

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO



## FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

### DIRECCIÓN DE POSGRADO

#### MAESTRÍA EN AGROECOLOGÍA Y AMBIENTE

**TEMA:**

---

**“COMBINACIÓN BIOLÓGICA DE DOS ESPECIES EN HUMEDALES VEGETALES SUCESIVOS COMO BIOFILTROS PARA LA DESCONTAMINACIÓN DE AGUAS RESIDUALES EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO EL PERAL EP-EMAPA AMBATO”**

---

Trabajo de Titulación

Previo a la obtención del Grado Académico de Magister en Agroecología y Ambiente

**Autor:** Ingeniero Marco Antonio Viteri Briones

**Director:** Ingeniero José Ramiro Velasteguí Sánchez PhD

Ambato - Ecuador

2014

**Al Consejo de Posgrado de la Universidad Técnica de Ambato.**

El Tribunal de Defensa del trabajo de titulación presidido por el Ingeniero José Hernán Zurita Vásquez Magister., Presidente del Tribunal e integrado por los señores: Ingeniera Deysi Alexandra Guevara Freire Magister, Ingeniero Alberto Cristóbal Gutiérrez Albán Magister. e Ingeniero Giovanni Patricio Velástegui Espín Magister Miembros del Tribunal de Defensa, designados por el Consejo Académico de Posgrado de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Ambato, para receptor la defensa oral del trabajo de titulación con el tema: “COMBINACIÓN BIOLÓGICA DE DOS ESPECIES EN HUMEDALES VEGETALES SUCESIVOS COMO BIOFILTROS PARA LA DESCONTAMINACIÓN DE AGUAS RESIDUALES EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO EL PERAL EP-EMAPA AMBATO”, elaborado y presentado por el señor Ingeniero Marco Antonio Viteri Briones, para optar por el Grado Académico de Magister en Agroecología y Ambiente.

Una vez escuchada la defensa oral el Tribunal aprueba y remite el trabajo de titulación para uso y custodia en las bibliotecas de la UTA.

-----  
*Ing. José Hernán Zurita Vásquez Mg.*  
Presidente del Tribunal de Defensa

-----  
*Ing. Deysi Alexandra Guevara Freire Mg.*  
Miembro del Tribunal

-----  
*Ing. Alberto Cristóbal Gutiérrez Albán Mg.*  
Miembro del Tribunal

-----  
*Ing. Giovanni Patricio Velástegui Espín Mg.*  
Miembro del Tribunal

## **AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

La responsabilidad de las opiniones, comentarios y críticas emitidas en el trabajo de titulación con el tema: “COMBINACIÓN BIOLÓGICA DE DOS ESPECIES EN HUMEDALES VEGETALES SUCESIVOS COMO BIOFILTROS PARA LA DESCONTAMINACIÓN DE AGUAS RESIDUALES EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO EL PERAL EP-EMAPA AMBATO”, le corresponde exclusivamente a: Ingeniero Marco Antonio Viteri Briones, Autor bajo la Dirección de Ingeniero José Ramiro Velasteguí Sánchez PhD., Director del trabajo de titulación; y el patrimonio intelectual a la Universidad Técnica de Ambato.

---

Ing. Marco Antonio Viteri Briones  
Autor

---

Ing. José Ramiro Velasteguí Sánchez PhD  
Director

## **DERECHOS DE AUTOR**

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga uso de este trabajo de titulación como un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación.

Cedo los Derechos de mi trabajo de titulación, con fines de difusión pública, además autoriza su reproducción dentro de las regulaciones de la Universidad.

-----  
Ing. Marco Antonio Viteri Briones  
c.c. 1801861988

## ÍNDICE GENERAL

Portada.....	i
Al Consejo de Posgrado de la Universidad Técnica de Ambato. ....	ii
Autoría de la Investigación .....	iii
Derechos de Autor.....	iv
Índice General .....	v
Índice de Tablas .....	viii
Índice de Figuras .....	xi
Resumen Ejecutivo.....	xii
EXECUTIVE SUMMARY.....	xiii
INTRODUCCIÓN .....	1
CAPÍTULO I.....	3
EL PROBLEMA .....	3
1.1 Tema.....	3
1.2 Planteamiento del problema.....	3
1.2.1Contextualización .....	4
1.2.2Análisis crítico .....	10
1.2.3 Prognosis.....	11
1.2.4Formulación del problema .....	12
1.2.5Preguntas directrices .....	12
1.2.6Delimitación del objetivo de investigación.....	13
1.3 Justificación.....	13
1.4    Objetivos .....	14
1.4.1Objetivo General .....	14
1.4.2Objetivos Específicos.....	14
CAPÍTULO II .....	15
MARCO TEÓRICO.....	15
2.1 Antecedentes investigativos .....	15
2.2 Fundamentación filosófica .....	23
2.3 Fundamentación legal .....	23
2.4 Categorías Fundamentales .....	32
2.4.1 Marco teórico de la variable independiente.....	32

2.4.1.1 Humedales Artificiales.....	33
2.4.1.2. Características a ser consideradas para la construcción de un humedal .....	35
2.4.1.3. “Lechuguín” <i>Eichhornia crassipes</i> , Fam. Pontederiaceae.....	37
2. 4.1.4 Carrizo común <i>Arundo donax</i> , Fam. Poaceae.....	39
2.4.2.1. Contaminación del Agua.....	45
2.4.2.2. Substancias contaminantes del agua .....	50
2.5 Hipótesis .....	52
2.6 Señalamiento de variables.....	52
CAPÍTULO III.....	53
METODOLOGÍA .....	53
3.1 Modalidad básica de la investigación .....	53
3.2 Nivel o tipo de investigación .....	53
3.3 Población y muestra.....	54
3.4 Operacionalización de las variables.....	55
3.5 Plan de recolección de la información .....	56
3.5.1 Evaluación del comportamiento de dos humedales vegetales sucesivos.....	58
3.5.2 Procedimiento de muestreo de los análisis físico-químicos y microbiológicos para determinar los niveles de descontaminación con la tecnología propuesta. ....	59
3.5.3 Análisis económico de los tratamientos investigados.....	60
3.5.4 Proyección de los humedales a escala real para satisfacer los volúmenes de aguas residuales Planta de Tratamiento El Peral....	61
3.6 Plan de procesamiento de la información .....	61
CAPÍTULO IV.....	62
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	62
4.1 Análisis de los Resultados .....	62
4.2 Verificación de Hipótesis.....	97
CAPÍTULO V .....	98
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	98

5.1 Conclusiones .....	98
5.2 Recomendaciones .....	100
CAPÍTULO VI.....	102
PROPUESTA.....	102
6.1 Datos informativos.....	102
6.1.1. Ventajas y desventajas de la fitorremediación.....	104
6.1.2. Fitorremediación Acuática.....	104
6.1.3 Sistemas de Fitorremediación Acuática.....	105
6.1.4. Tipos de plantas acuáticas.....	106
6.1.5. Criterios de selección de plantas para la fitorremediación .....	107
6.1.6. Funciones de las plantas en los sistemas de fitorremediación A.	107
6.2 Antecedentes de la propuesta.....	109
6.3 Justificación .....	109
6.4 Objetivos .....	110
6.4.1 Objetivo general.....	110
6.4.2 Objetivos específicos .....	110
6.5 Análisis de factibilidad.....	110
6.6 Fundamentación .....	111
6.6.1.- Lechuguín ( <i>Eichhornia crassipes</i> ) .....	112
6.6.2.- Carrizo Común ( <i>Arundo donax</i> ).....	113
6.7 Metodología.Modelo Operativo.....	114
6.7.1. Determinación de áreas para implementación. ....	114
6.7.2. Costos de implementación.....	115
6.7.3. Evaluación del agua fitorremediada y descargada en río Ambato.....	116
6.7.4. Programa de Mantenimiento y Limpieza.....	115
6.7.5. Control de Plagas .....	115
6.8 Administración.....	116
6.9 Previsión de la evaluación .....	116
C. MATERIALES DE REFERENCIA.....	118
Bibliografía .....	118
Anexos .....	127

