánicas, los degradadores de la materia orgánica que están presentes en el agua residual son los microorganismos. Se las clasifica según su origen:

- Domésticas

También llamadas aguas negras, son aguas usadas para la higiene corporal, lavado de utensilios son básicamente aguas con jabón, residuos de aceites y grasas; son descargadas en las redes de alcantarillado también se puede incluir los residuos que producen los locales comerciales o establecimientos públicos.

- Industriales

Proceden de cualquier actividad de producción, transformación o manipulación que utilice el agua, se incluyen aguas de proceso, aguas de drenaje y líquidos residuales. Éstos se derivan directamente de la fabricación de diferentes productos, pueden ser disoluciones acuosas con diferente concentración. Es necesario un tratamiento previo de esta agua antes de su descarga ya que poseen un alto poder contaminante que varía según los agentes contaminantes que posea (Lara, 2011, p. 10).

1.3.1 Características físicas, químicas y microbiológicas de las aguas residuales

1.3.1.1 Características físicas

Las más importantes de las aguas residuales son el total de sólidos que engloba la materia en suspensión, materia sedimentable, materia disuelta y coloidal. Otras también importantes son el olor, color, temperatura, turbiedad y densidad (Metcalf & Eddy, 1995, p. 508).

- Sólidos totales

Se incluyen todos los sólidos existentes en las aguas residuales siendo un 50 % en promedio es orgánico, son sujetos a degradación y constituyen un requisito para una planta de tratamiento. Analíticamente se obtiene como residuo luego de someter el agua a un proceso de evaporación entre 103 y 105 °C (Cubillos, 2006, p. 8).

- Sólidos Suspendidos

Son visibles y flotan en las aguas residuales entre el fondo y la superficie. Pueden ser removidos por medios físicos o mecánicos por medio de procesos de sedimentación o filtración, dentro de

éstas se encuentran las grandes partículas que flotan y pueden ser arcilla, sólidos fecales, madera en descomposición y basura.

En su determinación son los sólidos que se retienen por acción del filtro, para después llevarlos a una temperatura entre 103 – 105 °C luego queda un residuo. Están compuestos por 70 % de sólidos orgánicos y 30 % de sólidos inorgánicos (Metcalf & Eddy, 1995b, p. 513).

- Temperatura

Parámetro importante para el control de las actividades biológicas ya que ésta es mayor cuando la temperatura es mayor (Eddy & Metcalf, 1995d, p. 545).

1.3.1.2 Características químicas

- Demanda Química de Oxígeno (DQO)

Parámetro analítico de contaminación, mide el material orgánico contenido en una muestra mediante la oxidación química. Es la cantidad de oxígeno que consume la porción de materia orgánica que se encuentra en las aguas residuales y que se necesita para descomponer esa materia sin la participación de microorganismos, sino por medio de la oxidación de materia orgánica a través de Dicromato de Potasio ($K_2Cr_2O_7$) en una solución de Ácido Sulfúrico (H_2SO_4) para convertirse en CO_2 y H_2O .

La DQO es un parámetro útil para la concentración orgánica en aguas residuales industriales tóxicas a la vida biológica y se puede realizar en tres horas (Londoño & Marín, 2009, p. 35).

- Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5)

Es la cantidad de oxígeno que requieren los microorganismos para estabilizar u oxidar la materia orgánica biodegradable en condiciones aerobias, permite determinar la cantidad de nutrientes que se encuentran a disposición para un sistema biológico. Este parámetro es el más usado para medir la calidad de aguas superficiales y residuales, para determinar la cantidad de oxígeno necesario para estabilizar biológicamente la materia orgánica del agua (Londoño & Marín, 2009b, p. 35).

En condiciones normales de laboratorio, se cuantifica a 20°C y se realiza a cinco días de incubación ya que en 5 días la DBO₅ es realizada en un 70% a 80% de la demanda (Metcalf & Eddy, 1995e, p. 508).

- Grasas y aceites

Este parámetro se debe considerar para la manipulación, tratamiento y disposición final tanto en aguas residuales como en lodos. Tienen escasa solubilidad en el agua y tienden a separarse de la fase acuosa, estas características pueden ser una ventaja ya que facilita su separación por medio del uso de trampas de grasa o unidades de flotación; su presencia dificulta el transporte por tuberías, su eliminación en unidades de tratamiento biológico y su disposición en aguas receptoras.

Las grasas y aceites generan muchos problemas en el tratamiento de aguas en consecuencia, el residuo separado en forma de nata de los tanques de sedimentación primaria es transferido a unidades de disposición en conjunto con los sólidos sedimentados. En los tanques de digestión de lodos los aceites y grasas se separan y flotan en la superficie formando capas gruesas de natas, tienen escasa solubilidad en el agua y un bajo peso específico generando problemas graves cuando los residuos de elevado contenido en grasa llegan a las alcantarillas (Universidad Nacional Abierta y a Distancia, 2009, p. 2).

- pH

Determina la cantidad de iones hidrógeno que están en el agua en un rango de 0 a 14, el primero cuando es muy ácido y 14 cuando es muy básico. Este parámetro es muy importante en la proliferación de microorganismos. En cualquier caso son perjudiciales para las cañerías, equipos de bombeo e impactan en los sitios de su disposición final (Orellana, 2005, p. 2).

- Nitrógeno total

En aguas residuales puede encontrarse en cuatro estados en oxidación: nitrógeno orgánico, nitrógeno amoniacal, nitritos y nitratos. El nitrógeno total es la suma del nitrógeno amoniacal más el nitrógeno orgánico; el nitrógeno amoniacal está presente en aguas residuales que son originarias de la deaminación de compuestos orgánicos nitrogenados y de la hidrólisis de úrea; y el orgánico incluye proteínas, ácidos nucleicos, péptidos y úrea (Londoño & Marín, 2009c, p. 39).

Las aguas que presentan una alta concentración de nitrógeno amoniacal y nitrógeno orgánico con poco nivel de nitrógeno en forma de nitritos y nitratos son poco seguras ya que existe una contaminación reciente, y una pequeña concentración de nitrógeno en forma de nitrato también se la considera insegura porque indica que el proceso de nitrificación ya se ha generado y puede haber una contaminación no reciente (Crites, et al., 2000, pp. 51-52).

- Fósforo

Está presente en aguas residuales en forma de ortofosfatos, polifosfatos y fósforo orgánico, los ortofosfatos provienen de la oxidación biológica. Elemento importante para la propagación de algunos organismos biológicos, las aguas con alto contenido de fósforo sean domésticas, agrícolas o industriales estimulan el crecimiento acelerado de organismos fotosintéticos generando la eutrofización en aguas (Londoño & Marín, 2009c, p. 32).

1.3.1.3 Características biológicas

Dependiendo de su concentración y composición pueden poseer una gran cantidad de organismos, también influyen en su presencia la temperatura y pH ya que cada organismo necesita valores determinados de estos parámetros para su desarrollo. La actividad de estos organismos se caracteriza por estabilizar y descomponer la materia orgánica (Espigares & Pérez, 1989a, p. 10).

- Bacterias

Pueden ser de origen fecal o bacterias existentes en procesos de biodegradación, son mayoritariamente microorganismos presentes en aguas residuales, se alimentan de varios componentes dando como resultado compuestos un poco más estables. Bacterias patógenas que pueden causar algunas enfermedades como disentería, tifoidea, cólera e infecciones intestinales.

La presencia de oxígeno es importante para la respiración tanto en bacterias saprófitas y bacterias patógenas, las bacterias aerobias son las que captan el oxígeno presente en el agua residual, al igual que la degradación que producen los sólidos orgánicos es el proceso conocido como descomposición aerobia, no produce malos olores; mientras que las bacterias anaerobias el oxígeno lo obtienen de la degradación de los sólidos inorgánicos y orgánicos, a este proceso se lo conoce como descomposición anaerobia produciendo malos olores. El grupo de bacterias facultativas se adapta tanto a las condiciones anaerobias como aerobias (Espigares & Pérez, 1989b, p. 10).

- Coliformes fecales

Es un subgrupo de los coliformes totales tienen forma de bastón miden de 0.0002-0.003 mm por 0.002 a 0.003 mm, son bacterias anaerobias facultativas, para evaluar la eficiencia de una planta de tratamiento de aguas residuales se usan los coliformes fecales y se recurre a los coliformes totales si no hay presencia de coliformes fecales.

La diferencia entre coliformes fecales y coliformes totales está en la tolerancia ya que pueden resistir elevadas temperaturas, los coliformes totales resisten temperaturas de 44,5 °C (Red Iberoamericana de Potabilización y Depuración del Agua, 2010, p. 226).

CAPÍTULO II

2 MARCO METODOLÓGICO

2.1 Lugar de Estudio

La investigación se llevó a cabo en las instalaciones de La Extractora Agrícola Río Manso EXA S.A “Planta la Comuna”, ubicada en el Kilómetro 12,5 vía Quinindé - Guayllabamba, provincia de Esmeraldas.

El clima es tropical, existen precipitaciones importantes durante el año, la temperatura media anual en Quinindé es 25.1 °C mientras que la precipitación es de 2297 mm al año. Además se debe mencionar que las temperaturas mensuales promedio en los meses en los que se desarrolló la investigación fueron 24,7 °C y 24,6 °C para los meses de octubre y noviembre respectivamente (Köppen & Geiger, 2015, p. 1).

Tabla 1-2: Coordenadas Extractora Río Manso

Latitud	00°20'00"N
Longitud	79°24'00"W
Altitud	176 msnm

Realizado por: (Sarango & Sánchez, 2015)



Ilustración 4-2: Instalaciones Extractora Río Manso
Realizado por: (Sarango & Sánchez, 2015)

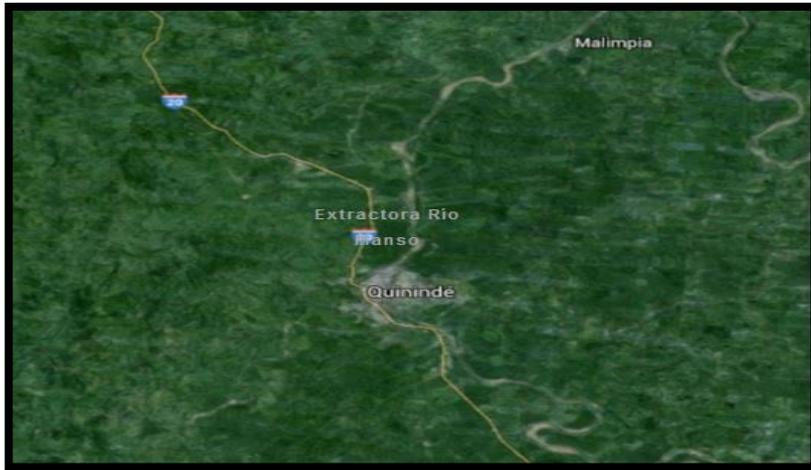


Ilustración 5-2: Ubicación Extractora Río Manso
Fuente: (Maps, 2015)

2.2 Tipo de Investigación

Es cuantitativa ya que por medio de análisis se determinan las concentraciones de contaminantes. Además es una investigación experimental porque se manipula la variable independiente, al momento de llevar a cabo el tratamiento del agua residual con los biofiltros, es descriptiva porque en el presente estudio se describe cómo se producen mecanismos de remoción durante el tratamiento del agua residual en los biofiltros.

2.3 Metodología

2.3.1 Determinación y preparación de especies vegetales

Se seleccionó las especies teniendo en cuenta varios criterios, entre ellos la disponibilidad de las plantas y que éstas sean propias del lugar de estudio de manera que se encuentren adaptadas a las condiciones climáticas.

Otro aspecto importante a tomar en cuenta es que las especies vegetales tengan una buena capacidad de depuración de contaminantes de aguas residuales lo que se verificó mediante revisión bibliográfica y por ello se seleccionaron lechuguín y lenteja de agua. Se seleccionaron plantas en etapa de crecimiento las cuáles presentan ventajas frente a plantas adultas como mayor asimilación de nutrientes y evita el riesgo de muerte de especies vegetales.

Además se tomó en cuenta que las plantas de la misma especie presenten similitud física como el mismo tamaño, el mismo número de hojas; posteriormente se realizó la limpieza de las plantas para eliminar sedimentos contenidos en las raíces de las plantas, el número de plantas se determina cubriendo la mitad de la superficie de forma que las plantas se encuentren apegadas y posteriormente se las separó tratando de que existan espacios uniformes entre cada planta, determinando así un total de 1056 lentejas de agua y en el otro biofiltro 16 lechuguines (Simmonds, 1979, p. 2).

Tabla 2-2: Características de especies vegetales iniciales

Especie	Longitud	Número de hojas	Número de plantas	Color
<i>Eichhornia crassipes</i>	25 cm	4	16	Verde
<i>Lemma minor</i>	1cm	1	1056	Verde

Realizado por: (Sarango & Sánchez, 2015)

2.3.2 Selección del material filtrante

La selección del material filtrante se realizó luego de una previa revisión bibliográfica verificándose que materiales como arena, grava, piedra pómez han sido utilizados en muchas investigaciones con buenos resultados y también tomando en cuenta su costo, pues, son materiales relativamente económicos; en cuanto a la preparación del material éste fué desinfectado mediante la utilización de autoclave durante 45 minutos aproximadamente con el objetivo de evitar una

potencial contaminación con compuestos químicos o microorganismos y posteriormente el material fué expuesto a la radiación solar por 24 horas.

2.3.3 Diseño y construcción de Biofiltros

El diseño se realizó en base a requerimientos hidráulicos tomando en cuenta criterios de diseño como se muestra a continuación (Darcy, 1996, pp. 4,5).

V = Volumen

Q = Caudal = 2 L/h = 2×10^{-3} m³/h

B = Ancho = 0.16

H = Altura = 0,66 m

L = Largo = 0,66 m

T = Tiempo de retención

I = Pendiente hidráulica = 0,5% = 5×10^{-3}

Kf = Conductividad Hidráulica = piedra pómez = 1500 m/hora

Kf = Conductividad Hidráulica = arena = 22,9 m/hora

Kf = Conductividad Hidráulica = grava = 229,16 m/hora

n = Porosidad arena = 29 %

n = Porosidad grava = 39 % (Comisión Nacional del Agua, 2012, p. 23)

n = Porosidad piedra pómez = 90% (Daily, 2010, p. 1).