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N.- 1 Resumen de los análisis realizados por EP-EMAPA .....	22
Tabla N.- 2 Para aguas dulces TULAS (2010) .....	46
Tabla N.- 3 Límites de descarga de alcantarillado público.....	27
Tabla N.- 4 Criterios de calidad admisibles para aguas de uso agrícola.....	28
Tabla N.- 5 En TULAS, Tabla 1 .....	29
Tabla N.- 6 Alteraciones Físicas .....	46
Tabla N.- 7 Alteraciones químicas.....	47
Tabla N.- 8 Alteraciones biológicas.....	49
Tabla N.- 9 Variable Independiente.. .....	55
Tabla N.- 10 Variable dependiente.. .....	55
Tabla N.- 11 Instalación de Humedales .....	58
Tabla N.- 12 Síntesis de toma de muestras .....	60
Tabla N.- 13 Costo instalación humedales.....	60
Tabla N.- 14Resumen la plantación, prendimiento y crecimiento dos especies.	63
Tabla N.- 15 Parámetro, Unidad, Método Utilizados y Testigo .....	63
Tabla N.- 16 Resultados de la primera toma de las muestras.....	64
Tabla N.- 17 Segunda toma de Muestras .....	65
Tabla N.- 18 Porcentajes de la primera muestra. ....	65
Tabla N.- 19 Porcentajes (Segundo ciclo).....	66
Tabla N.- 20 Permitirte relacionar lo que sucede alcomarar los límites permisibles según TULAS (2010) .....	66
Tabla N.- 21 Dureza.....	67
Tabla N.- 22 pH.....	67
Tabla N.- 23 Conductividad.....	68
Tabla N.- 24Sólidos totales disueltos.....	68
Tabla N.- 25 Cloruros .....	68
Tabla N.- 26 Materia Orgánica .....	69
Tabla N.- 27 Color .....	69
Tabla N.- 28 DBO <sub>5</sub> .....	69
Tabla N.- 29 DBO .....	70



Tabla N.- 30 Turbidez .....	70
Tabla N.- 31 Detergentes .....	70
Tabla N.- 32 Aceites y grasas .....	71
Tabla N.- 33 Coliformes Totales.....	71
Tabla N.- 34 Coliformes Fecales.....	71
Tabla N.- 35 Aerobios Totales .....	72
Tabla N.- 36 Costo Instalación de Humedales para el Estudio.....	72
Tabla N.- 37 Costo Análisis de Laboratorio. ....	73
Tabla N.- 38 Criterios de calidad admisibles para aguas de uso agrícola.....	77
Tabla N.- 39 Parámetros de los niveles guía de la calidad del agua para riego ...	77
Tabla N.- 40 Síntesis de límites permisibles.....	78
Tabla N.- 41 Dureza interpretación.....	79
Tabla N.- 42 pH interpretación .....	79
Tabla N.- 43 CE para riego TULAS (2010).....	80
Tabla N.- 44 Conductividad interpretación.....	80
Tabla N.- 45 Sólidos interpretación .....	81
Tabla N.- 46 Iones interpretación.....	82
Tabla N.- 47 Materia orgánica interpretación.....	83
Tabla N.- 48 Olor interpretación.....	84
Tabla N.- 49 DQO interpretación.....	84
Tabla N.- 50 DBO <sub>5</sub> interpretación .....	85
Tabla N.- 51 Turbidez interpretación.....	86
Tabla N.- 52 Detergentes interpretación.....	87
Tabla N.- 53 Aceites y grasas interpretación.....	88
Tabla N.- 54 Análisis estadísticos de Parámetros Físico-Químicos .....	89
Tabla N.- 55 Análisis Estadístico Parámetros Microbiológicos .....	90
Tabla N.- 56 Análisis de Parámetros Microbiológicos en Lechuguín.....	90
Tabla N.- 57 Resultado Análisis Bacterias Coliformes Totales.....	92
Tabla N.- 58 Resultado Análisis Bacterias coliformes fecales.....	93
Tabla N.- 59 Resultado Análisis Aerobios totales .....	94
Tabla N.- 60 Ventajas y desventajas de la fitorremediación.....	104

Tabla N.- 61 Costo real instalación humedal lechugin y carrizo ..... 116

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Figura N.- 1 Humedal Artificial.....	33
Figura N.- 2 Humedal Artificial Sistema de Flujo Libre .....	34
Figura N.- 3 Humedal Artificial Sistema de Flujo Subsuperficial.....	34
Figura N.- 4 Humedal .....	103

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**  
**DIRECCIÓN DE POSGRADO**  
**MAESTRÍA EN AGROECOLOGÍA Y AMBIENTE**

**Tema:** “COMBINACIÓN BIOLÓGICA DE DOS ESPECIES EN HUMEDALES VEGETALES SUCESIVOS COMO BIOFILTROS PARA LA DESCONTAMINACIÓN DE AGUAS RESIDUALES EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO EL PERAL EP-EMAPA AMBATO”

**Autor:** Ing. Marco Antonio Viteri Briones  
**Director:** Ing. José Ramiro Velasteguí Sánchez PhD.  
**Fecha:** 19 de diciembre de 2013

**RESUMEN EJECUTIVO**

La presente investigación contribuye a la fitorremediación del agua contaminada con la utilización de biofiltros vegetales a fin de mejorar el sistema de descontaminación de las aguas residuales que son procesadas en la planta de tratamiento “El Peral” EP-EMAPA de la ciudad de Ambato. En este proceso se implementaron dos humedales vegetales sucesivos: “Lechuguín” *Eichhornia crassipes*, Fam. Pontederiaceae, de mayor inversión, por ser una planta acuática, que necesita una superficie impermeabilizada, en comparación al Carrizo” *Arundo donax*, Fam. Poaceae, que es de menor inversión. A las aguas recolectadas, se realizaron análisis físico-químicos, los que indican que son aptas para su utilización en riego agrícola exceptuando cultivos hortícolas según TULAS (2010) y de los análisis microbiológicos se tiene que no es apta para el consumo humano, a pesar de reducirse los coliformes.

**Descriptor:** análisis de datos, análisis de laboratorio, construcción de humedales, costo, evaluación del proceso, implementación, problema, proyección, propuesta y ubicación de tratamiento.

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**  
**DIRECCIÓN DE POSGRADO**  
**MAESTRÍA EN AGROECOLOGÍA Y AMBIENTE**

**Subject: “BIOLOGICAL COMBINATION OF TWO PLANT SPECIES IN SUCCESSIVE WETLANDS AS BIOFILTERS FOR DECONTAMINATING WASTER WATER IN THE TREATMENT PLANT “THE PEAR” EP-EMAPA AMBATO”**

Author:       Ing. Marco Antonio Viteri Briones  
Hedman:       Ing. José Ramiro Velasteguí Sánchez PhD.  
Date:         December, 19 of 2013

**EXECUTIVE SUMMARY**

This research contributes to the phytoremediation of contaminated water with the use of biofilters to improve the decontamination system of wastewater are processed at the treatment plant EP- El Peral EMAPA city of Ambato. In this process to implementate two succesive wetland plantas were implemented: “Lechuguín” *Eichhornia crassipes*, Fam. Pontederiaceae, greater investment, being a water plant that needs a sealed area, compared to the “Carrizo”*Arundo donax* , Poaceae Fam, which is lower investment. A harvested water, physical and chemical analyzes were performed, indicating that they are suitable for use in irrigations as TULAS (2010) and microbiological must be unfit for human consumption, despite reduced coliforms.

Descriptors: problem, location, construction of wetlands, implementation of treatment, laboratory analysis, process evaluation, cost analysis, design and proposal.

## INTRODUCCIÓN

El tema de investigación “COMBINACIÓN BIOLÓGICA DE DOS ESPECIES EN HUMEDALES VEGETALES SUCESIVOS COMO BIOFILTROS PARA LA DESCONTAMINACIÓN DE AGUAS RESIDUALES EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO EL PERAL EP-EMAPA AMBATO”, expresa la necesidad de contribuir al mejoramiento de la calidad del agua que es vertida al río Ambato.

El estudio de la investigación está constituido por seis capítulos:

En el primer Capítulo se analiza la dificultad ambiental a ser resuelta, se contextualiza en situaciones macro, meso y micro organizando un árbol de problemas con su correspondiente análisis crítico, determinado la prognosis y creando las interrogantes para el estudio, delimitando el objeto de la investigación, proponiendo los objetivos que por supuesto tiene una justificación al ser un proceso que aporta a la descontaminación del ambiente.

En el segundo capítulo se identifican las referencias investigativas, las fundamentaciones filosófica, sociológica, axiológica, con soporte y aportes de diferentes autores de bibliografía especializada.

Con relación al tercer capítulo que es la metodología, se abordan y desarrollan temas como: la modalidad básica de la investigación, se describen los tipos de investigación, población y muestra aplicadas, además se operacionalizan las variables que son parte del marco teórico, con técnicas e instrumentos que permiten la recolección y procesamiento de la información creando un análisis para la interpretación de resultados.

Para el Capítulo cuarto tenemos: el desarrollo, análisis y la interpretación de los resultados, de las técnicas e instrumentos aplicados durante la investigación realizada en la Planta de Tratamiento de aguas residuales de “El Peral”.

En el Capítulo quinto se realizan las conclusiones y recomendaciones a las que se ha llegado en la investigación conduciendo a la previsión de la propuesta.

En el Capítulo sexto se elabora la propuesta que será: **REMEDIACIÓN DE LAS AGUAS SERVIDAS CON LA UTILIZACIÓN DE LECHUGUÍN” *Eichhornia crassipes* Y “CARRIZO” *Arundo donax* EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO “EL PERAL” DE LA CIUDAD DE AMBATO.**

## **CAPÍTULO I**

### **EL PROBLEMA**

#### **1.1 Tema**

COMBINACIÓN BIOLÓGICA DE DOS ESPECIES EN HUMEDALES VEGETALES SUCESIVOS COMO BIOFILTROS PARA LA DESCONTAMINACIÓN DE AGUAS RESIDUALES EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO EL PERAL EP-EMAPA AMBATO.

#### **1.2 Planteamiento del problema**

Más que una solución parcial se proporciona el apoyo al planteamiento de un plan de desarrollo para proteger el medio ambiente, que surge de la preocupación de la ciudadanía frente a la contaminación de las aguas del Río Ambato y su interés por el tratamiento de las aguas residuales de la ciudad que desembocan en este río, pues la población se ubica en sus riveras y es una fuente de contaminación ambiental.

Con el apoyo de la Empresa Pública-Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Ambato (EP-EMAPA) y la participación de la Universidad Técnica de Ambato (UTA), se contribuye a la solución de la problemática existente en la Planta de Tratamiento de aguas residuales El Peral, con la construcción de filtros biológicos (biofiltros) para el pos-tratamiento de las aguas residuales que son depositadas en el río Ambato.



### 1.2.1 Contextualización

#### - Macro

Celis, J. et al. (2005) manifiestan que, los contaminantes son compuestos de distinto origen y naturaleza química, cuya presencia en el medio ambiente o las posibles consecuencias de la misma han pasado en gran parte inadvertidas. Son compuestos de los cuales se sabe relativamente poco o nada acerca de su presencia e impacto en los distintos compartimentos ambientales y en el hombre y que por tanto, hace falta investigación. Se debe precisar que de los contaminantes orgánicos se conocen muy poco su origen, los usos a que se destinan, sus características físico-químicas, el destino que sufren en el medio ambiente, los niveles detectados, las técnicas que se utilizan para su análisis.

Celis, J. et al. (2005) manifiesta que en todo el mundo, más de mil millones de personas no tienen acceso al agua. Para el fin del siglo se estima que un 80% de los habitantes de la Tierra puede que no dispongan de suministros adecuados de agua. Sólo una pequeña cantidad del agua dulce del planeta (aproximadamente el 0,008%) está actualmente disponible para el consumo humano. Un 70% de la misma se destina a la agricultura, un 23% a la industria y sólo un 8% al consumo doméstico.

Al mismo tiempo, la demanda de agua está aumentando rápidamente. Se espera que el consumo agrícola de agua aumente un 17% y el industrial un 60% en los próximos años. A medida que el agua es más escasa, hay mayores posibilidades de que se convierta en una fuente de conflictos.

Celis, J. et al. (2005) complementa al indicar que el suministro de agua está disminuyendo debido a las fuertes sequías que la mitad de las naciones del mundo experimentan regularmente. Como consecuencia la población, en constante aumento, extrae agua de los acuíferos a un ritmo mayor del tiempo que tarda en reponerse por medios naturales, incluso en países como Estados Unidos.

En algunas ciudades costeras, como en Yakarta, Indonesia, o Lima, Perú, el agua del mar se introduce en el interior de los acuíferos para llenar el vacío, contaminando el agua restante.

Una causa importante de la contaminación del agua es el vertido de aguas residuales. En los países en vías de desarrollo, el 95% de las aguas residuales se descargan sin ser tratadas en ríos cercanos, que a su vez suelen ser una fuente de agua para diversos consumos. Las personas que consumen esta agua son más propensas a contraer enfermedades infecciosas que se propagan a través de aguas contaminadas, siendo el principal problema de salud en países en vías de desarrollo. Además, la contaminación producida por las aguas residuales destruye los peces de agua dulce, una importante fuente de alimentos, y favorece la proliferación de algas nocivas en zonas costeras.

Como aporte de solución para este problema, se presenta la implementación de humedales; siendo el Convenio Ramsar el que describe a los humedales como: “Extensiones de marismas, pantanos y turberas o superficies cubiertas de agua, sean estas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluidas las extensiones de agua marina cuya profundidad en marea baja no exceda de seis metros” (Ramsar Convention, 1971).

Según Lara (1990), los humedales son los biomas intermedios entre los ambientes que se encuentran permanentemente o temporalmente inundados, por la influencia de aguas superficiales o subterráneas (acuáticos), y de los normalmente secos (terrestres), en donde la saturación de agua es un factor para determinar el desarrollo del suelo y los diferentes tipos de comunidades de plantas y animales que viven en el suelo o en la superficie, y cuyos límites son: el tipo de vegetación hidrófila de presencia permanente o estacional.

Estos biomas varían notablemente debido a las diferencias de cada región, en cuanto a su suelo, topografía, clima, hidrología, química del agua, vegetación y

otros factores, incluyendo por supuesto a la perturbación humana. Dado que pueden ser permanentes o temporales, estancados o con flujo de corriente, dulces, salobres o salados, su clasificación se hace bastante compleja, lo que dificulta que se puedan concretar sus límites. Lara (1990) muestra que generalmente se reconocen cinco clases principales de humedales naturales:

- Marinos: humedales costeros, incluyendo costas rocosas y arrecifes de coral.
- Estuarios: deltas, marismas de marea y manglares.
- Lacustre: lagos y lagunas.
- Ribereños: humedales asociados a ríos y arroyos.
- Palustres: lodazales o ciénagas, marismas y pantanos.

Lara (1990) describe otro grupo; el de los construidos por el ser humano (humedales artificiales): estanques para acuicultura y ganadería, tierras irrigadas, canales de drenaje, arrozales, salinas, canteras, pozos de minería, áreas de tratamientos de aguas negras, represas hídricas entre otros, que por la flora y la fauna que sustentan merecen ser considerados como humedales. Puede existir una gran variedad de especies en un mismo humedal y entre otros que se encuentran cercanos entre sí, por lo que no solo forman ecosistemas distintos, sino paisajes totalmente diferentes. La distribución a nivel mundial de los humedales comprende, desde la tundra hasta los trópicos y en todos los continentes excepto en la Antártida.