Cálculo del área total del biofiltro

$$\text{Área total} = L \times H = 0,66 \text{ m} \times 0,66 \text{ m} = 0,43 \text{ m}^2$$

Cálculo del área del material filtrante

$$\text{Área de arena} = \frac{Q}{Kf \times I} = \frac{2 \times 10^{-3} \text{ m}^3 \text{ hora}}{22,9 \text{ m hora} \times 5 \times 10^{-3}} = 0,017 \text{ m}^2$$

$$\text{Área de grava} = \frac{Q}{Kf \times I} = \frac{2 \times 10^{-3} \text{ m}^3 \text{ hora}}{229,16 \text{ m hora} \times 5 \times 10^{-3}} = 0,0017 \text{ m}^2$$

$$\text{Área de piedra pómez} = \frac{Q}{Kf \times I} = \frac{2 \times 10^{-3} \text{ m}^3 \text{ hora}}{1500 \text{ m hora} \times 5 \times 10^{-3}} = 0,00026 \text{ m}^2$$

$$\text{Área del material filtrante} = 0,017 \text{ m} + 0,0017 \text{ m} + 0,00026 \text{ m} = 0,019 \text{ m}^2$$

Cálculo volumen total del biofiltro

$$V = L \times B \times H = 0,66 \text{ m} \times 0,16 \text{ m} \times 0,66 \text{ m} = 0,069 \text{ m}^3 = 69 \text{ L}$$

Cálculo del volumen del material filtrante

$$\text{Volumen arena} = L \times B \times H \times n = 0,66 \text{ m} \times 0,16 \text{ m} \times 0,05 \text{ m} \times 0,29 = 0,00153 \text{ m}^3$$

Cantidad de arena

$$\text{densidad} = \frac{\text{masa}}{\text{volumen}} = \text{masa} = 1990 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \times 0,00153 \text{ m}^3 = 3,05 \text{ Kg}$$

$$\text{Volumen gravilla} = L \times B \times H \times n = 0,66 \text{ m} \times 0,16 \text{ m} \times 0,01 \text{ m} \times 0,25 = 0,000264 \text{ m}^3$$

Cantidad de gravilla

$$\text{densidad} = \frac{\text{masa}}{\text{volumen}} = \text{masa} = 2850 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \times 0,000264 \text{ m}^3 = 0,75 \text{ Kg}$$

$$\text{Volumen grava} = L \times B \times H \times n = 0,66 \text{ m} \times 0,16 \text{ m} \times 0,04 \text{ m} \times 0,39 = 0,00164 \text{ m}^3$$

Cantidad de grava

$$\text{densidad} = \frac{\text{masa}}{\text{volumen}} = \text{masa} = 2000 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \times 0,00164 \text{ m}^3 = 3,28 \text{ Kg}$$

$$\begin{aligned} \text{Volumen piedra pómez} &= L \times B \times H \times n = 0,66 \text{ m} \times 0,16 \text{ m} \times 0,025 \text{ m} \times \\ &0,90 = 0,00237 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Cantidad de piedra pómez

$$\text{densidad} = \frac{\text{masa}}{\text{volumen}} = \text{masa} = 625 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \times 0,00237 \text{ m}^3 = 1,48 \text{ Kg}$$

$$\begin{aligned} \text{Volumen del material filtrante} &= 0,00153 \text{ m}^3 + 0,000264 \text{ m}^3 + 0,00164 \text{ m}^3 + \\ &0,00237 \text{ m}^3 = 0,0058 \text{ m}^3 = 5,8 \text{ L} \end{aligned}$$

Cálculo tiempo de retención

$$T = \frac{V_{\text{útil}}}{Q} = \frac{57 \text{ L h}}{2L} = 28,5 \text{ horas}$$

Se construyeron dos biofiltros de plástico con una altura de 0,66 metros, ancho 0,16 metros, longitud de 0,66 metros; además cada uno tiene un tanque en la parte superior para el almacenamiento y suministro del agua residual, estos tanques tienen una capacidad de 60 litros los que están conectados con un codo este a una manguera de ½ pulgada la cual a su vez se conecta con un codo y manguera perforada ubicada de forma horizontal que permita una distribución uniforme del transporte del agua en los biofiltros.

Se ubicaron dos tubos de forma vertical perforados para favorecer la aireación de los materiales filtrantes en cada uno de los biofiltros, en el fondo de los biofiltros se colocó una válvula para la salida del agua tratada.

Luego se colocó el material filtrante: una capa de arena con una altura de 5cm de diámetro 2 mm, aquí se ubicó una malla con el objetivo de evitar el arrastre de la arena hacia el fondo del biofiltro, luego una capa de gravilla de diámetro de 3mm con una altura de 1 cm y una capa de grava de 4 cm con 12 mm de diámetro, una capa de piedra pómez en bloque con un espesor de 2,5 cm en orden descendente (Organización Panamericana de la Salud, 2005, p. 12)

Materiales:

4 tanques de plástico de 60 litros

2 recipientes de plástico transparente de 69 litros

4 codos

1 neplo

Manguera de ½ pulgada

Tubos de PVC de ½ pulgada

6,1 Kg de arena

1,5 Kg de gravilla

6, 56 Kg de grava

2,96 Kg de piedra pómez

16 Plantas de lechuguín

1056 Plantas de lenteja de agua

2.3.4 Prueba de Adaptación de Plantas

Se realizaron pruebas para observar la reacción de las plantas y su adaptación al agua residual se observó que las lentejas de agua no presentaron ninguna alteración mientras que las plantas de lechuguín se marchitaron en un periodo de tres días, esto ocurrió debido a que estas especies se desarrollan en ambientes acuáticos con un pH neutro por lo que se decidió ajustar el pH ya que el mismo que presentó el agua residual fue 4,78.

Materiales:

5 plantas de lechuguín

300 plantas de lenteja de agua

2 recipientes de plástico

2.3.5 Ajuste de pH

Se determinó un pH de 4,78, por ello fué necesario realizar su ajuste con el fin de mejorar la capacidad de aceptación de las plantas y con ello alcanzar una mejor eficiencia. Se hizo esta prueba basándose en otras ya realizadas por personal de la empresa de 150 g por litro de agua residual para llevar a un pH neutro.

$$\begin{aligned} 150 \text{ g de cal} &\rightarrow 1 \text{ L agua} \\ x &\rightarrow 57 \text{ L agua} = 8550 \text{ g} = 8,55 \text{ Kg} \end{aligned}$$

2.3.6 Pérdidas de agua por material

Para la determinación de pérdidas de agua por material filtrante se tomaron las capas por separado de arena, grava y piedra pómez, por las que se hizo pasar un caudal de 2 L/h, esta actividad por un periodo de tres horas. Evidenciándose que en los tres materiales existió retención en la primera hora mientras que en la segunda y tercera hora ya no existió pérdidas de agua debido a que estos materiales pierden su capacidad de retención de agua después de la primera hora.

Tabla 3-2: Pérdidas de agua por Material filtrante

Material	Hora 1	Hora 2	Hora 3
Arena	200 mL	----	----
Grava	70 mL	----	----
Piedra pómez	40 mL	----	----

Realizado por: (Sarango & Sánchez, 2015)

2.3.7 Muestreo y caracterización de agua residual

Se realizaron tres muestreos simples de 39,3 litros durante un día, el primero a las 9 de la mañana, el segundo a la 1 de la tarde y el tercero 5 de la tarde dando un total de 118 litros con el fin de obtener una muestra representativa, el muestreo se realizó en la salida de la trampa de grasas, se enjuagó el recipiente de plástico con el agua a analizar y se recolectaron 3 litros para la caracterización física, química y microbiológica del agua y fué transportado en refrigeración hacia el laboratorio antes de las 24 horas posteriores al muestro. Para el análisis microbiológico se tomó la muestra en un frasco estéril de 100mL.

Materiales:

1 recipiente de 10 litros

3 canecas de 20 Litros

1 Botella de plástico de 3 Litros

1 Frasco estéril de 100 mL

pH metro

Cooler

Hielo

Termómetro

Tabla 4-2: Parámetros y métodos para la caracterización del agua residual

Parámetro	Método/Norma
DQO	PEE/LABCESTTA/09 Standard Methods No. 5220 D
DBO ₅	PEE/LABCESTTA/46 Standard Methods No. 5210 B
Aceites y grasas	PEE/LABCESTTA/42 Standard Methods No. 5220 B
Sólidos totales	PEE/LABCESTTA/10 Standard Methods No. 2540 B
Sólidos suspendidos	PEE/LABCESTTA/13 Standard Methods No. 2540 D
Fósforo total	PEE/LABCESTTA/21 Standard Methods No. 4500-P B5/APHA 4500-PC
Hierro	PEE/LABCESTTA/35 Standard Methods No. 3500-Fe B 3030-E3111-B
Nitrógeno total	PEE/LABCESTTA/210 Standard Methods No. 4500-Norg C
Coliformes fecales	PEE/LABCESTTA/48 Standard Methods No. 9222 D Y 9222 I

Fuente: CESTTA

Realizado por: (Sarango & Sánchez, 2015)

2.3.8 Pruebas de medición de caudal

Se realizaron mediciones de caudal de entrada y salida del biofiltro mediante la regulación de apertura de las válvulas logrando un caudal de 2 L/hora.

Materiales:

2 Biofiltros

Cronómetro

2 recipientes

6 Litros de agua

2.3.9 Fase de Tratamiento

Una vez instalados los biofiltros con sus respectivos tanques de distribución y recolección se realizó el tratamiento del agua residual a partir del 11 de octubre del 2015, el 18 de octubre del 2015 se recolectaron las muestras a la salida de los biofiltros para la caracterización correspondiente a los primeros 7 días de tratamiento; actividad que se realizó también el 25 de octubre del 2015 que corresponde a la segunda caracterización del tratamiento, 3 de noviembre del 2015 correspondiente a la tercera caracterización y 10 de noviembre del 2015 la caracterización final. La circulación del agua residual se realizó de forma manual y además se realizó la medición de la pérdida total de agua en cada muestreo lo cual se indica en la sección del diseño.

2.3.10 Limpieza de Biofiltros

Terminado el proceso de tratamiento es conveniente realizar una adecuada limpieza la cual inició con el retiro o cosecha de las macrófitas flotantes que se recolectaron para darle uso posterior como materia prima para la elaboración de compostaje existiendo además otras opciones de uso como alimento para animales y producción de biogas (Instituto de la Universidad de Buenos Aires, 2013, p. 10).

Se lavaron los tanques de distribución con agua después se retiró la capa de arena y se lavó por separado, con los tanques limpios se los utilizó para hacer fluir 5 litros de agua hacia los biofiltros, las válvulas de salida permanecieron cerradas por 30 minutos, este proceso se realizó dos veces.

2.3.11 Determinación de Porcentaje de degradación

Se realizó la determinación de la eficiencia de los biofiltros para cada parámetro por medio de la ecuación que a continuación se señala (Cano & Palacios, 2013, p. 56). Los cálculos se realizaron en el programa Excel, los resultados se observan en la tabla 5-3

$$\% \text{ Degradación} = \frac{\text{Concentración inicial} - \text{Concentración final}}{\text{Concentración inicial}} \times 100$$

CAPÍTULO III

3 MARCO DE RESULTADOS, ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

De los resultados de la caracterización física, química y microbiológica del agua residual de la Extractora Río Manso se tuvo en cuanto DQO una concentración inicial de 28800 mg/ L, para lenteja de agua (*Lemma minor*) durante las cuatro semanas de tratamiento se tiene una variación progresiva en cuanto al porcentaje de degradación, en la primera semana se alcanzó un porcentaje de 20,21% y de 46,53%, 68,4% y 72,57% respectivamente en las siguientes semanas de tratamiento.

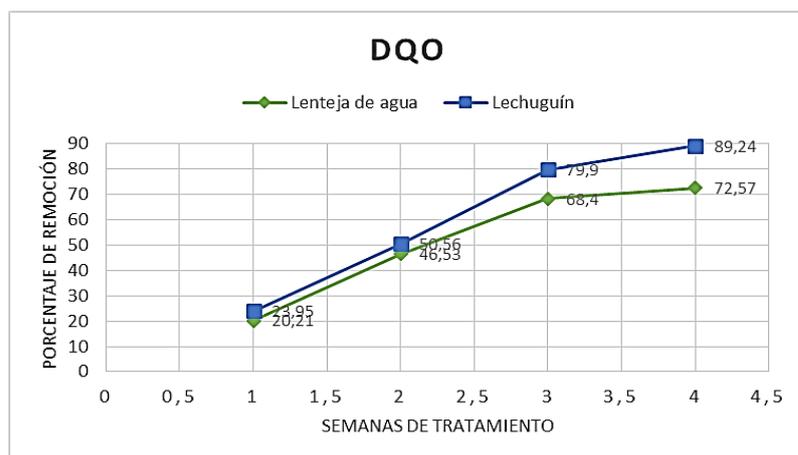


Gráfico 1-3: Porcentaje de degradación de DQO de agua y Lechuguín
Realizado por: (Sarango & Sánchez, 2015)

En cuanto DQO presentó una concentración inicial de 28800 mg/ L, para lechuguín (*Eichhornia crassipes*) durante las cuatro semanas de tratamiento se obtuvo una variación progresiva en cuanto al porcentaje de degradación en la primera semana se alcanzó un porcentaje de 23,96% y de 50,56%, 79,9% y 89,24% respectivamente en las siguientes semanas de tratamiento. Alcanzando una concentración final de 7900 mg/L con tratamiento de lenteja de agua mientras que con lechuguín 3100 mg/L lo que indica que no se cumple con el límite máximo permisible establecido para descarga a cuerpos de agua dulce según consta en el Acuerdo Ministerial N° 028 el mismo que es 200 mg/L. (Tabla 6-3)

Analizando el gráfico 1-3 el comportamiento en la variación de los porcentajes de degradación fué similar en ambos casos lo que se corrobora con los valores obtenidos de 72,57 % y 89,24 % de acuerdo a información bibliográfica este es un comportamiento característico, pues hasta la tercera semana se observó un incremento en el proceso de degradación en ambos tratamientos y a partir de esta semana se apreció una estabilización de la actividad, debido a que las plantas entraron en una etapa de marchitamiento con la consecuente pérdida de actividad posterior.

En investigaciones realizadas por Ramírez y Sierra en tratamientos de agua residual doméstica en Universidad Popular del Cesar Colombia en el año 2010 empleando *lemna minor* se han alcanzado resultados de remoción para DQO en un 80.92% y un estudio realizado por Valderrama con lechuguín en la Pontificia Universidad Javeriana de Bogotá en al año 2010 en donde alcanzó reducciones de DQO de 83% en aguas residuales domésticas; relacionando estos valores con los resultados obtenidos en la presente investigación, con aguas residuales industriales, cuyos valores son 72,57 % para lenteja de agua y 89,24 % lechuguín respectivamente, si bien los valores no son iguales pero son muy semejantes lo que confirma que estas especies presentan una buena capacidad de remoción para estos parámetros en estos dos tipos de aguas residuales que son diferentes, lo que hace recomendable la utilización de estas especies para estos parámetros.

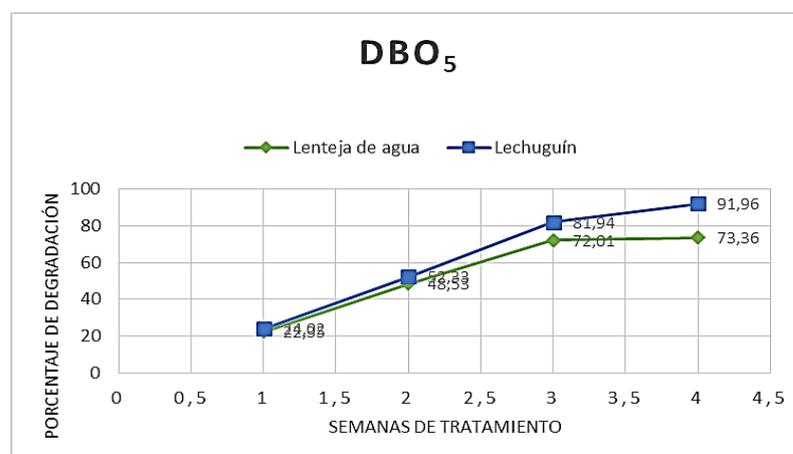


Gráfico 2-3: Porcentaje de degradación

Realizado por: (Sarango & Sánchez, 2015)

En cuanto a DBO_5 presentó una concentración inicial de 11076 mg/ L, para lenteja de agua (*Lemma minor*) durante las cuatro semanas de tratamiento se tuvo una variación progresiva en cuanto al porcentaje de degradación, en la primera semana se alcanzó un porcentaje de 22,36% y 48,54%, 72% y 73,36% respectivamente en las siguientes semanas de tratamiento.

Para lechuguín (*Eichhornia crassipes*) durante las cuatro semanas de tratamiento se observó un ascenso en cuanto al porcentaje de degradación, en la primera semana se alcanzó un porcentaje de 24,01% y de 52,3%, 81,9% y 91,96% respectivamente en las siguientes semanas de tratamiento. (Tabla 5-3).

Alcanzando una concentración final de 2950 mg/L con tratamiento de lenteja de agua mientras que con lechuguín 890 mg/L lo que indica que no se cumple con el límite máximo permisible establecido para descarga a cuerpos de agua dulce según consta en el Acuerdo Ministerial N° 028 el mismo que es 100 mg/L.(Tabla 6-3).

Los resultados obtenidos en esta determinación se deben a la necesidad de renovar las plantas agotadas, mejorar la aireación para aumentar la disponibilidad de oxígeno en el medio y con ello aumentar la eficiencia del proceso.

Según revisión bibliográfica en una investigación similar de tratamiento de aguas residuales domésticas realizada en Colombia por Juan Pablo Rodríguez en el año 2009 utilizando lenteja de agua presentó alrededor de un 60% de remoción, mientras que para lechuguín presentó resultados de remoción para DBO5 de 86%, estos porcentajes son muy similares a los que se observó en la presente investigación relacionando estos valores con los resultados obtenidos en la presente investigación, con aguas residuales industriales, cuyos valores son 73,36% para lenteja de agua y 91,96% lechuguín respectivamente. Si bien los valores no son coincidentes, sin embargo son comparables; confirmando la buena capacidad de remoción, para los parámetros analizados, que estas especies presentan en estos dos tipos de aguas residuales completamente diferentes, lo que demuestra las ventajas de su utilización para tratamientos de este tipo.

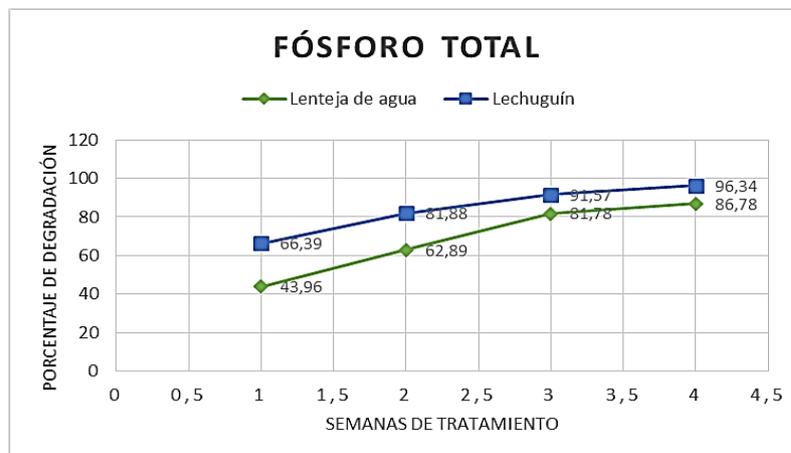


Gráfico 3-3: Porcentaje de degradación de Fósforo Total
Realizado por: (Sarango & Sánchez, 2015)

De los resultados de la caracterización del agua residual de la Extractora Río Manso se tuvo en cuanto a Fósforo Total una concentración inicial de 232,42 mg/L, para lenteja de agua (*Lemna minor*) durante la primera semana de tratamiento se determinó un porcentaje de degradación de 43,95 % y en la última semana 86,77 %.

Durante el tratamiento correspondiente al lechuguín (*Eichhornia crassipes*) se determinó el porcentaje de degradación en la primera semana de tratamiento de 66,38 % y la última semana 96,34 %.(Tabla 5-3).

De esta manera la concentración final de 30,73 mg/L con tratamiento de lenteja de agua mientras que con lechuguín 8,5 mg/L, lo que indica que no se cumple con el límite máximo permisible con el tratamiento de lenteja de agua mientras que con lechuguín se determinó mejor eficiencia y si se cumple con el límite de descarga a cuerpos de agua dulce según consta en el Acuerdo Ministerial N° 028 el mismo que es 10 mg/L. (Tabla 6-3).

Analizando el gráfico 3-3 el comportamiento en la variación de los porcentajes de degradación fué similar en ambos casos lo que se corrobora con los valores obtenidos. (Tabla 5-3).

Se observó hasta la tercera semana un incremento en el proceso de degradación en ambos tratamientos y a partir de esta semana existió ya un incremento mínimo en la remoción debido a que las plantas entraron a una etapa de marchitamiento y con ello perdieron la capacidad de asimilación de este elemento.

Según revisión bibliográfica en una investigación de tratamiento de aguas residuales domésticas utilizando lenteja de agua y lechuguín realizada por Martelo y Lara en la Pontificia Universidad Javeriana de Bogotá en el año 2012, se obtuvieron resultados de remoción para Fósforo Total superiores al 90%, relacionando con los resultados obtenidos en la presente investigación se obtuvieron resultados de remoción con lenteja de agua 86,78 % y lechuguín 96,34% para Fósforo Total, demostrando así resultados eficientes para aguas residuales industriales y domésticas con presencia de este nutriente; lo que indica que se podría emplear estas especies para tratar aguas de industrias de detergentes que emplean sales de fósforo como aditivos para estos compuestos.

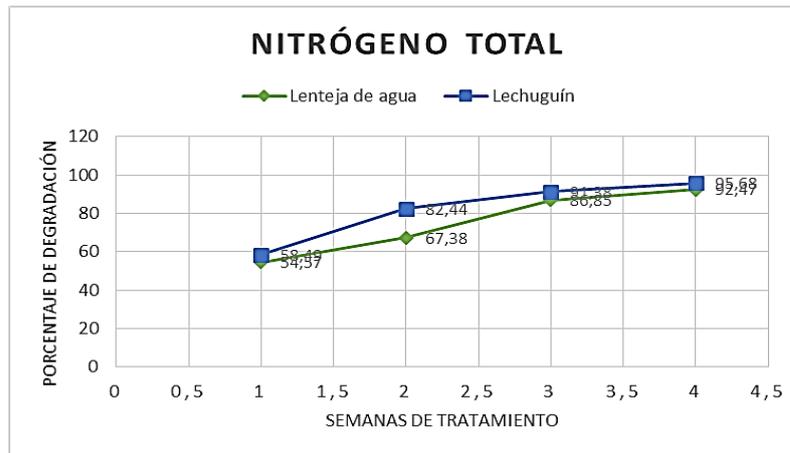


Gráfico 4-3: Porcentaje de degradación Nitrógeno Total
Realizado por: (Sarango & Sánchez, 2015)

Nitrógeno Total presentó una concentración inicial de 935,09 mg/L, para lenteja de agua (*Lemma minor*), durante la primera semana de tratamiento se determinó un porcentaje de degradación de 54,57 % y en la última semana 92,47 %.

Durante el tratamiento correspondiente al lechuguín (*Eichhornia crassipes*) se determinó un porcentaje de degradación en la primera semana de tratamiento de 58,49 % y la última semana 95,68 %. (Tabla 5-3).

De esta manera, la concentración final de 70,04 mg/L con tratamiento de lenteja de agua mientras que con lechuguín 40,4 mg/L, indica que no se cumple con el límite máximo permisible con el tratamiento de lenteja de agua mientras que con lechuguín se determinó mejor eficiencia y si se cumple con el límite de descarga a cuerpos de agua dulce según consta en el Acuerdo Ministerial N° 028 el mismo que es 50 mg/L. (Tabla 6-3).

Analizando el gráfico 4-3 el comportamiento en la variación de los porcentajes de degradación es similar en ambos casos lo que se corrobora con los valores obtenidos. (Tabla 5-3).

Se observó que en la primera semana existe un alto porcentaje de degradación, esto se manifestó hasta la tercera semana en ambos tratamientos y a partir de ésta se observó un incremento mínimo en la remoción debido a que las plantas se encontraron en una etapa de marchitamiento y consecuentemente disminuye su capacidad de asimilación de este elemento.

Según revisión bibliográfica en una investigación de tratamiento de aguas residuales domésticas en la Pontificia Universidad Javeriana de Bogotá utilizando lenteja de agua y lechuguín realizada por Martelo y Lara en el año 2012, se obtuvieron resultados de remoción para Nitrógeno Total superiores al 90% de remoción, relacionando con los resultados obtenidos en la presente

investigación se obtuvieron resultados de remoción con lenteja de agua de 92,47 % y con lechuguín 95,68 %, demostrando así resultados más eficientes para aguas residuales industriales en comparación a la investigación mencionada.

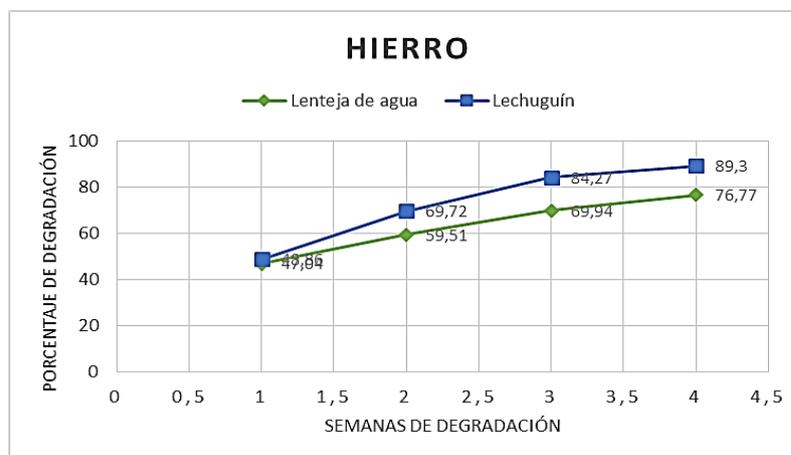


Gráfico 5-3: Porcentaje de Degradación de Hierro

Realizado por: (Sarango & Sánchez, 2015)

Respecto a Hierro presentó una concentración inicial de 71,79 mg/L, para lenteja de agua (*Lemma minor*), durante la primera semana de tratamiento se determinó un porcentaje de degradación de 47,04 % y en la última semana 76,77 %.

Durante el tratamiento correspondiente al lechuguín (*Eichhornia crassipes*) se determinó un porcentaje de degradación en la primera semana de tratamiento de 48,86 % y la última semana 89,3 %. (Tabla 5-3).

De esta manera la concentración final es de 16,68 mg/L con tratamiento de lenteja de agua, mientras que con lechuguín 7,68 mg/L, lo que indica que no se cumple con el límite máximo permisible con el tratamiento de lenteja de agua mientras que con lechuguín se determinó mejor eficiencia y si se cumple con el límite de descarga a cuerpos de agua dulce según consta en el Acuerdo Ministerial N° 028 el mismo que es 10 mg/L. (Tabla 6-3).

Analizando el gráfico 5-3, es posible apreciar la variación del comportamiento de los porcentajes de degradación, también son similares en ambos casos de acuerdo con los valores obtenidos. (Tabla 5-3).

Se observó que en la primera semana existió un alto porcentaje de degradación, esto se manifestó hasta la tercera semana en ambos tratamientos y a partir de esta se observó un incremento mínimo en la remoción debido a que las plantas manifestaron marchitamiento y con ello la pérdida de capacidad de remoción.