#### - **Meso**

De la información proporcionada por el Plan Nacional de Calidad Turística del Perú-Cultur (2008) muestra, en su vida el ser humano genera desperdicios constantemente. Los residuos propios de la actividad humana, si no son adecuadamente tratados, contaminan agua y suelos.

Las aguas residuales a menudo son vertidas directamente en cuerpos de agua sin haber recibido tratamiento previo, contaminándolos severamente y

siendo el origen de enfermedades infecciosas que afectan a todas las personas, sobre todo a los niños y a madres gestantes.

Reynolds (2008) toma la información del Banco Mundial e informa que más de 300 millones de habitantes de ciudades en Latinoamérica producen 225.000 toneladas de residuos sólidos cada día. Sin embargo, menos del 5% de las aguas de alcantarillado de las ciudades reciben tratamiento. Con la ausencia de tratamiento, las aguas servidas son por lo general vertidas en aguas superficiales, creando un riesgo obvio para la salud humana, la ecología y los animales.

En Latinoamérica muchas corrientes son receptoras de descargas directas de residuos domésticos e industriales. La contaminación del suelo ocurre tanto en áreas urbanas como rurales, la región alberga al 40% de las especies tropicales de plantas y animales del mundo, y 36% de las especies cultivadas de alimentos y productos industriales, presentando un intenso interés en la preservación y protección del medio ambiente, sin mencionar una preocupación por la salud humana.

Reynolds (2008) en su estudio menciona, desde 1950 a 1995 la población de Latinoamérica aumentó de 179 millones a 481 millones de habitantes, lo cual afectó con una carga mayor sobre la infraestructura existente y un aumento en la producción de residuos domésticos. De igual manera, la tendencia de aumento en la población seguirá durante las próximas décadas al igual que las presiones sobre la infraestructura. Para 1995 se estimó que el porcentaje de latinoamericanos que contaban con instalaciones para el desecho de aguas residuales incluía 69% de la población total (80% urbana; 40% rural), aunque como promedio, 80% de la población urbana de Latinoamérica tiene acceso a servicios de recolección de aguas de alcantarillado, existe una gran variación entre los países. La mayor parte de las aguas servidas no han recibido tratamiento, aun las grandes ciudades como la Ciudad de México y Sao Paulo-Santos se encuentran a menudo altamente contaminadas y carecen de infraestructura de saneamiento para tratar los residuos peligrosos.

Es difícil generalizar acerca de cualquier condición en Latinoamérica, debido a la diversidad económica, social y ambiental de la región, tanto entre país y país como dentro de una misma nación. Una gran inquietud es la gente pobre que vive en áreas urbanas y habita en colonias y áreas que no son adecuadas para el desarrollo (como laderas empinadas de cerros, pantanos, y planicies propensas a inundaciones). En Latinoamérica existe una división marcada entre las poblaciones de escasos recursos y las de altos ingresos, con respecto al acceso a los servicios de saneamiento. Aproximadamente 18% de la población de escasos recursos cuenta con agua de tubería en sus casas, comparado con 80% de la población de altos ingresos, las personas de escasos recursos se encuentran más susceptibles a las enfermedades y potencialmente están menos conscientes de cómo mantener las condiciones salubres, lo cual lleva a una mayor propagación de enfermedades en la población general.

- **Micro**

Rosales (2002) muestra a las actividades agrícolas, industriales y domésticas como generadoras de desechos orgánicos e inorgánicos que generalmente son descargados directamente en los ríos, vertientes o cuerpos de agua sin previo tratamiento, afectando la calidad de las aguas. Esta práctica de descarga directa de aguas contaminadas trae como consecuencia la reducción en la disponibilidad de oxígeno disuelto, el devastamiento de la vida acuática presente y hace que esa fuente de agua se convierta en un sitio inapropiado para abastecer a comunidades de su servicio y que el sitio sea inútil para otros beneficios que demanda el ser humano.

Pozo (2012) al estudiar las aguas contaminadas del canal Latacunga-Salcedo-Ambato manifiesta que están causando una serie de efectos negativos en los cultivos ya que se contaminan los productos y luego van a los consumidores provocando diferentes tipos de patologías, por ello es menester utilizar tecnologías simples y económicas pero con gran impacto.

El problema se agudiza aún más cuando las aguas servidas de la ciudad de Latacunga y los poblados aledaños se descargan al río Cutuchi sin ninguna remediación; para luego estas aguas contaminadas ser captadas y conducidas por el canal de riego Latacunga-Salcedo-Ambato.

Los efectos causados son graves ya que con estas aguas se riega una gran extensión de tierras agrícolas muy productivas, dando como productos finales hortalizas, legumbres, tubérculos, frutas, entre otros, contaminados que son consumidos por un gran número de habitantes

Fiallos (2011), al realizar el estudio en la estación de tratamiento de aguas servidas denominada El Peral, que se encuentra ubicada en la ciudad de Ambato en el sector de Ficoa-La Delicia y es uno de los lugares que dispone la Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Ambato (EMAPA), para la recepción y tratamiento de aguas contaminadas provenientes de aguas de uso doméstico. Las aguas circulan por un sistema de tratamiento de sedimentación, filtración y pozo séptico para luego ser descargadas en el río Ambato. Estas aguas no cumplen con todas las características técnicas tanto microbiológicas como físico-químicas para ser descargadas en un río, por lo que están contribuyendo a la consiguiente contaminación ambiental.

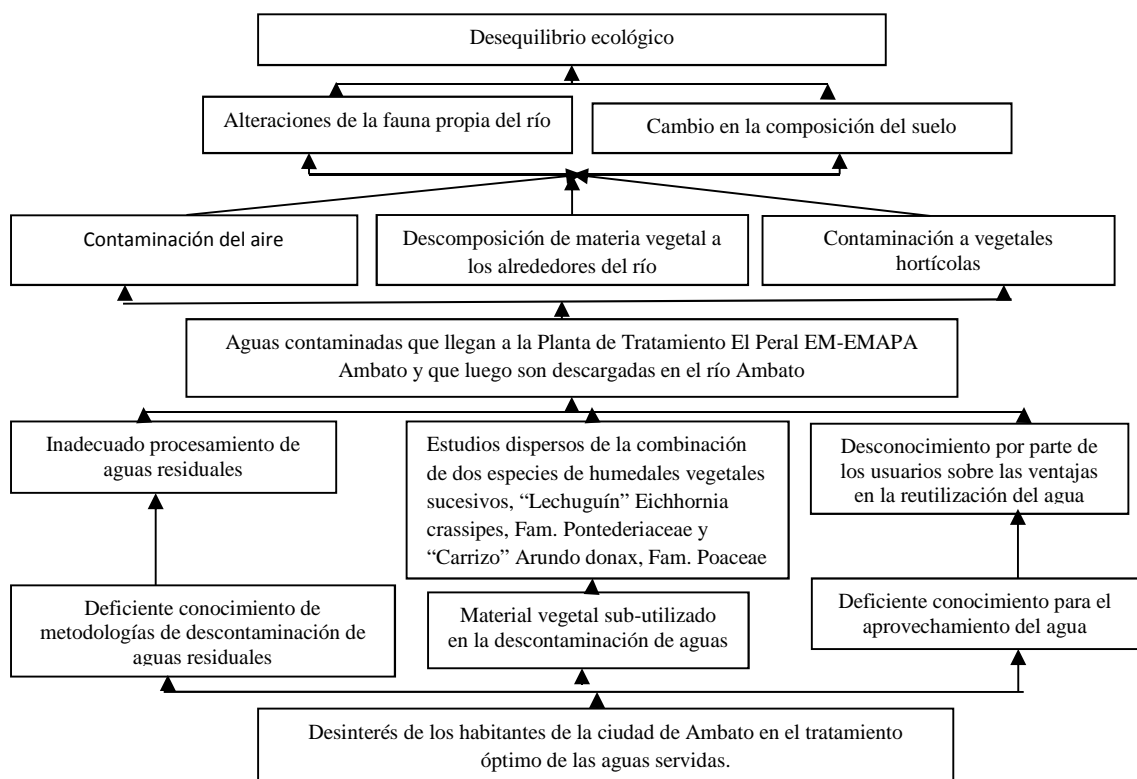
Como remediación a la contaminación ambiental, Pozo (2012) sugiere implementar los dos humedales vegetales para la descontaminación de aguas, y lo realiza en el canal de riego Latacunga-Salcedo-Ambato en los que utiliza lechuguín como primer lecho vegetal por su mejor adaptación al medio, y luego un segundo lecho vegetal que es Carrizo, teniendo en cuenta que el carrizo hay que esperar que se desarrolle perfectamente para que ejerzan su acción de Fitorremediación.