Los resultados son concordantes con los obtenidos en una investigación de revisión bibliográfica sobre el tratamiento de aguas residuales industriales de una empresa de productos galvanizados utilizando lenteja de agua y lechuguín realizada por Norelys y Montilla en Barquisimeto Venezuela, donde los resultados de remoción para Hierro fueron aproximadamente el 90% relacionando con los resultados obtenidos en la presente investigación se obtuvieron resultados de remoción con lenteja de agua 76,77 % y 89,3 % con lechuguín, confirmando así que las dos especies utilizadas presentan una buena eficiencia también como agentes de remoción de este elemento.

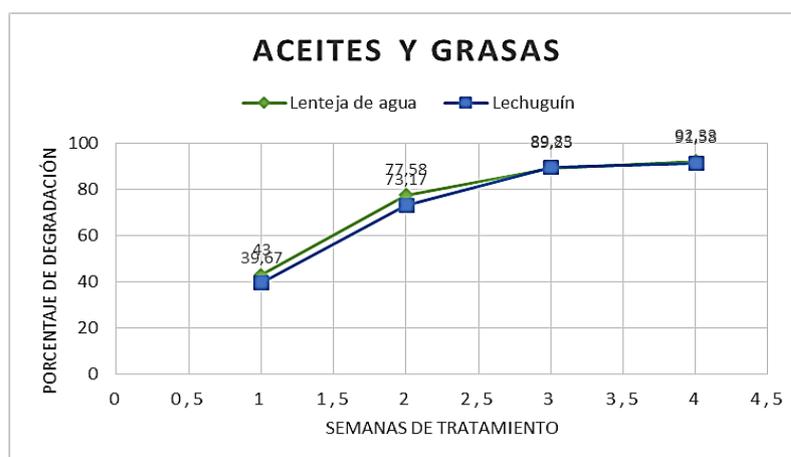


Gráfico 6-3: Porcentaje de degradación Aceites y grasas
Realizado por: (Sarango & Sánchez, 2015)

En cuanto a aceites y grasas presentó una concentración inicial de 120 mg/ L, para lenteja de agua (*Lemma minor*), durante la primera semana de tratamiento se determinó un porcentaje de degradación de 43 % y en la última semana 92,333 %. En el tratamiento correspondiente al lechuguín (*Eichhornia crassipes*) se determinó el porcentaje de degradación en la primera semana de tratamiento de 39,66 % y la última semana 91,58 %. (Tabla 5-3).

De esta manera la concentración final es de 9,2 mg/L con tratamiento de lenteja de agua mientras que con lechuguín 10,1 mg/L, lo que indica que se cumple con el límite máximo permisible tanto con el tratamiento de lenteja de agua como lechuguín con el límite de descarga a cuerpos de agua dulce según consta en el Acuerdo Ministerial N° 028 el mismo que es 30 mg/L. (Tabla 6-3).

Observando el Gráfico 6-3 sobre el comportamiento y la variación de los porcentajes de degradación también son similares en ambos casos.

Se observó que en la primera semana existe un alto porcentaje de degradación esto se manifestó hasta la tercera semana en ambos tratamientos y a partir de esta semana se observó un incremento mínimo en la remoción como en el caso anterior, debido a que las plantas se marchitaron y redujeron la capacidad de asimilación y con ello su actividad .

Según investigaciones reportadas en bibliografía sobre el tratamiento de aguas residuales industriales para remoción de aceites y grasas utilizando un consorcio bacteriano con *Pseudomonas*, *Bacillus* y *Enterobacter* realizado por González en la Universidad de Carabobo, Valencia Venezuela en el año 2012, se obtuvieron resultados de remoción de 91% durante 21 días; relacionando esto con los resultados obtenidos en la presente investigación en la que se obtuvieron resultados de remoción con lenteja de agua 92,333 % y 91,58 % con lechuguín, se determina que ambos tratamientos son adecuados y pueden ser complementarios para estudiar este parámetro.

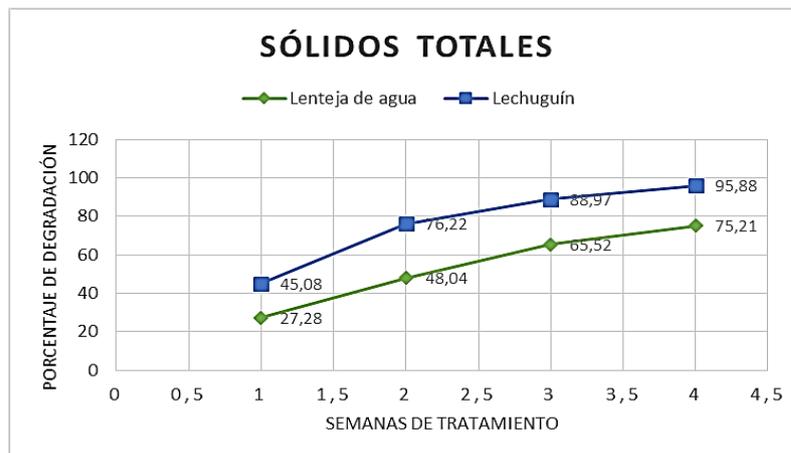


Gráfico 7-3: Porcentaje de degradación sólidos totales
Realizado por: (Sarango & Sánchez, 2015)

Para sólidos totales presentó una concentración inicial de 36250 mg/L, para la lenteja de agua (*Lemma minor*) en el tiempo de tratamiento de 4 semanas se alcanzó un porcentaje de degradación de 75,21 % para la última semana, mientras que el lechuguín (*Eichhornia crassipes*) en la última semana presentó el 95,88 %; y para sólidos suspendidos presentó una concentración de 20735 mg/L, en la lenteja de agua para las cuatro semanas de tratamiento alcanzó el 83,77 % y para la última semana de tratamiento y el lechuguín alcanzó 96,72 %.

De acuerdo a la revisión bibliográfica, en investigaciones de tratamiento de aguas residuales de una granja porcina en el Valle del Cauca Colombia realizadas por Hernández en el año 2014 empleando las mismas especies de plantas se logró aproximadamente un 70 % de remoción para lenteja de agua y 90 % utilizando lechuguín; tanto para sólidos totales y para sólidos suspendidos que relacionando con los resultados obtenidos en esta investigación empleando aguas residuales

industriales, se obtuvieron resultados comparables en ambos casos; a pesar de tratarse de aguas residuales de origen completamente diferente, sin embargo se puede apreciar la capacidad de remoción que poseen estas plantas. Los resultados obtenidos en la investigación evidencian que los valores no son iguales, sin embargo reflejan un buen rango de remoción considerando que en el agua residual de la granja existe mayor concentración de sólidos.

Con el tratamiento de lenteja de agua en la última semana se logró alcanzar una concentración de 8985 mg/L lo que indica que no se cumple con el límite máximo permisible establecido para la descarga a cuerpos de agua dulce en el Acuerdo Ministerial N° 028 el mismo que es 1600 mg/L. Para el tratamiento con lechuguín en la última semana se alcanzó una concentración de 1495 mg/L lo que indica que cumple con el límite máximo permisible establecido para la descarga a cuerpos de agua dulce.

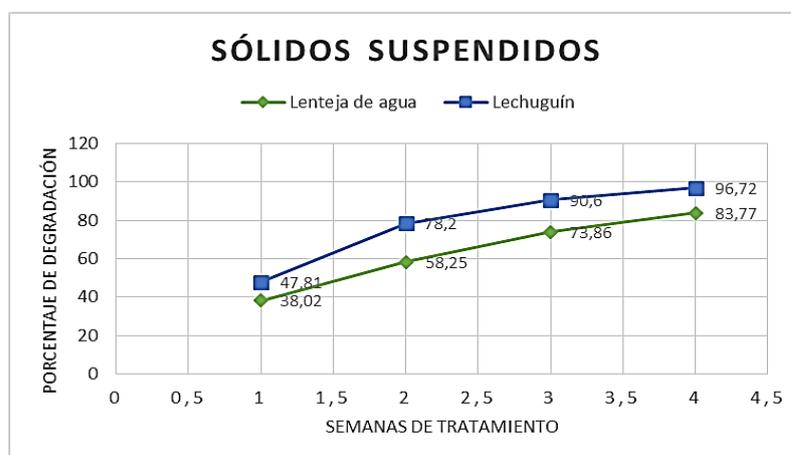


Gráfico 8-3: Porcentaje de degradación sólidos suspendidos
Realizado por: (Sarango & Sánchez, 2015)

Analizando los gráficos 7-3 y 8-3 el comportamiento en la variación de los porcentajes de degradación es similar para ambos casos lo que se comprueba con la información bibliográfica ya que este es un comportamiento característico en el tratamiento, se observó que a partir de la tercera semana existe una estabilización para ambos tratamientos ya que las plantas van perdiendo su actividad debido al marchitamiento, que es un proceso natural en el desarrollo de las dos plantas en estudio.

Con el tratamiento de lenteja de agua en la última semana se logró alcanzar una concentración de 3365 mg/L lo que indica que no se cumple con el límite máximo permisible establecido para la descarga a cuerpos de agua dulce en el Acuerdo Ministerial N° 028 el mismo que es 130 mg/L. Para el tratamiento con lechuguín en la última semana se alcanzó una concentración de 680 mg/L

lo que indica que no se cumple con el límite máximo permisible establecido para la descarga a cuerpos de agua dulce.

Para el pH debido a que el inicial fue de 4,78 se tuvo que hacer un ajuste del mismo con cal debido a que el lechuguín presentó un marchitamiento prematuro al iniciar el tratamiento, luego de este se obtuvo una estabilización del pH el cual favoreció a las plantas, en el transcurso de las siguientes semanas no se observó una variación significativa en el pH el cual llegó a 7,27 y 7,32. El pH para ambos casos es similar lo cual se puede comprobar en otras investigaciones con las mismas plantas para el tratamiento de aguas domésticas, en el cual el rango de pH entra en un rango de 6 a 8.

Para la temperatura al momento del muestreo en la empresa, presentaba una temperatura de 31 °C la cual no tuvo mucha diferencia con la que se mantuvo durante el tratamiento, tanto para el lechuguín como lenteja de agua se obtuvo la misma temperatura ya que fuera de las plantas a ambos casos se les dio las mismas condiciones.

En la mayoría de casos se determinó mayor porcentaje de remoción por parte del Lechuguín que el tratamiento con lenteja de agua con excepción de aceites y grasas que fue el único parámetro que presentó mayor porcentaje de remoción la lenteja de agua. Sin embargo al aplicar una prueba t de Student para la comparación de medias de los porcentajes de degradación para dos muestras independientes con un nivel de significancia de 5%, se determinó que no existieron diferencias significativas.

Respecto a la comparación con los límites máximos permisibles para descargas en cuerpos de agua dulce, el tratamiento con lechuguín permitió cumplir con parámetros como sólidos totales, fósforo total, nitrógeno total, hierro, aceites y grasas mientras que con lenteja de agua se cumplió con aceites y grasas.

De acuerdo a los resultados obtenidos en los distintos parámetros estudiados en la presente investigación y al relacionarlos con los resultados obtenidos en diferentes investigaciones en las que se da tratamiento a otros tipos de aguas residuales empleando estas mismas especies de plantas, se demuestra la gran capacidad de remoción y degradación que poseen y el potencial uso que de éstas se puede hacer, pues constituyen una importante alternativa de solución para el tratamiento de aguas residuales con características muy diversas que constituyen un grave problema ambiental al que se debe dar alternativas de solución.

Tabla 5-3: Concentraciones y porcentajes de remoción durante el tratamiento

Código	DQO	%	DBO ₅	%	A y G	%	ST	%	SS	%	Fósforo T	%	Hierro	%	Nitrógeno T	%	CF
Iniciales	28800		11076		120		36250		20735		232,42		71,79		935,09		0
S1 Lenteja de agua	22980	20,21	8600	22,355	68,4	43	26360	27,283	12852	38,018	130,26	43,955	38,02	47,04	424,8	54,57	0
S1 Lechuguín	21900	23,96	8416	24,016	72,4	39,667	19910	45,076	10822	47,808	78,12	66,388	36,71	48,865	388,2	58,49	0
S2 Lenteja de agua	15400	46,53	5700	48,537	26,9	77,583	18836	48,039	8656	58,254	86,26	62,886	29,07	59,507	305	67,38	0
S2 Lechuguín	14240	50,56	5280	52,329	32,2	73,167	8622	76,215	4520	78,201	42,12	81,878	21,74	69,717	164,2	82,44	0
S3 Lenteja de agua	9100	68,4	3100	72,012	12,9	89,25	12500	65,517	5420	73,861	42,35	81,779	21,58	69,94	123	86,85	0
S3 Lechuguín	5790	79,9	2000	81,943	12,2	89,833	3998	88,971	1949	90,6	19,6	91,567	11,29	84,274	80,6	91,38	0
S4 Lenteja de agua	7900	72,57	2950	73,366	9,2	92,333	8985	75,214	3365	83,771	30,73	86,778	16,68	76,766	70,4	92,47	0
S4 Lechuguín	3100	89,24	890	91,965	10,1	91,583	1495	95,876	680	96,721	8,5	96,343	7,68	89,302	40,4	95,68	0

Realizado por: (Sarango & Sánchez, 2015)

Tabla 6-3: Comparación de concentraciones finales de los biofiltros y límites máximos permisibles tabla 10 Acuerdo 028

Parámetro	Límite Permisible (mg/L) Acuerdo Ministerial N° 028	<i>Lemna minor</i>	Cumplimiento	<i>Eichhornia crassipes</i>	Cumplimiento
DQO	200	7900	NO	3100	NO
DBO ₅	100	2950	NO	890	NO
A Y G	30	9,2	SI	10,1	SI
ST	1600	8985	NO	1495	SI
SS	130	3365	NO	680	NO
FÓSFORO T	10	30,73	NO	8,5	SI
HIERRO T	10	16,68	NO	7,68	SI
NITRÓGENO T	50	70,4	NO	40,4	SI
CF	1000	0	SI	0	SI

Realizado por: (Sarango & Sánchez, 2015)

Tabla 7-3: Características de las especies vegetales al final del tratamiento

Especie	Longitud	Número de hojas	Número de plantas	Color
<i>Eichhornia crassipes</i>	78 cm	4	16	Amarillo
<i>Lemna minor</i>	4 cm	1	1056	amarillo

Realizado por: (Sarango & Sánchez, 2015)

Tabla 8-3: Resultados de pH y Temperatura

Parámetros	pH	Temperatura
Iniciales	4,78	31,00
Lenteja de agua	6,82	29,33
Lechuguín	6,83	29,33
Lenteja de agua	6,95	27,33
Lechuguín	7,14	27,33
Lenteja de agua	7,19	26,33
Lechuguín	7,21	26,33
Lenteja de agua	7,27	28,33
Lechuguín	7,32	28,33

Realizado por: (Sarango & Sánchez, 2015)

Tabla 9-3: Tiempo de retención inicial de cada semana de tratamiento

Semana	Volumen (L) biofiltro con <i>Lemna minor</i>	T(horas)=V/Q biofiltro con <i>Lemna minor</i>	Volumen (L) biofiltro con <i>Eichhornia crassipes</i>	T(horas)=V/Q biofiltro con <i>Eichhornia crassipes</i>
Segunda	51	25,5	50,79	25,4
Tercera	45,31	22,66	44,89	22,45
Cuarta	39,62	19,81	38,99	19,5
Final	33,93	16,96	33,09	16,55

Realizado por: (Sarango & Sánchez, 2015)

Existieron pérdidas de volumen de agua. En la tabla 3-2 se detallan las pérdidas por material filtrante con un total de 0,31 mL además de aquello se perdieron 5,5 L semanales para los análisis de los parámetros que se mencionan en la tabla 4-2 y las pérdidas provocadas por las plantas *Lemna minor* provocó una pérdida 0,19 L semanales y *Eichhornia crassipes* 0,40 L; en la tabla 9-3 se detallan los tiempos de retención debido a las pérdidas del volumen dividiendo el volumen para el caudal.