Mientras que Fiallos (2011) en su trabajo realizado, y de acuerdo a los resultados de la investigación, manifiesta que para la estación de tratamiento de aguas servidas El Peral, es recomendable emplear dos estanques vegetales, el primer

estanque con la planta acuática flotante “lechuguín” y luego un segundo estanque con “Carrizo”; en este caso, previo al inicio del funcionamiento del sistema es indispensable trasplantar plántulas de carrizo en tierra fértil en la base del estanque y esperar hasta que crezcan y se desarrollen plenamente las plantas, añadiendo la innovación de fitorremediación.

Al analizar los procesos desarrollados por Pozo (2012) y Fiallos (2011) en los que proponen la utilización de lechuguín y carrizo y para complementar el estudio realizado por Fiallos (2011), se combinan los humedales siendo el trabajo realizado en la Planta De Tratamiento El Peral de propiedad de la Empresa Pública-Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de la ciudad de Ambato (EP-EMAPA Ambato) y los datos se analizan en el laboratorio con certificación OAE, complementando el tratamiento de las aguas al implementar un post tratamiento al combinar los humedales vegetales.

### 1.2.2 Análisis crítico



Para la interpretación del análisis crítico, se considera que la población de la ciudad de Ambato muestra un desinterés por el uso que se le dé al agua, una vez que haya sido utilizada en los diferentes menesteres, creando un deficiente conocimiento sobre el aprovechamiento que debe tener el agua, siendo desconocidas las ventajas de la reutilización por parte de los usuarios; este desinterés provoca que no se utilicen materiales vegetales para la descontaminación de las aguas existiendo estudios dispersos sobre vegetales descontaminantes como lechuguín y carrizo lo que se refleja con los pocos conocimientos de metodologías de descontaminación de aguas.

Por lo tanto las aguas que llegan a la Planta de Tratamiento El Peral EP-EMAPA Ambato son contaminadas, lo que provoca contaminación del aire por los olores que emana al descomponerse la materia orgánica en los alrededores de la planta y siendo esta agua utilizada en cultivos agrícolas contamina, especialmente las hortalizas que se cultivan y son comercializadas en plazas y mercados locales; alterando la fauna propia del río e inclusive cambiando la composición del suelo lo que provoca un desequilibrio ecológico.

### **1.2.3 Prognosis**

Las aguas de descarga doméstica o negras que llegan a la Planta de Tratamiento El Peral de la ciudad de Ambato, son parcialmente tratadas y fluyen libremente hacia el río, utilizando el oxígeno que se encuentra en este cuerpo de agua, volviéndole un cuerpo inerte; esto contribuye a que exista deficiencia de oxígeno, lo que hace que las especies animales y vegetales que habitaban en el río lleguen muchas de ellas a morir, sin embargo Acurio (2012) declara que existen actualmente en la ciudad de Ambato 13 plantas de tratamiento instaladas y funcionando parcialmente, el peligro de contaminación es latente y progresivo, ya que al prestar servicio a mayor cantidad de familias se incrementa el nivel de materia extraña, y al ser la única fuente de descarga el río Ambato, este se contamina muy fácilmente.



Al no realizarse la investigación propuesta no existiría ninguna alternativa de solución al tratamiento de las aguas descargadas en el río Ambato, las que seguirían incrementando su contaminación con efectos negativos para los seres vivos y el ambiente.

#### **1.2.4 Formulación del problema**

¿Son los dos humedales vegetales sucesivos una solución al problema de contaminación de las aguas residuales que llegan a la Planta de Tratamiento El Peral de la Empresa Pública Empresa Municipal de Agua Potable de Ambato (EP-EMAPA)?.

#### **1.2.5 Preguntas directrices**

- a. Los dos humedales vegetales sucesivos, “Lechuguín” *Eichhornia crassipes* Fam. Pontederiaceae y “Carrizo” *Arundo donax* Fam. Poaceae Barnhart; ¿se comportarán adecuadamente en la descontaminación de las aguas residuales de la Planta de Tratamiento “El Peral” de la EP-EMAPA?.
- b. Al realizar los análisis físico-químico y microbiológico del agua; ¿se podrán determinar los niveles de descontaminación con la tecnología propuesta?.
- c. Con el análisis económico; ¿se determinarán los costos de descontaminación de las aguas residuales de la Planta de Tratamiento “El Peral” de la EP-EMAPA?.
- d. ¿Se podrá proyectar los resultados a las condiciones existentes en la Planta de Tratamiento El Peral?.

### 1.2.6 Delimitación del objetivo de investigación

Área:	Ciencias Ambientales
Sub-área:	Protección Ambiental
Sector:	Descontaminación de aguas residuales
Sub-sector:	Uso de fitorremediación
Temporal:	julio de 2012 a enero de 2013
Espacial:	El estudio se desarrolló en la Planta de Tratamiento El Peral, que se encuentra ubicada en el sector de Ficoa La Delicia, al noreste de la ciudad de Ambato, es un área que dispone la Empresa Pública Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de la ciudad de Ambato, en la provincia de Tungurahua.

### 1.3 Justificación

La Planta de Tratamiento de aguas servidas de “El Peral”, se encuentra ubicada en el sector de Ficoa La Delicia, al noreste de la ciudad de Ambato, es de propiedad de la Empresa Pública-Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado (EP-EMAPA Ambato), que sirve a la ciudad, en la provincia de Tungurahua, siendo una institución de servicio social y comunitario.

Esta planta de tratamiento posee procesos en funcionamiento como es la sedimentación, filtración y secado de lodos, por lo que el estudio plantea la construcción, en secuencia de dos humedales vegetales; para establecer la calidad del agua en el que se observan parámetros físico-químicos y microbiológicos, determinando así el grado de descontaminación del agua que es vertida al río Ambato, mejorando la calidad de la misma.

Considera las probabilidades para mejorar la calidad del agua a través de la utilización de biofiltros vegetales (fitorremediación), y se explica en razón de los resultados obtenidos que son verificados a través de los análisis realizados y corroborados por trabajos que permiten contribuir a la solución del problema de la contaminación de las aguas; beneficiando a la EP-EMAPA al crear una alternativa de descontaminación, que es aprovechada por los agricultores de los sectores de Las Viñas, Península y Quillán.

## **1.4 Objetivos**

### **1.4.1 Objetivo General**

Realizar un trabajo de investigación para contribuir al mejoramiento del sistema actual de tratamiento de aguas residuales que son descargadas al Río Ambato, utilizando dos especies vegetales en humedales sucesivos como biofiltros en la planta de tratamiento El Peral EP-EMAPA Ambato.

### **1.4.2 Objetivos Específicos**

- Evaluar el comportamiento de dos humedales vegetales sucesivos, “Lechuguín” *Eichhornia crassipes*, Fam. Pontederiaceae y de “Carrizo” *Arundo donax*, Fam. Poaceae, para la descontaminación de las aguas residuales de la Planta de Tratamiento El Peral de la EP-EMAPA.
- Ejecutar los análisis físico-químicos y microbiológicos para determinar los niveles de descontaminación con la tecnología propuesta.
- Realizar el análisis económico de los tratamientos investigados.
- Proyectar la implementación de los humedales a escala real para satisfacer los volúmenes de aguas residuales de la Planta de Tratamiento El Peral.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 Antecedentes investigativos**

Wikipedia, 2012 (c) manifiesta que la contaminación es la introducción de contaminantes a un medio natural que provocan en este un cambio adverso. El medio puede ser un ecosistema, un medio físico o un ser vivo. El contaminante puede ser una sustancia química, energía (como sonido, calor, luz o radiactividad). Es siempre una alteración negativa del estado natural del medio, y por lo general, se genera como consecuencia de la actividad humana considerándose una forma de impacto ambiental.

La contaminación puede clasificarse según el tipo de fuente de donde proviene, o por la forma de contaminante que emite o medio que contamina. Existen muchos agentes contaminantes entre ellos las sustancias químicas (como plaguicidas, cianuro, herbicidas y otros.), los residuos urbanos, el petróleo, o las radiaciones ionizantes. Todos estos pueden producir enfermedades, daños en los ecosistemas o el medioambiente. Además existen muchos contaminantes gaseosos que juegan un papel importante en diferentes fenómenos atmosféricos, como la generación de lluvia ácida, el debilitamiento de la capa de ozono, y el cambio climático.

Wikipedia, 2012 (c) indica que hay muchas formas de combatir la contaminación, y legislaciones internacionales que regulan las emisiones contaminantes de los países que adhieren estas políticas. La contaminación esta generalmente ligada al desarrollo económico y social. Actualmente muchas organizaciones internacionales como la ONU ubican al desarrollo sostenible como una de las formas de proteger al medioambiente para las actuales y futuras generaciones

.Ramsar Convention 1971 en su manifiesto indica que la naturaleza está constituida por diversos elementos sin los que no sería posible concebir la vida en todas sus expresiones. Cuando estos elementos son valorados y aprovechados por la especie humana para su supervivencia y desarrollo de su sociedad, economía, bienestar y cultura se les considera recursos naturales. Los más importantes son la energía solar, el agua, el aire, el suelo, los bosques, la fauna, la flora, los minerales y los hidrocarburos.

Todos ellos se integran y se relacionan en numerosos y complejos procesos ecológicos esenciales siendo empleados de manera directa como materias primas, alimentos o energía o indirecta como servicios ambientales.

Ramsar Convention (1971) señala, los recursos naturales pueden ser escasos o abundantes dependiendo de su distribución original por causas geofísicas y evolutivas y por la presión que se ejerza sobre ellos a lo largo del tiempo. Comúnmente se consideran como renovables aquellos que se componen de organismos vivos que crecen y se renuevan, como por ejemplo la flora y la fauna, a diferencia de otros llamados no renovables que son finitos y se agotan con su explotación, como el petróleo y los yacimientos de minerales.

Por la importancia esencial que tienen los recursos naturales renovables en la actividad de los seres vivos, se debe buscar promover el cuidado del agua, el suelo y la vegetación, por medio del conocimiento y la implementación de algunas prácticas o tecnologías relacionadas con su uso y aprovechamiento.

Ramsar Convention (1971) considera que la conservación de los humedales estuvo favorecida hasta épocas recientes por la dificultad para habitarlos, los proyectos de terraformación recientes constituyen un grave riesgo para las especies endémicas; la biodiversidad de los humedales sean estos naturales o artificiales los convierte en un recurso ecológico crucial. En el año 1971 la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN por sus siglas en inglés) formuló un listado de humedales de protección recomendada en

su primera convención, conocida como Convenio Ramsar por la ciudad iraní en la que se llevó a cabo; más de un millar de humedales en todo el mundo se encuentran protegidos en este momento.

Los humedales artificiales se emplean como procesos descontaminantes de aguas residuales principalmente y mejoramiento paisajístico del entorno.

De las investigaciones realizadas por Vaquero y Toxqui (2012) en el que describen al agua como un compuesto extraordinariamente simple, es sin embargo una sustancia de características tan excepcionales y únicas que sin ella sería imposible la vida. El hombre tiene necesidad de agua para realizar sus funciones vitales, para preparar y cocinar los alimentos, para la higiene y los usos domésticos, para regar los campos, para la industria, para las centrales de energía; en una palabra para vivir. Existen organismos capaces de vivir sin luz, incluso sin oxígeno, pero ninguno puede vivir sin agua. Tal y como escribió Hildreth Brian «Un hombre puede vivir días sin comer, pero sólo unos 2-5 días sin agua».

Además Vaquero y Toxqui (2012), examinan que tampoco debemos perder de vista que en la naturaleza no se encuentra nunca el agua de los químicos, es decir el agua pura, inodora, incolora e insípida. El agua de los ríos, el agua subterránea, el agua de lluvia y el agua que bebemos contiene siempre otras sustancias disueltas que aún en cantidades reducidas, aportan cualidades organolépticas y nutritivas, por lo que el agua también debe considerarse un alimento, un componente más de nuestra dieta, un ingrediente fundamental en la cocina, contribuyendo al aporte de algunos nutrientes y mejorando también el valor gastronómico de las recetas culinarias.

Vaquero y Toxqui (2012) citan a Lavoisier (1743-1794) y Cavendish (1731-1810) quienes demostraron que el agua estaba formada por hidrógeno y oxígeno. Años más tarde (1913) el bioquímico y fisiólogo Henderson (1878-1942) en su libro «The Fitness of the Environment», explicó por primera vez cómo sus peculiares propiedades hacían del agua un constituyente esencial de todas las formas de vida conocidas.

Villacís (2011) cita a Gonzales y describe las siguientes clases de aguas contaminadas:

**Aguas Residuales Domésticas.**- Desechos líquidos provenientes de viviendas instituciones y establecimientos comerciales.

**Aguas Residuales Industriales.**- Desechos líquidos provenientes de la industria. Dependiendo de las industrias podrían contener, además de residuos tipo doméstico, desechos de los procesos industriales.

**Aguas Pluviales.**- Son las aguas de la escorrentía superficial, provocada por las precipitaciones atmosféricas (lluvia, nieve, granizo). Las cargas contaminantes se incorporan al agua al atravesar la atmósfera y por el lavado de superficies de terreno.

**Aguas Agrarias.** - Son aguas que se desechan de actividades agrícolas y ganaderas. La denominación de aguas agrarias se debe reservar a las originadas exclusivamente de la actividad agrícola, aunque está muy generalizada (impropiamente) su aplicación también a las procedentes actividades ganaderas. La contaminación de las aguas agrarias es muy importante, perjudicando sensiblemente las características del cauce o medio receptor. Villacís (2011)

Villegas y Vidal (2009) definen al tratamiento como el conjunto de operaciones y procesos que se realizan sobre el agua cruda, con el fin de modificar sus características organolépticas, físicas, químicas y microbiológicas para hacerlas aprovechables de acuerdo a las normas establecidas en la legislación nacional vigente y describen al tratamiento de aguas residuales como un proceso en el cual se eliminan del agua las sustancias disueltas y suspendidas que contienen, hasta que el efluente pueda ser utilizado para fines agrícolas, recreativos o industriales o verterse a un cuerpo de agua con mínimo impacto para éste y describe como tratamientos: Villegas y Vidal (2009)

**Tratamiento primario:** Tratamiento en el que se remueve una porción de los sólidos suspendidos y de la materia orgánica del agua residual. Esta remoción normalmente es realizada por operaciones físicas como la sedimentación. El efluente del tratamiento primario usualmente contiene alto contenido de materia orgánica y una relativamente alta DBO.

**Tratamiento secundario:** Es aquel directamente encargado de la remoción de la materia orgánica y los sólidos suspendidos.