CONCLUSIONES

- Los resultados de la caracterización física, química y microbiológica del agua residual de la Extractora Río Manso La Comuna: concentración de 28800 mg/L para DQO, DBO₅ 11076 mg/L, aceites y grasas 120 mg/L, sólidos totales 36250 mg/ L, sólidos suspendidos 20735 mg/L, fósforo 232,42 mg/L, hierro 71,79 mg/ L, nitrógeno total 935,09 mg/ L y sin presencia de coliformes fecales, determinan la necesidad de someterla a tratamientos de recuperación.
- Se diseñó y construyó 2 biofiltros con *Eichhornia crassipes* y *Lemna minor* de plástico con una altura de 0,66 metros, ancho 0,16 metros, longitud de 0,66 metros con volumen de 69 Litros.
- Se utilizó la prueba t-Student con nivel de significancia de 5%; las medias de los porcentajes de degradación con ambos tratamientos en todos los parámetros analizados, no presentan diferencias significativas, por tanto *Eichhornia crassipes* y *Lemna minor* se pueden usar indistintamente como buenas alternativas para tratamiento complementario para aguas residuales generadas en la Extractora Río Manso.

RECOMENDACIONES

- Preservar las muestras de manera adecuada previamente a la realización de los análisis.
- Tomando en cuenta los resultados obtenidos en la presente investigación se sugiere extender el tiempo del tratamiento y mejorar la aireación para reducir las concentraciones de DBO₅ y DQO.
- Realizar los análisis en periodos más cortos de tiempo.
- Reemplazar las plantas cuando estas presenten marchitamiento y descomposición.
- Probar otras especies vegetales para determinar su eficiencia y comparar con los resultados obtenidos en la presente investigación.
- Trabajar con otros materiales filtrantes.

BIBLIOGRAFÍA

1. **AGENCIA SUIZA PARA LA COOPERACIÓN Y EL DESARROLLO.** *El biofiltro como alternativa tecnológica para el tratamiento de las aguas residuales domésticas.* [blog]. Teucigalpa.[Consulta: 14 octubre 2015]. Disponible en: <https://www.wsp.org/sites/wsp.org/files/publications/biofiltro.pdf>
2. **ANDRADE.** *Depuración de Aguas Residuales por Medio de Humedales Artificiales.* [blog] Cochabamba. [Consulta: 14 Noviembre 2015]. Disponible en: http://www.infoandina.org/sites/default/files/publication/files/depuracion_de_aguas_residuales_por_medio_de_humedales_artificiales.pdf
3. **BRIX.** *Biofiltros Construidos.* [blog].Consulta: 16 octubre 2015]. Disponible en: <http://www.bvsde.paho.org/bvsaar/e/fulltext/gestion/humedales.pdf>
4. **LAHORA CANO.** *Depuración de Aguas Residuales por Medio de Humedales Artificiales.* [blog] Cochabamba. [Consulta: 14 Noviembre 2015]. Disponible en: http://www.infoandina.org/sites/default/files/publication/files/depuracion_de_aguas_residuales_por_medio_de_humedales_artificiales.pdf
5. **CANO RODRIGUEZ, CARLOS ALFREDO, & PALACIOS LUCIO, JONATHAN PAÚL.** Desarrollo de biofiltro con soporte de plástico para tratamiento de aguas residuales. Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí, Calceta, Manabí, 2013, p. 56. [Consulta: 25 Noviembre 2015]. Disponible en: http://181.196.143.6/handle/123456789/1/browse?type=dateissued&sort_by=2&order=ASC&rpp=60&etal=1&submit_browser
6. **COLE.** *La aparición de los humedales de tratamiento.* [blog]. Consulta: 8 octubre 2015]. Disponible en: <http://documents.mx/documents/experiencia-promocion-biofiltros.html>
7. **COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA.** *Metodología para la estimación de capacidad de carga orgánica en humedales.* [Consulta: 14 Noviembre 2015]. Disponible en: <http://slideplayer.es/slide/1546619/>
8. **CONLEY,** 1991. s.l.:s.n.
9. **COOPER.** *Depuración de aguas residuales por medio de humedales artificiales* [blog] Cochabamba. [Consulta: 14 Noviembre 2015]. Disponible en: http://www.infoandina.org/sites/default/files/publication/files/depuracion_de_aguas_residuales_por_medio_de_humedales_artificiales.pdf
10. **CRITES, RON, TCHOBANOGLIOUS & GEORGE.** *Tratamiento de Aguas Residuales en Pequeñas Poblaciones.* [Consulta: 14 Diciembre 2015]. Disponible en: <http://espam.edu.ec/revista/2013/V4N1/35.pdf>

11. **CUBILLOS**, Armando. *Parámetros y Características de aguas residuales*. [blog]. Lima. [Consulta: 12 Diciembre 2015]. Disponible en: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/scan2/011643/011643-09.pdf>
12. **CURT FERNÁNDEZ, MARÍA DOLORES**. *Macrófitas de interés en fitodepuración*. Madrid. [blog]. [Consulta: 10 Noviembre 2015]. Disponible en: http://www.ciencias-marinas.uvigo.es/bibliografia_ambiental/outros/Manual%20de%20fitodepuracion/Capitulos%207.pdf
13. **DAILY**. *Piedra Pómez*. [blog]. [Consulta: 10 Noviembre 2015]. Disponible en:
14. **DARCY**, 1996. *Criterios de diseño de Biofiltros según requerimientos hidráulicos*. [blog]. [Consulta: 30 Septiembre 2015]. Disponible en: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/scan3/040065/tema3-7.pdf>
15. **DELGADILLO, CAMACHO, PÉREZ & ANDRADE**. *Depuración de aguas residuales por medio de humedales artificiales*. [blog] Cochabamba: 2010. [Consulta: 14 Noviembre 2015]. Disponible en: http://www.infoandina.org/sites/default/files/publication/files/depuracion_de_aguas_residuales_por_medio_de_humedales_artificiales.pdf
16. **ESPIGARES GARCÍA, M. & PÉREZ LÓPEZ**. *Aguas residuales composición*. [en línea]. Granada. 22 Medidas de la página. [Consulta: 30 Septiembre 2015]. Disponible en: http://cidta.usal.es/cursos/EDAR/modulos/Edar/unidades/LIBROS/logo/pdf/Aguas_Residuales_composicion.pdf
17. **ESPINOZA, M.** Riobamba-Ecuador. *Libro de Edafología*. Riobamba-Ecuador.2000 p 130
18. **ESTADÍSTICA MINERA DE ESPAÑA**. [blog]. *Piedra Pómez*. España:2003.[Consulta: 1 Noviembre 2015]. Disponible en: http://www.igme.es/PanoramaMinero/Historico/2003_04/PPOMEZ03.pdf
19. **FLORES**. *Granulometría de los suelos*. [blog]. Arequipa: 2014[Consulta: 14 Noviembre 2015]. Disponible en: <http://es.slideshare.net/freddyramirofloresvega/granulometria-en-los-suelos>
20. **GARCÍA**. *Depuración de aguas residuales mediante Humedales artificiales*. [blog] Cochabamba: 2010. [Consulta: 14 Noviembre 2015]. Disponible en: http://www.infoandina.org/sites/default/files/publication/files/depuracion_de_aguas_residuales_por_medio_de_humedales_artificiales.pdf
21. **GARCÍA, BAYONA & MORATÓ**, 2004. *Depuración de aguas residuales mediante humedales artificiales*. [blog] Cochabamba: 2010. [Consulta: 14 Noviembre 2015]. Disponible en: http://www.infoandina.org/sites/default/files/publication/files/depuracion_de_aguas_residuales_por_medio_de_humedales_artificiales.pdf

22. **GRAY.** *Depuración de aguas residuales por medio de humedales artificiales.* [blog] Cochabamba: 2010. [Consulta: 14 Noviembre 2015]. Disponible en: http://www.infoandina.org/sites/default/files/publication/files/depuracion_de_aguas_residuales_por_medio_de_humedales_artificiales.pdf
23. **INSTITUTO DE LA UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES.** *Tecnologías de tratamiento de aguas residuales para rehuso.* [blog] Buenos Aires: 2013. [Consulta: 14 Noviembre 2015]. Disponible en: <http://www.aquaknow.net/en/system/files/4.Lagunas%20con%20macr%C3%B3fitas.pdf>
24. **JARAMILLO JUMBO, MARIUXI DEL CISNE & FLORES CAMPOVERDE, EDISON DARÍO.** *Fitorremediación de aguas residuales mediante lenteja de agua y lechuguín.* (tesis).(Pregrado) Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca, Ecuador.2012. p 40. [Consulta: 2015-10-23]. Disponible en: [file:///C:/Users/User/Downloads/UPS-CT002482%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/User/Downloads/UPS-CT002482%20(1).pdf)
25. **JIMENEZ CASTRO, CYNTHIA GERMANIA & PADILLA JIMENEZ, CYNDI MARIUXI.** *Remoción de contaminantes inorgánicos de aguas residuales industriales con jacinto de agua.* (tesis).(Maestría) .Universidad de Guayaquil.Facultad de Ingeniería Química. Guayaquil, Ecuador.2009 p 56. [Consulta: 2015-11-05]. Disponible en: <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/1881/1/1038..pdf>
26. Job, Cooper, Green & Shutes. *Depuración de aguas residuales mediante humedales artificiales.* [blog] Florida: 1996. [Consulta: 18 Noviembre 2015]. Disponible en: http://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/10034/ANEXOS%20A_B_C.pdf?sequence=2&isAllowed=y
27. **KOLB.** *Depuración de aguas residuales por medio de humedales artificiales.* [blog] Cochabamba: 2010. [Consulta: 18 Noviembre 2015]. Disponible en: http://www.infoandina.org/sites/default/files/publication/files/depuracion_de_aguas_residuales_por_medio_de_humedales_artificiales.pdf:
28. **KÖPPEN & GEIGER.** . [blog] *Clima Quinindé.* Quinindé: 2015. [Consulta: 20 Noviembre 2015]. Disponible en: <http://es.climate-data.org/location/1021914/>
29. **LARA.** *Depuración de aguas residuales por medio de humedales artificiales.* [blog] Cochabamba: 2010. [Consulta: 18 Noviembre 2015]. Disponible en: http://www.infoandina.org/sites/default/files/publication/files/depuracion_de_aguas_residuales_por_medio_de_humedales_artificiales.pdf:
30. **LONDOÑO CARDONA, LUZ ADRIANA & MARÍN VANEGAS, CAROLINA.** *Evaluación de la eficiencia de remoción de materia orgánica en humedales artificiales.* (tesis).(Pregrado). Universidad Tecnológica de Pereira, Colombia 2009. p 56. [Consulta: 2015-11-05]. Disponible en: <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/11059/1817/1/628162L847.pdf>

31. **METCALF & EDDY.** *Ingeniería de Aguas Residuales. Tratamiento, Vertido y Reutilización.* Madrid-España, 1995, p. 508
32. **ORELLANA.** *Características de líquidos residuales.* [blog]. 2005. [Consulta: 18 Diciembre 2015]. Disponible en: http://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/civil/ing_sanitaria/Ingenieria_Sanitaria_A4_Capitulo_08_Caracteristicas_de_Liquidos_Residuales.pdf
33. **ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD.** *Guía para el diseño de sistemas de filtración.* [blog] Lima: 2005. [Consulta: 20 Septiembre 2015]. Disponible en: http://www.bvsde.paho.org/bvsacg/guialcalde/2sas/d23/029_Dise%C3%B1o_tratamiento_Filtracion_ME/Dise%C3%B1o_tratamiento_Filtraci%C3%B3n_ME.pdf
34. **RED IBEROAMERICANA DE POTABILIZACIÓN Y DEPURACIÓN DEL AGUA.** *Indicadores de Contaminación fecal en aguas.* [blog]: 2010. Disponible en: http://tierra.rediris.es/hidrored/ebooks/ripda/pdfs/Capitulo_20.pdf
35. **ROMERO.** *Calidad del agua.* Bogota-Colombia,2002, p 34.
36. **SANABRIA,** 2010. *Evaluación del Sistema de Tratamiento de aguas residuales.* [Consulta: 20 Agosto 2015]. Disponible en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/5044/1/292544.2011.pdf>
37. **SEIDEL.** *La aparición de los humedales de tratamiento.* [blog]. Consulta: 8 octubre 2015]. Disponible en: <http://documents.mx/documents/experiencia-promocion-biofiltros.html>
38. **SIMMONDS,** 1979. *Criterios de selección de plantas.* [blog]. Consulta: 6 septiembre 2015]. Disponible en: <http://documents.mx/documents/experiencia-promocion-biofiltros.html>
39. **STEARMAN, GARCÍA, KOLB & SOTO,** 2003. *Depuración de aguas residuales por medio de humedales artificiales* [blog] Cochabamba: 2010. [Consulta: 18 Noviembre 2015]. Disponible en: http://www.infoandina.org/sites/default/files/publication/files/depuracion_de_aguas_residuales_por_medio_de_humedales_artificiales.pdf
40. **STENGEL EN SOTO ET, AL.** *Depuración de aguas residuales por medio de Humedales Artificiales.* [blog] Cochabamba: 2010. [Consulta: 18 Noviembre 2015]. Disponible en: http://www.infoandina.org/sites/default/files/publication/files/depuracion_de_aguas_residuales_por_medio_de_humedales_artificiales.pdf
41. **UNIVERSITE OF FLORIDA.** *Lemma minor.* [blog] Gainesville: 1990. Consulta: 18 Noviembre 2015]. Disponible en: [file:///C:/Users/User/Downloads/UPS-CT002482%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/User/Downloads/UPS-CT002482%20(1).pdf)
42. **VALDERRAMA, CAMPOS, VELANDIA & ZAPATA,** 2009. *Evaluación de tratamiento de plantas acuáticas de remoción de contaminación fecal en aguas residuales domésticas.* Bogotá: s.n.
43. **VALDÉS ET, AL.,** 2005. *Depuración de aguas residuales por medio de Humedales Artificiales.* [blog] Cochabamba: 2010. [Consulta: 18 Noviembre 2015]. Disponible en:

http://www.infoandina.org/sites/default/files/publication/files/depuracion_de_aguas_residuales_por_medio_de_humedales_artificiales.pdf Vanier & Dahab, 2001. *Humedales en el Tratamiento de aguas residuales*. s.l.:s.n.