**Tratamiento por Cloración:** Suministro de cloro y/o compuestos clorados al agua residual para su descontaminación.

**Tratamiento - Eficiencia:** Relación entre la masa o concentración removida y la masa o concentración en el afluente, para un proceso o planta de tratamiento y un parámetro específico; normalmente se expresa en términos porcentuales. Villegas y Vidal (2009)

Silva y Zamora (2005) describen al manejo del agua residual generada por comunidades y municipios como una tarea compleja. En consecuencia cualquier programa asociado con esta actividad debe ser planeado y ejecutado teniendo en cuenta aspectos sociales, técnicos, económicos y topográficos.

Silva y Zamora (2005) revelan que cuando el agua residual se acumula, la descomposición de la materia orgánica crea un desequilibrio ecológico que perturba a la comunidad, además de la presencia de numerosos microorganismos causantes de varias enfermedades que afectan la vida. Por esta razón se debe acudir al tratamiento y evacuación del agua que ha sido contaminada durante los diferentes usos para los cuales ha sido empleada antes de ser vertida a otro cuerpo de agua.

El humedal artificial es un tratamiento que puede ser utilizado para mejorar la calidad del agua residual, en el cual mediante procesos biológicos se permite la degradación de la materia orgánica. Por medio de este se pretende llegar a



soluciones económicas y modulares para el tratamiento de agua residual doméstica (ARD), Silva y Zamora (2005).

Fiallos (2011) en su investigación aplica la innovación biológica para depuración de aguas contaminadas provenientes del sector de Ficoa – La Delicia, que son transportadas por los drenajes de alcantarillado hacia la planta de tratamiento de aguas servidas “El Peral” de la Empresa Pública-Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Ambato (EP-EMAPA), la innovación biológica aplicada en esta investigación fue la fitorremediación, con dos tipos de vegetales, “lechuguín” y “carrizo” *Arundo donax*, lográndose reducir los 11 parámetros analizados como indicadores de calidad del agua, por lo que se puede afirmar que la metodología aplicada fue positiva para el mejoramiento del agua y así se pudo descargar al río un agua con un índice de contaminación aceptable.

De acuerdo a la evaluación del funcionamiento del sistema de depuración implementado se puede concluir que la eficacia de los vegetales fue positiva. Tomando en cuenta los resultados del monitoreo en los estanques durante 30 días, tanto con “lechuguín” *Eichhornia crassipes*, como con “carrizo” *Arundo donax*, en el caso del “lechuguín” se logró mejores resultados tanto físicos como bioquímicos por lo que se puede afirmar que este vegetal posee mayor capacidad de depuración, además de adaptarse fácilmente al medio.

Fiallos (2011) de acuerdo a los resultados presentados recomienda realizar una investigación empleando dos estanques vegetales: el primer estanque con la planta acuática flotante “lechuguín” seguido de un segundo estanque con “carrizo” (con plantas bien establecidas).

Pozo (2012) sugiere implementar los dos humedales vegetales sucesivos en el canal de riego Latacunga-Salcedo-Ambato, utilizando como primer lecho vegetal lechuguín por adaptarse mejor al medio y luego un segundo lecho vegetal de carrizo, teniendo en cuenta que las plantas de este hay que esperar que se desarrollen perfectamente para que ejerzan su acción de fitorremediación.

Complementando los criterios, Fiallos (2011) detalla los componentes del sistema de depuración utilizado en la Estación “El Peral” de la Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Ambato (EMAPA) y los representa como una estación de tratamiento de aguas contaminadas que recoge la mayor parte del caudal proveniente de las aguas servidas de uso doméstico, y de ciertas industrias del sector de Ficoa-La Delicia.

Fiallos (2011) describen al sistema de depuración de aguas compuesto inicialmente por una caja de entrada, construida con hormigón en una dimensión de  $1,4\text{m}^2$  encargada de recibir el agua contaminada para entrar al sistema de tratamiento, en esta caja se logra mínima sedimentación y pasa a los siguientes procesos que mejoran las condiciones de las aguas, seguidamente se encuentra un desarenador; su función es remover las partículas de mayor tamaño, tiene como objetivo eliminar las partículas más pesadas que el agua y que poseen un tamaño superior a 200 micras, está construido en un área de  $3\text{m}^2$ .

Posteriormente se ubica el tanque séptico (tratamiento anaerobio), en esta fosa la parte sólida de las aguas servidas es separada por un proceso de sedimentación, y a través del denominado “proceso séptico”, se estabiliza la materia orgánica contenida en el agua para lograr transformarla en un barro.

Fiallos (2011) describe al tanque séptico como una construcción de concreto reforzado, a partir de una gran caja rectangular que posee un compartimiento que se encarga de recibir los excrementos y las aguas grises. Las tres cuartas partes de este tanque se encuentra enterrado y cubierto por cuatro capas de concreto ubicadas en sus esquinas. Además cuenta con dos válvulas, que permiten el vaciado para evitar la acumulación de los lodos; a continuación se localiza la caja filtro construida de hormigón en un área de  $3\text{m}^2$ , contiene piedra bola, material que ofrece gran cantidad de superficie en un volumen reducido.

Fiallos (2011) describe que el agua circula a través de los espacios entre las piedras, momento en el que se adhieren materiales a la superficie de las

pedras, el ingreso del agua es por la parte inferior, de allí inicia el recorrido del agua, en forma ascendente, finalmente se encuentra el pozo de salida, construido en el sector sur de la planta, recoge el agua de salida del filtro y lleva hacia la salida posterior de descarga al río Ambato. (Anexo 5 Imagen 1)

Pozo (2012) recomienda a las autoridades ambientales, municipales y otras, difundan este tipo de fitorremediación, que es fácil de implementar y a bajo costo.

Efectuando un análisis de los resultados de la Planta de Tratamiento “El Peral” de la EP-EMAPA durante el año 2012 (tabla 1) estos demuestran ser aguas servidas de uso doméstico; esta información fue proporcionada por la Dra. Díaz, funcionaria de la EP-EMAPA, quien certifica los análisis realizados en los laboratorios de la EP-EMAPA durante el año 2012 (tabla 1).

**Tabla N.- 1** Resumen de los análisis realizados por EP-EMAPA durante el año 2012

<b>Análisis</b>	<b>Parámetros</b>	<b>Unidad</b>	<b>Resumen Ep-Emapa 2012</b>
<b>FÍSICO-QUÍMICO</b>	Dureza	mgCaCO <sub>3</sub> /l	
	pH	UpH	7,21
	Conductividad	us/cm	
	Sólidos totales disueltos	mg/l	669,00
	Cloruros	mgCl/l	
	Materia orgánica	kg/día	
	Olor	N/A	Característico
	Color	Unid. Pt-Co	
	DQO	mg/l	362,00
	DBO <sub>5</sub>	mg/l	306,00
	Turbidez	NTU	
	Detergentes	mg/l	
	Aceites y Grasas	mg/l	
<b>MICROBIOLÓGICOS</b>	Coliformes Totales	NMP/100ml	Más de 1000000
	Coliformes Fecales	NMP/100ml	Más de 1000000
	Aerobios totales	UFC/100ml	Más de 1000000

*Fuente: EP-EMAPA-2012*

## **2.2 Fundamentación filosófica**

Arango (2006) indica; los fundamentos teóricos y metodológicos se sustentan en la concepción filosófica dialéctica-materialista y se justifica por las necesidades sociales relevantes, actuales y perspectivas, de un mantenimiento ambiental que le proporciona al hombre el marco teórico integrador para la orientación en el complejo sistema de integración.

Sintiendo que la labor en el trabajo propuesto aporta algo positivo, y que gracias a ese esfuerzo el colectivo se beneficia del estudio para investigar la efectividad de los humedales, con la utilización de biofiltros, puede proporcionar mayores soluciones a la problemática ambiental y apoyar a remediar los problemas actuales existentes.