44. **VERDEJO, PALMERÍN, AIBAR & CIRUJEDA.** " *Plantas Invasoras*".vol. 11, n° 2 [en línea], 2004, (España.
45. **VIMAZAL.** *Clasificación de biofiltros según plantas predominantes* [blog] Bogotá: 1998. [Consulta: 10 Noviembre 2015]. Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/911/91101302.pdf>

ANEXOS

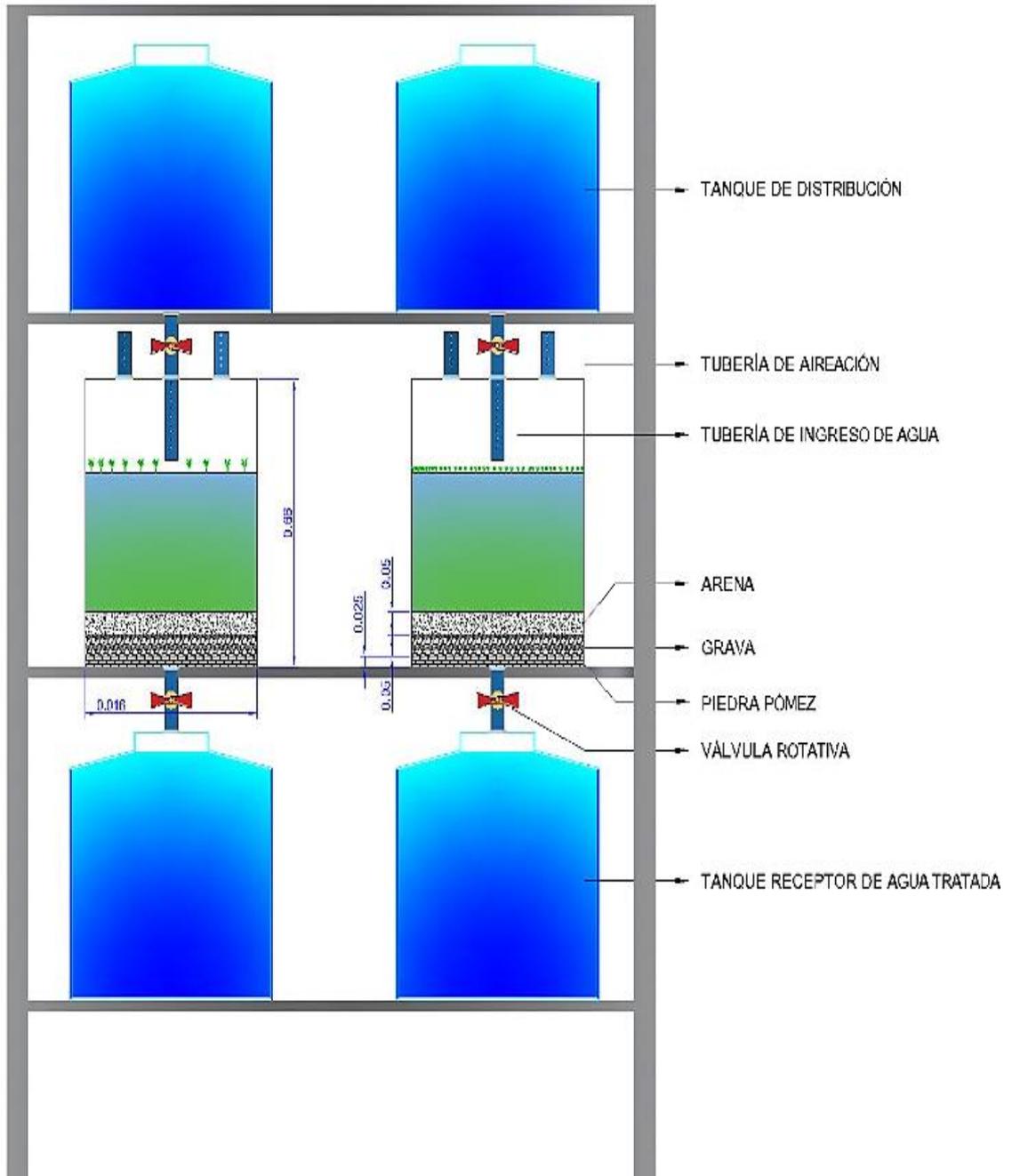
Anexo A: Muestreo del agua residual



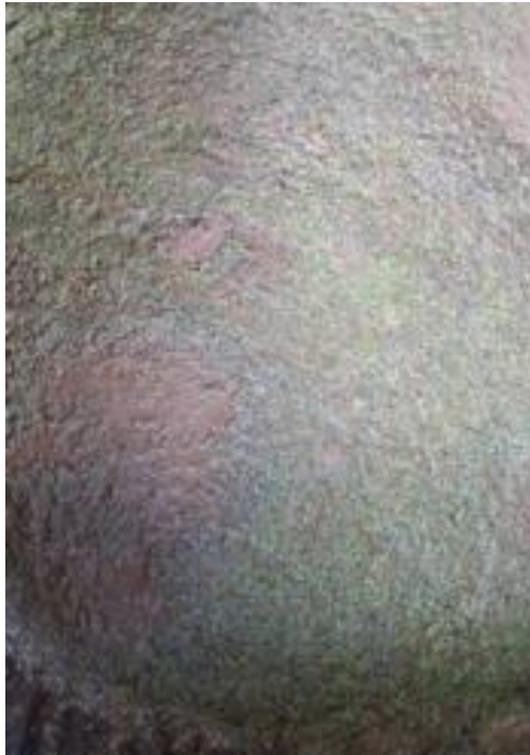
Anexo B: Construcción de biofiltros



Anexo C: Partes de Biofiltros



Anexo D: Recolección y establecimiento de especies vegetales



Anexo E: Retiro de las especies vegetales de los biofiltros después del tratamiento



Anexo F: Agua residual antes y después del tratamiento



Anexo G: Entrega de muestras al laboratorio



Anexo H: Resultados

A. miado

 <p>CESTTA SGC</p>	<p align="center">CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA AMBIENTAL</p> <p align="center">DEPARTAMENTO : LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL E INSPECCIÓN (LABCESTTA)</p> <p align="center">Panamericana Sur Km. 1 ½, ESPOCH (Facultad de Ciencias) RIOBAMBA - ECUADOR Telefax: (03) 3013183</p>	 <p>Servicio de Acreditación Ecuatoriano</p> <p>Acreditación N° OAE LE 2C 06-008 LABORATORIO DE ENSAYOS</p>
--	---	---

INFORME DE ENSAYO No: I498
ST: 527 – 15 ANÁLISIS DE AGUAS
Nombre Peticionario: EXTRACTORA RIO MANSO
Atn. José Sánchez – Ornela Sarango
Dirección: Riobamba, Nueva York y Antonio José de Sucre
 Riobamba-Chimborazo

FECHA: 19 de Octubre del 2015
NUMERO DE MUESTRAS: 1
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB: 2015/10/12 - 12:15
FECHA DE MUESTREO: 2015/10/11 - 16:00
FECHA DE ANÁLISIS: 2015/10/12 - 2015/10/19
TIPO DE MUESTRA: Descarga
CÓDIGO LABCESTTA: LAB-A 1117-15
CÓDIGO DE LA EMPRESA: J
PUNTO DE MUESTREO: Salida de Trampa de Grasas
ANÁLISIS SOLICITADO: Físico-Químico-Microbiológico
PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA: José Sánchez
CONDICIONES AMBIENTALES DE ANÁLISIS: T máx.:25,0 °C. T mín.: 15,0 °C

RESULTADOS ANALÍTICOS:

PARÁMETROS	MÉTODO /NORMA	UNIDAD	RESULTADO	INCERTIDUMBRE (k=2)	VALOR LÍMITE PERMISIBLE (m)
Demanda Química de Oxígeno	PEE/LABCESTTA/09 Standard Methods No. 5220 D	mg/L	>1500	±8%	200
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5días)	PEE/LABCESTTA/46 Standard Methods No. 5210 B	mg/L	>5000	±15%	100
Grasas y Aceites	PEE/LABCESTTA/42 Standard Methods No. 5520 B	mg/L	>100	±1%	30,0
Sólidos Totales	PEE/LABCESTTA/10 Standard Methods No. 2540 B	mg/L	>20000	±3%	1600
Sólidos Suspendidos	PEE/LABCESTTA/13 Standard Methods No. 2540 D	mg/L	>5500	±11%	130
*Sólidos Sedimentables	PEE/LABCESTTA/56 Standard Methods No. 2540 F	ml/L	<0,1	-	-
Turbidez	PEE/LABCESTTA/43 EPA 180.1	UNT	>200	±8%	-
Fosforo total	PEE/LABCESTTA/ 21 Standard Methods No. 4500-P B5/APHA 4500-PC	mg/L	>33	±15%	10,0

Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio. Los resultados arriba indicados sólo están relacionados con los objetos ensayados
 MC01-14

Página 1 de 2
 Edición 5

	<p align="center">CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA AMBIENTAL</p> <p align="center">DEPARTAMENTO : LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL E INSPECCIÓN (LABCESTTA)</p> <p align="center">Panamericana Sur Km. 1 1/2, ESPOCH (Facultad de Ciencias) RIOBAMBA - ECUADOR Teléfono: (03) 3013183</p>	 <p>Servicio de Acreditación Ecuatoriano</p> <p>Acreditación N° OAE LE 2C 06-008 LABORATORIO DE ENSAYOS</p>
---	--	--

Hierro	PEE/LABCESTTA/35 Standard Methods No. 3500-Fe B 3030-E3111- B	mg/L	>26	±7%	10,0
Nitrógeno Total Kjeldahl	PEE/LABCESTTA/210 Standard Methods No. 4500-Norg C	mg/L	>400	±6%	50,0
Coliformes Fecales	PEE/LABCESTTA/48 Standard Methods No. 9222 D y 92221	UFC/100 mL	<1	±20%	10000

OBSERVACIONES:

- Muestra receptada en el laboratorio.
- Los parámetros marcados con (*) se encuentran fuera del alcance de acreditación del SAE.
- La columna marcada con (■) corresponde al límite máximo permitido indicado en la Tabla 10 del TULSMA. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce. Acuerdo Ministerial No.028. Solicitados por el cliente.

RESPONSABLE DEL INFORME:


Dr. Mauricio Álvarez
RESPONSABLE TÉCNICO



	CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA AMBIENTAL DEPARTAMENTO : LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL E INSPECCIÓN (LABCESTTA) Panamericano Sur Km. 1 1/2, ESPOCH (Facultad de Ciencias) RIORAMBA - ECUADOR Telefax: (03) 2013183	 Servicio de Acreditación Ecuatoriano Acreditación N° OAE LE 20 06-008 LABORATORIO DE ENSAYOS
---	---	---

INFORME DE ENSAYO No:	1540
ST:	545 - 15 ANÁLISIS DE AGUAS
Nombre Peticionario:	EXTRACTORA RIO MANSO
Ata:	José Sánchez - Ornela Sarango
Dirección:	Nueva York y Antonio José de Sucre Riobamba-Chimborazo
FECHA:	28 de Octubre del 2015
NUMERO DE MUESTRAS:	1
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB:	2015/10/19 - 10:46
FECHA DE MUESTREO:	2015/10/18 - 17:00
FECHA DE ANÁLISIS:	2015/10/19 - 2015/10/28
TIPO DE MUESTRA:	Agua residual
CÓDIGO LABCESTTA:	LAB-A 1152-15
CÓDIGO DE LA EMPRESA:	NA
PUNTO DE MUESTREO:	Salida de biofiltro 1
ANÁLISIS SOLICITADO:	Físico-Químico
PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA:	José Sánchez - Ornela Sarango
CONDICIONES AMBIENTALES DE ANÁLISIS:	T máx.: 25,0 °C. T mín.: 15,0 °C

RESULTADOS ANALÍTICOS:

PARÁMETROS	MÉTODO /NORMA	UNIDAD	RESULTADO	INCERTIDUMBRE (k=2)	VALOR LÍMITE PERMISIBLE (■)
Demanda Química de Oxígeno	PEE/LABCESTTA/09 Standard Methods No. 5220 D	mg/L	>1500	±8%	200
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	PEE/LABCESTTA/46 Standard Methods No. 5210 B	mg/L	8600	±15%	100
Grasas y Aceites	PEE/LABCESTTA/42 Standard Methods No. 5520 B	mg/L	68,4	±10%	30,0
Fósforo total	PEE/LABCESTTA/ 21 Standard Methods No. 4500-P B5/APHA 4500-PC	mg/L	>33	±15%	10,0
Hierro	PEE/LABCESTTA/35 Standard Methods No. 3500-Fc B 3030-E3111-B	mg/L	38,02	±7%	10,0
Nitrógeno Total Kjeldahl	PEE/LABCESTTA/210 Standard Methods, Ed. 22. 2012. 4500-Neog C	mg/L	424,8	±6%	50,0

OBSERVACIONES:

- Muestra receptada en el laboratorio.
- La columna marcada con (■) corresponde al límite máximo permitido indicado en la Tabla 10 del TULSMA. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce. Acuerdo Ministerial No.028 Solicitados por el cliente.

RESPONSABLE DEL INFORME:


Dr. Héctor Álvarez
RESPONSABLE TÉCNICO

LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL
INSPECCIÓN
LAB - CESTTA
ESPOCH

Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.
 Los resultados arriba indicados sólo están relacionados con los objetos ensajados.
 MC01-14

Página 1 de 1
 Edición 5

	<p align="center">CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA AMBIENTAL</p> <p align="center">DEPARTAMENTO : LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL E INSPECCIÓN (LABCESTTA)</p> <p align="center">Panamericana Sur Km. 1 ½, ESPOCH (Facultad de Ciencias) RIOBAMBA - ECUADOR Teléfono: (03) 2013183</p>	 <p>Servicio de Acreditación Ecuatoriano</p> <p>Acreditación N° OAE LE 20 06-008 LABORATORIO DE ENSAYOS</p>
---	--	--

INFORME DE ENSAYO No:	1540
ST:	545 – 15 ANÁLISIS DE AGUAS
Nombre Peticionario:	EXTRACTORA RIO MANSO
Atm:	José Sánchez – Ornela Sarango
Dirección:	Nueva York y Antonio José de Sucre Riobamba-Chimborazo
FECHA:	28 de Octubre del 2015
NUMERO DE MUESTRAS:	1
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB:	2015/10/19 – 10:46
FECHA DE MUESTREO:	2015/10/18 – 17:00
FECHA DE ANÁLISIS:	2015/10/19 – 2015/10/28
TIPO DE MUESTRA:	Agua residual
CÓDIGO LABCESTTA:	LAB-A 1153-15
CÓDIGO DE LA EMPRESA:	NA
PUNTO DE MUESTREO:	Salida de biofiltro 2
ANÁLISIS SOLICITADO:	Físico-Químico
PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA:	José Sánchez – Ornela Sarango
CONDICIONES AMBIENTALES DE ANÁLISIS:	T máx.: 25,0 °C. T mín.: 15,0 °C

RESULTADOS ANALÍTICOS:

PARÁMETROS	MÉTODO /NORMA	UNIDAD	RESULTADO	INCERTIDUMBRE (k=2)	VALOR LÍMITE PERMISIBLE (■)
Demanda Química de Oxígeno	PEE/LABCESTTA/09 Standard Methods No. 5220 D	mg/L	>1500	±8%	200
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5días)	PEE/LABCESTTA/46 Standard Methods No. 5210 B	mg/L	8416	±15%	100
Grasas y Aceites	PEE/LABCESTTA/42 Standard Methods No. 5520 B	mg/L	72,4	±9%	30,0
Fosforo total	PEE/LABCESTTA/ 21 Standard Methods No. 4500-P B5/APHA 4500-PC	mg/L	>33	±15%	10,0
Hierro	PEE/LABCESTTA/35 Standard Methods No. 3500-Fe B 3030-E3111-B	mg/L	36,71	±7%	10,0
Nitrógeno Total Kjeldahl	PEE/LABCESTTA/210 Standard Methods, Ed. 22, 2012 4500-Norg C	mg/L	388,2	±6%	50,0

OBSERVACIONES:

- Muestra receptada en el laboratorio.
- La columna marcada con (■) corresponde al límite máximo permitido indicado en la Tabla 10 del TULSMA. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce. Acuerdo Ministerial No.028 Solicitados por el cliente.

RESPONSABLE DEL INFORME:


Dr. Mauricio Alvarez
RESPONSABLE TÉCNICO

LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL E INSPECCIÓN
LAB - CESTTA
ESPOCH

Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio. Los resultados arriba indicados sólo están relacionados con los objetos ensayados.

Página 1 de 1
Edición 5

MC01-14

	CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA AMBIENTAL DEPARTAMENTO : LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL E INSPECCIÓN (LABCESTTA) Panamericana Sur Km. 1 %, ESPOCH (Facultad de Ciencias) RIOBAMBA - ECUADOR Telefax: (03) 3013183	 Servicio de Acreditación Ecuatoriano Acreditación N° OAE LE 2C 06-008 LABORATORIO DE ENSAYOS
---	---	---

INFORME DE ENSAYO No:	1541
ST:	546 - 15 ANÁLISIS DE AGUAS
Nombre Peticionario:	EXTRACTORA RIO MANSO
Atr.	José Sánchez - Ornela Sarango
Dirección:	Nueva York y Antonio José de Sucre Riobamba-Chimborazo
FECHA:	28 de Octubre del 2015
NUMERO DE MUESTRAS:	1
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB:	2015/10/19 - 11:10
FECHA DE MUESTREO:	2015/10/18 - 17:00
FECHA DE ANÁLISIS:	2015/10/19 - 2015/10/28
TIPO DE MUESTRA:	Agua residual
CÓDIGO LABCESTTA:	LAB-A 1154-15
CÓDIGO DE LA EMPRESA:	NA
PUNTO DE MUESTREO:	Salida de biofiltro 1
ANÁLISIS SOLICITADO:	Microbiológico
PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA:	José Sánchez - Ornela Sarango
CONDICIONES AMBIENTALES DE ANÁLISIS:	T máx.:25,0 °C. T mín.: 15,0 °C

RESULTADOS ANALÍTICOS:

PARÁMETROS	MÉTODO /NORMA	UNIDAD	RESULTADO	INCERTIDUMBRE (k=2)	VALOR LÍMITE PERMISIBLE (■)
Coliformes Fecales	PEE/LABCESTTA/48 Standard Methods No. 9222 D y 9222I	UFC/100 mL	<1	±20%	10000 (NMP/100mL)

OBSERVACIONES:

- Muestra receptada en el laboratorio.
- La columna marcada con (■) corresponde al límite máximo permitido indicado en la Tabla 10 del TULSMA. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce. Acuerdo Ministerial No.028 Solicitados por el cliente.

RESPONSABLE DEL INFORME:


Dr. Mauricio Alvarez
RESPONSABLE TÉCNICO

 LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL
 E INSPICOM
LAB - CESTTA
ESPOCH

	<p align="center">CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA AMBIENTAL</p> <p align="center">DEPARTAMENTO : LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL E INSPECCIÓN (LABCESTTA)</p> <p align="center">Panamericana Sur Km. 1 ½, ESPOCH (Facultad de Ciencias) RIOBAMBA - ECUADOR Teléfono: (03) 3013183</p>	 <p>Servicio de Acreditación Ecuatoriano</p> <p>Acreditación N° GAE LE 2C 06-008 LABORATORIO DE ENSAYOS</p>
---	---	--

INFORME DE ENSAYO No: 1541
ST: 546 - 15 ANÁLISIS DE AGUAS
Nombre Peticionario: EXTRACTORA RIO MANSO
Atn: José Sánchez - Ornela Sarango
Dirección: Nueva York y Antonio José de Sucre
 Riobamba-Chimborazo
 28 de Octubre del 2015

FECHA:
NUMERO DE MUESTRAS: 1
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB: 2015/10/19 - 11:10
 2015/10/18 - 17:00
FECHA DE MUESTREO: 2015/10/19 - 2015/10/28
FECHA DE ANÁLISIS:
TIPO DE MUESTRA: Agua residual
CÓDIGO LABCESTTA: LAB-A 1155-15
CÓDIGO DE LA EMPRESA: NA
PUNTO DE MUESTREO: Salida de biofiltro 2
ANÁLISIS SOLICITADO: Microbiológico
PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA: José Sánchez - Ornela Sarango
CONDICIONES AMBIENTALES DE ANÁLISIS: T máx.: 25,0 °C. T mín.: 15,0 °C

RESULTADOS ANALÍTICOS:

PARÁMETROS	MÉTODO /NORMA	UNIDAD	RESULTADO	INCERTIDUMBRE (k=2)	VALOR LÍMITE PERMISIBLE (■)
Coliformes Fecales	PEE/LABCESTTA/48 Standard Methods No. 9222 D y 9222 I	UFC/100 mL	<1	±20%	10000 (NMP/100mL)

OBSERVACIONES:

- Muestra receptada en el laboratorio.
- La columna marcada con (■) corresponde al límite máximo permitido indicado en la Tabla 10 del TULSMA. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce. Acuerdo Ministerial No.028 Solicitados por el cliente.

RESPONSABLE DEL INFORME:


Dr. Mauricio Álvarez
RESPONSABLE TÉCNICO

 LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL
 E INSPECCIÓN
LAB - CESTTA
ESPOCH

	<p align="center">CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA AMBIENTAL</p> <p align="center">DEPARTAMENTO : LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL E INSPECCIÓN (LABCESTTA)</p> <p align="center">Panamericana Sur Km. 1 %, ESPOCH (Facultad de Ciencias) RIOBAMBA - ECUADOR Teléfono: (03) 3013183</p>	 <p>Servicio de Acreditación Ecuatoriano Acreditación N° OAE LE 2C 06-008 LABORATORIO DE ENSAYOS</p>
---	--	---

INFORME DE ENSAYO No: 1570
ST: 560 – 15 ANÁLISIS DE AGUAS
Nombre Peticionario: EXTRACTORA RIO MANSO
Atn. José Sánchez
Dirección: Nueva York y Antonio José de Sucre
 Riobamba-Chimborazo
FECHA: 04 de Noviembre del 2015
NUMERO DE MUESTRAS: 1
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB: 2015/10/26 – 10:11
FECHA DE MUESTREO: 2015/10/25 – 17:00
FECHA DE ANÁLISIS: 2015/10/26 – 2015/11/04
TIPO DE MUESTRA: Agua residual
CÓDIGO LABCESTTA: LAB-A 1180-15
CÓDIGO DE LA EMPRESA: 1
PUNTO DE MUESTREO: Salida de biofiltro
ANÁLISIS SOLICITADO: Físico-Químico
PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA: José Sánchez
CONDICIONES AMBIENTALES DE ANÁLISIS: T máx.:25,0 °C. T mín.: 15,0 °C

RESULTADOS ANALÍTICOS:

PARÁMETROS	MÉTODO /NORMA	UNIDAD	RESULTADO	INCERTIDUMBRE (k=2)	VALOR LÍMITE PERMISIBLE (●)
Demanda Química de Oxígeno	PEE/LABCESTTA/09 Standard Methods No. 5220 D	mg/L	>1500	±8%	200
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5días)	PEE/LABCESTTA/46 Standard Methods No. 5210 B	mg/L	5700	±15%	100
Grasas y Aceites	PEE/LABCESTTA/42 Standard Methods No. 5520 B	mg/L	26,9	±15%	30,0
Fosforo total	PEE/LABCESTTA/ 21 Standard Methods No. 4500-P B5/APIHA 4500-PC	mg/L	86,26	±12%	10,0
Hierro	PEE/LABCESTTA/35 Standard Methods No. 3500-Fe B 3030-E3111-B	mg/L	29,07	±7%	10,0
Nitrógeno Total Kjeldahl	PEE/LABCESTTA/210 Standard Methods, Ed. 22, 2012 4500-Norg C	mg/L	305	±6%	50,0

OBSERVACIONES:

- Muestra receptada en el laboratorio.
- La columna marcada con (●) corresponde al límite máximo permitido indicado en la Tabla 10 del TULSMA. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce. Acuerdo Ministerial No.028 Solicitados por el cliente.

RESPONSABLE DEL INFORME:


Dr. Mauricio Álvarez
RESPONSABLE TÉCNICO

LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTALES
 INSPECCIÓN
 LAB - CESTTA
 ESPOCH

Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.
 Los resultados arriba indicados sólo están relacionados con los objetos ensayados
 MC01-14

Página 1 de 1
 Edición 5

	<p align="center">CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA AMBIENTAL</p> <p align="center">DEPARTAMENTO : LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL E INSPECCIÓN (LABCESTTA)</p> <p align="center">Panamericana Sur Km. 1 1/2, ESPOCH (Facultad de Ciencias) RIOBAMBA - ECUADOR Teléfono: (03) 3013183</p>	 <p>Servicio de Acreditación Ecuatoriano Acreditación N° OAE LE 20 06-008 LABORATORIO DE ENSAYOS</p>
---	--	---

INFORME DE ENSAYO No: 1570
ST: 560 – 15 ANÁLISIS DE AGUAS
Nombre Peticionario: EXTRACTORA RIO MANSO
Atm: José Sánchez
Dirección: Nueva York y Antonio José de Sucre
 Riobamba-Chimborazo
FECHA: 04 de Noviembre del 2015
NUMERO DE MUESTRAS: 1
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB: 2015/10/26 – 10:11
FECHA DE MUESTREO: 2015/10/25 – 17:00
FECHA DE ANÁLISIS: 2015/10/26 – 2015/11/04
TIPO DE MUESTRA: Agua residual
CÓDIGO LABCESTTA: LAB-A 1181-15
CÓDIGO DE LA EMPRESA: 2
PUNTO DE MUESTREO: Salida de biofiltro
ANÁLISIS SOLICITADO: Físico-Químico
PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA: José Sánchez
CONDICIONES AMBIENTALES DE ANÁLISIS: T máx.:25,0 °C. T mín.: 15,0 °C

RESULTADOS ANALÍTICOS:

PARÁMETROS	MÉTODO /NORMA	UNIDAD	RESULTADO	INCERTIDUMBRE (k=2)	VALOR LÍMITE PERMISIBLE (■)
Demanda Química de Oxígeno	PEE/LABCESTTA/09 Standard Methods No. 5220 D	mg/L	>1500	±8%	200
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5días)	PEE/LABCESTTA/46 Standard Methods No. 5210 B	mg/L	5280	±15%	100
Grasas y Aceites	PEE/LABCESTTA/42 Standard Methods No. 5520 B	mg/L	32,2	±27%	30,0
Fosforo total	PEE/LABCESTTA/ 21 Standard Methods No. 4500-P B5/APHA 4500-PC	mg/L	42,12	±12%	10,0
Hierro	PEE/LABCESTTA/35 Standard Methods No. 3500-Fe B 3030-E3111-B	mg/L	21,74	±7%	10,0
Nitrógeno Total Kjeldahl	PEE/LABCESTTA/210 Standard Methods, Ed. 22. 2012 4500-Norg C	mg/L	164,2	±6%	50,0

OBSERVACIONES:

- Muestra receptada en el laboratorio.
- La columna marcada con (■) corresponde al límite máximo permitido indicado en la Tabla 10 del TULSMA. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce. Acuerdo Ministerial No.028 Solicitados por el cliente.

RESPONSABLE DEL INFORME:


 Dr. Mauricio Álvarez
RESPONSABLE TÉCNICO

LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL
 INSPECCIÓN
 LAB - CESTTA
 ESPOCH

Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.
 Los resultados arriba indicados sólo están relacionados con los objetos ensayados

Página 1 de 1
Edición 5

MC01-14



**CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS Y
TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA
AMBIENTAL**

**DEPARTAMENTO :
LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL E
INSPECCIÓN (LABCESTTA)**

Panamericana Sur Km. 1 ½, ESPOCH (Facultad de Ciencias)
RIOBAMBA - ECUADOR
Teléfono: (03) 3013183



Servicio de
**Acreditación
Ecuatoriano**

Acreditación N° OAE LE 2C 06-008
LABORATORIO DE ENSAYOS

INFORME DE ENSAYO No: 1609
ST: 591 - 15 ANÁLISIS DE AGUAS
Nombre Peticionario: EXTRACTORA RIO MANSO
Atm: José Sánchez - Ornella Sarango
Dirección: Nueva York y Antonio José de Sucre
Riobamba-Chimborazo
13 de Noviembre del 2015
FECHA: 1
NUMERO DE MUESTRAS: 1
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB: 2015/11/04 - 10:11
FECHA DE MUESTREO: 2015/11/03 - 17:00
FECHA DE ANÁLISIS: 2015/11/04 - 2015/11/13
TIPO DE MUESTRA: Agua residual
CÓDIGO LABCESTTA: LAB-A 1236-15
CÓDIGO DE LA EMPRESA: 1
PUNTO DE MUESTREO: Salida de biofiltro
ANÁLISIS SOLICITADO: Físico-Químico
PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA: José Sánchez
CONDICIONES AMBIENTALES DE ANÁLISIS: T máx.: 25,0 °C. T mín.: 15,0 °C

RESULTADOS ANALÍTICOS:

PARÁMETROS	MÉTODO /NORMA	UNIDAD	RESULTADO	INCERTIDUMBRE (k=2)	VALOR LÍMITE PERMISIBLE (■)
Demanda Química de Oxígeno	PEE/LABCESTTA/09 Standard Methods No. 5220 D	mg/L	>1500	±8%	200
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5días)	PEE/LABCESTTA/46 Standard Methods No. 5210 B	mg/L	3100	±15%	100
Grasas y Aceites	PEE/LABCESTTA/42 Standard Methods No. 5520 B	mg/L	12,9	±11%	30,0
Fosforo total	PEE/LABCESTTA/ 21 Standard Methods No. 4500-P B5/APHA 4500-PC	mg/L	42,35	±12%	10,0
Hierro	PEE/LABCESTTA/35 Standard Methods No. 3500-Fe B 3030-E3111- B	mg/L	21,58	±7%	10,0
Nitrógeno Total Kjeldahl	PEE/LABCESTTA/210 Standard Methods, Ed. 22. 2012 4500-Norg C	mg/L	123	±6%	50,0

OBSERVACIONES:

- Muestra receptada en el laboratorio.
- La columna marcada con (■) corresponde al límite máximo permitido indicado en la Tabla 9 del TULSMA. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce. Acuerdo Ministerial No.061. Solicitados por el cliente.

RESPONSABLE DEL INFORME:


Dr. Mauricio Alvarez
RESPONSABLE TÉCNICO

LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL
E INSPECCIÓN
LAB - CESTTA
ESPOCH

Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.
Los resultados arriba indicados sólo están relacionados con los objetos ensayados
MC01-14

Página 1 de 1
Edición 5

	CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA AMBIENTAL DEPARTAMENTO : LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL E INSPECCIÓN (LABCESTTA) Panamericana Sur Km. 1 1/2, ESPOCH (Facultad de Ciencias) RIOBAMBA - ECUADOR Telefonos: (03) 3013183	 Servicio de Acreditación Ecuatoriana Acreditación N° DAE LE 2C 04-008 LABORATORIO DE ENSAYOS
---	---	---

INFORME DE ENSAYO No: 1609
ST: 591 - 15 ANÁLISIS DE AGUAS
Nombre Peticionario: EXTRACTORA RIO MANSO
Atn: José Sánchez - Ornella Sarango
Dirección: Nueva York y Antonio José de Sucre
 Riobamba-Chimborazo
FECHA: 13 de Noviembre del 2015
NUMERO DE MUESTRAS: 1
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB: 2015/11/04 - 10:11
FECHA DE MUESTREO: 2015/11/03 - 17:00
FECHA DE ANÁLISIS: 2015/11/04 - 2015/11/13
TIPO DE MUESTRA: Agua residual
CÓDIGO LABCESTTA: LAB-A 1237-15
CÓDIGO DE LA EMPRESA: 2
PUNTO DE MUESTREO: Salida de biofiltro
ANÁLISIS SOLICITADO: Físico-Químico
PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA: José Sánchez
CONDICIONES AMBIENTALES DE ANÁLISIS: T máx.: 25,0 °C. T mín.: 15,0 °C

RESULTADOS ANALÍTICOS:

PARÁMETROS	MÉTODO /NORMA	UNIDAD	RESULTADO	INCERTIDUMBRE (k=2)	VALOR LÍMITE PERMISIBLE (●)
Demanda Química de Oxígeno	PEE/LABCESTTA/09 Standard Methods No. 5220 D	mg/L	>1500	±8%	200
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5días)	PEE/LABCESTTA/46 Standard Methods No. 5210 B	mg/L	2000	±15%	100
Grasas y Aceites	PEE/LABCESTTA/42 Standard Methods No. 5520 B	mg/L	12,2	±14%	30,0
Fosforo total	PEE/LABCESTTA/ 21 Standard Methods No. 4500-P B/5 APHA 4500-PC	mg/L	19,6	±13%	10,0
Hierro	PEE/LABCESTTA/35 Standard Methods No. 3500-Fe B 3030-E3111-B	mg/L	11,29	±7%	10,0
Nitrógeno Total Kjeldahl	PEE/LABCESTTA/210 Standard Methods, Ed. 22. 2012 4500-Norg C	mg/L	80,6	±6%	50,0

OBSERVACIONES:

- Muestra receptada en el laboratorio.
- La columna marcada con (●) corresponde al límite máximo permitido indicado en la Tabla 9 del TULSMA. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce. Acuerdo Ministerial No.061. Solicitados por el cliente.

RESPONSABLE DEL INFORME:


Dr. Mauricio Álvarez
RESPONSABLE TÉCNICO

**LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL
E INSPECCIÓN
LAB - CESTTA
ESPOCH**

Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.
 Los resultados arriba indicados sólo están relacionados con los objetos ensayados
 MC01-14

Página 1 de 1
 Edición 5

	<p align="center">CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA AMBIENTAL</p> <p align="center">DEPARTAMENTO : LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL E INSPECCIÓN (LABCESTTA)</p> <p align="center">Panamericana Sur Km. 1 %, ESPOCH (Facultad de Ciencias) RIOBAMBA - ECUADOR Teléfono: (03) 3013183</p>	 <p>Servicio de Acreditación Ecuatoriana</p> <p>Acreditación N° OAE LE 2C 06-008 LABORATORIO DE ENSAYOS</p>
---	--	--

INFORME DE ENSAYO No: 1662
ST: 623 - 15 ANÁLISIS DE AGUAS
Nombre Peticionario: EXTRACTORA RIO MANSO
Atn. José Sánchez - Ornela Sarango
Dirección: Nueva York y Antonio José de Sucre
 Riobamba-Chimborazo
 23 de Noviembre del 2015

FECHA:
NUMERO DE MUESTRAS: 1
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB: 2015/11/11 - 10:43
 2015/11/10 - 17:00
FECHA DE MUESTREO:
FECHA DE ANÁLISIS: 2015/11/11 - 2015/11/23
TIPO DE MUESTRA: Agua residual
CÓDIGO LABCESTTA: LAB-A 1278-15
CÓDIGO DE LA EMPRESA: 1
PUNTO DE MUESTREO: Salida de biofiltro
ANÁLISIS SOLICITADO: Físico-Químico
PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA: José Sánchez
CONDICIONES AMBIENTALES DE ANÁLISIS: T máx.: 25,0 °C. T mín.: 15,0 °C

RESULTADOS ANALÍTICOS:

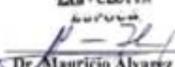
PARÁMETROS	MÉTODO /NORMA	UNIDAD	RESULTADO	INCERTIDUMBRE (k=2)	VALOR LÍMITE PERMISIBLE (■)
Demanda Química de Oxígeno	PEE/LABCESTTA/09 Standard Methods No. 5220 D	mg/L	>1500	±8%	200
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5días)	PEE/LABCESTTA/46 Standard Methods No. 5210 B	mg/L	2950	±15%	100
Grasas y Aceites	PEE/LABCESTTA/42 Standard Methods No. 5520 B	mg/L	9,2	±21%	30,0
Fosforo total	PEE/LABCESTTA/ 21 Standard Methods No. 4500-P B5/APIA 4500-PC	mg/L	30,73	±12%	10,0
Hierro	PEE/LABCESTTA/35 Standard Methods No. 3500-Fe B 3030-E3111- B	mg/L	16,68	±7%	10,0
Nitrógeno Total Kjeldahl	PEE/LABCESTTA/210 Standard Methods, Ed. 22, 2012 4500-Norg C	mg/L	70,4	±6%	50,0

OBSERVACIONES:

- Muestra receptada en el laboratorio.
- La columna marcada con (■) corresponde al límite máximo permitido indicado en la Tabla 9 del TULSMA. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce. Acuerdo Ministerial No.061. Solicitados por el cliente.

RESPONSABLE DEL INFORME:

LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL
 E INSPECCIÓN
 LAB - CESTTA


 Dr. Mauricio Alvarez
 RESPONSABLE TÉCNICO

Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.
 Los resultados arriba indicados sólo están relacionados con los objetos ensayados.

MC01-14

Página 1 de 1
 Edición 5

	<p align="center">CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA AMBIENTAL</p> <p align="center">DEPARTAMENTO: LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL E INSPECCIÓN (LABCESTTA)</p> <p align="center">Panamericana Sur Km. 1 ½, ESPOCH (Facultad de Ciencias) RIOBAMBA - ECUADOR Teléfono: (03) 3013183</p>	 <p>Servicio de Acreditación Ecuatoriano</p> <p>Acreditación N° QAE LE 20 04-004 LABORATORIO DE ENSAYOS</p>
---	---	---

INFORME DE ENSAYO No: 1662
ST: 623 - 15 ANÁLISIS DE AGUAS
Nombre Peticionario: EXTRACTORA RIO MANSO
Atm. José Sánchez - Omela Sarango
Dirección: Nueva York y Antonio José de Sucre
Riobamba-Chimborazo
23 de Noviembre del 2015

FECHA:
NUMERO DE MUESTRAS: 1
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB: 2015/11/11 - 10:43
FECHA DE MUESTREO: 2015/11/10 - 17:00
FECHA DE ANÁLISIS: 2015/11/11 - 2015/11/23
TIPO DE MUESTRA: Agua residual
CÓDIGO LABCESTTA: LAB-A 1279-15
CÓDIGO DE LA EMPRESA: 2
PUNTO DE MUESTREO: Salida de biofiltro
ANÁLISIS SOLICITADO: Físico-Químico
PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA: José Sánchez
CONDICIONES AMBIENTALES DE ANÁLISIS: T máx.: 25,0 °C. T mín.: 15,0 °C

RESULTADOS ANALÍTICOS:

PARÁMETROS	MÉTODO NORMA	UNIDAD	RESULTADO	INCERTIDUMBRE (k=2)	VALOR LÍMITE PERMISIBLE (■)
Demanda Química de Oxígeno	PEE/LABCESTTA/09 Standard Methods No. 5220 D	mg/L	>1500	±8%	200
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	PEE/LABCESTTA/46 Standard Methods No. 5210 B	mg/L	890	±15%	100
Grasas y Aceites	PEE/LABCESTTA/42 Standard Methods No. 5520 B	mg/L	10,1	±18%	30,0
Fósforo total	PEE/LABCESTTA/21 Standard Methods No. 4500-P B/APHA 4500-PC	mg/L	8,5	±12%	10,0
Hierro	PEE/LABCESTTA/35 Standard Methods No. 3500-Fe B 3030-E3111- B	mg/L	7,68	±29%	10,0
Nitrógeno Total Kjeldahl	PEE/LABCESTTA/210 Standard Methods, Ed. 22. 2012 4500-Norg C	mg/L	40,4	±6%	50,0

OBSERVACIONES:

- Muestra receptada en el laboratorio.
- La columna marcada con (■) corresponde al límite máximo permitido indicado en la Tabla 9 del TULSMA. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce. Acuerdo Ministerial No.061. Solicitados por el cliente.

RESPONSABLE DEL INFORME:

LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL
**INSPECCIÓN
LAB - CESTTA
ESPOCH**

Dr. Mauricio Álvarez
RESPONSABLE TÉCNICO

Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.
Los resultados arriba indicados sólo están relacionados con los objetos ensayados
MC01-14

Página 1 de 1
Edición 5