## **2.3 Fundamentación legal**

- La Asamblea Constituyente (2008) al emitir la Constitución de la República del Ecuador en lo concerniente al ambiente tenemos:

Al analizar la Constitución de República dentro de los Elementos Constitutivos del Estado en el capítulo primero; al mencionar los principios fundamentales, estos se refieren a los recursos naturales no renovables del territorio dándole pertenencia a ser un patrimonio inalienable, irrenunciable e imprescriptible y en el artículo 3 da como un deber primordial del Estado la protección del patrimonio natural y cultural del país.

Mientras que; en el título II referente a derechos del buen vivir en la sección primera que corresponde a agua y alimentación, en el artículo 12 crea el derecho humano al agua y lo considera como patrimonio nacional estratégico de uso público, inalienable, imprescriptible, inembargable y esencial para la vida complementado con el artículo 13 al emitir el derecho de las personas y colectividades al acceso seguro y permanente a alimentos sanos, suficientes y

nutritivos y en correspondencia con sus diversas identidades y tradiciones culturales.

- El Congreso Nacional del Ecuador., 2004 a través de la Comisión de Legislación y Codificación, “Ley de Aguas” 2004, Codificación 16, Registro Oficial 339, manifiesta:

En la Ley de aguas en el título II que concierne al Régimen Institucional de la Gestión Ambiental correspondiente al desarrollo sustentable en el artículo 7 manifiesta que la gestión ambiental se enmarca en las políticas generales de desarrollo sustentable para la conservación del patrimonio natural y el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales creando políticas que formarán parte de los objetivos nacionales permanentes y las metas de desarrollo. El Plan Ambiental Ecuatoriano contendrá las estrategias, planes, programas y proyectos para la gestión ambiental nacional y será preparado por el Ministerio del ramo.

En el Capítulo II que se refiere a la Evaluación de Impacto Ambiental y del Control Ambiental en su artículo 19 manifiesta la necesidad de calificar los impactos que se puedan producir durante la ejecución de cualquier obra, creando el Sistema Único de Manejo Ambiental, con el principio de precautelar el ambiente complementado con el artículo 20, donde se precisa la emisión de la licencia respectiva.

Esta normativa es sustentada por el artículo 21, en que crea el documento para el manejo ambiental donde se incluye estudios de línea base, evaluación del impacto ambiental, evaluación de riesgos, planes de manejo, planes de manejo de riesgo, sistemas de monitoreo, planes de contingencia y mitigación, auditorías ambientales y planes de abandono, se complementa con el artículo 22 en el cual se evalúa el cumplimiento en cualquier momento, mediante la auditoría ambiental, practicada por consultores previamente calificados por el Ministerio del ramo, a fin de establecer los correctivos que deban hacerse.

- El Congreso Nacional del Ecuador, 1999, en la “Ley de Gestión Ambiental”, publicada en el Registro Oficial No. 245 de 30 de Julio de 1999 expresa:

La ley de gestión ambiental en su capítulo VI referente a la Prevención y Control de la Contaminación de las Aguas en su artículo 16 expresamente prohíbe descargar, sin sujetarse a las correspondientes normas técnicas y regulaciones, a las redes de alcantarillado, o en las quebradas, acequias, ríos, lagos naturales o artificiales, o en las aguas marítimas, así como infiltrar en terrenos, las aguas residuales que contengan contaminantes que sean nocivos a la salud humana, a la fauna, a la flora y a las propiedades.

Y en el artículo 17 dispone a diferentes organismos estatales elaborar los proyectos de normas técnicas y de las regulaciones para autorizar las descargas de líquidos residuales, de acuerdo con la claridad de agua que deba tener el cuerpo receptor.

- Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria TULAS, (2010)

Según publicación realizada en el Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria (TULAS, 2010) del Ministerio del Ambiente, que unifica la legislación secundaria ambiental, para facilitar a los ciudadanos el acceso a la normativa requerida; constituye un texto reglamentario bastante amplio de la normativa ecuatoriana vigente en la Ley de Gestión Ambiental y con lo que queda en vigor de la Ley de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental.

El Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria del Ministerio del Ambiente fue aprobado inicialmente por el Decreto Ejecutivo N° 3.399 del 28 de noviembre del 2002, como referencia para el presente estudio se tomó en consideración las siguientes tablas:

**Tabla N° 2.-** para aguas dulces, TULAS (2010) en la tabla 12 presenta los límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.

<b>Parámetros</b>	<b>Expresado como</b>	<b>Unidad</b>	<b>Límite máximo permisible</b>
Aceites y grasas	Substancias solubles en hexano	mg/l	0,3
Alkil mercurio		mg/l	No detectable
Aldehídos		mg/l	2,0
Aluminio	Al	mg/l	5,0
Arsénico total	As	mg/l	0,1
Bario	Ba	mg/l	2,0
Boro total	Br	mg/l	2,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,02
Cianuro total	CN	mg/l	0,1
Cloro activo	Cl	mg/l	0,5
Cloroformo	Extracto carbón cloroformo ECC	mg/l	0,1
Cloruros	Cl	mg/l	1000
Cobre	Cu	mg/l	1,0
Cobalto	Co	mg/l	0,5
Coliformes fecales		Nmp/100ml	Remoción > al 99,9%
Color real	Color real	Unidades de color	Inapreciable en disolución 1/20
Compuestos fenólicos	Fenol	mg/l	0,2
Cromo hexavalente	Cr <sup>+6</sup>	mg/l	0,5
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 Días)	D.B.O. <sub>5</sub>	mg/l	100
Demanda Química de Oxígeno	D.Q.O.	mg/l	250
Dicloroetileno	Dicloroetileno	mg/l	1,0
Estaño	Sn	mg/l	5,0
Fluoruros	F	mg/l	5,0
Fósforo total	P	mg/l	10,0
Hierro total	Fe	mg/l	10,0
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	20
Manganeso total	Mn	mg/l	2,0
Materia flotante	Visible		Ausencia
Mercurio total	Hg	mg/l	0,005
Niquel	Ni	mg/l	2,0
Nitratos + Nitritos	Expresado como Nitrógeno (N)	mg/l	10,0
Nitrógeno total Kjedahl	N	mg/l	15
Oganoclorados totales	Concentración de organoclorados totales	mg/l	0,05
Organofosforados totales	Concentración de organofosforados totales	mg/l	0,1
Plata	Ag	mg/l	0,1

Plomo	Pb	mg/l	0,2
Potencial de hidrógeno	pH		5,9
Selenio	Se	mg/l	0,1
Sólidos suspendidos totales		ml/l	100
Sólidos totales		mg/l	1600
Sulfatos	SO <sub>4</sub>	mg/l	1000
Sulfitos	SO <sub>3</sub>	mg/l	2,0
Sulfuros	S	mg/l	0,5
Temperatura	°C		<35
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	0,5
Tetracloruro de carbono	Tetracloruro de carbono	mg/l	1,0
Tricloroetileno	Tricloroetileno	mg/l	1,0
Vanadio		mg/l	5,0
Zinc	Zn	mg/l	5,0

*Fuente: TULAS (2010)*

**Tabla N° 3.-** se toma como referencia para los límites permisibles expuestos por TULAS (2010) en la tabla 11. Límites de descarga al sistema de alcantarillado público

<b>Parámetros</b>	<b>Expresado como</b>	<b>Unidad</b>	<b>Límite máximo permisible</b>
Aceites y grasas	Substancias solubles en hexano	mg/l	100
Alkil mercurio		mg/l	No detectable
Ácidos o bases que pueden causar contaminación, sustancias explosivas o inflamables		mg/l	Cero
Aluminio	Al	mg/l	5,0
Arsénico total	As	mg/l	0,1
Bario	Ba	mg/l	5,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,02
Carbonatos	CO <sub>3</sub>	mg/l	0,1
Caudal máximo		l/s	1,5 veces caudal promedio horario de sistema de alcantarillado
Cianuro total	CN	mg/l	1,0
Cobalto total	Co	mg/l	0,5
Cobre	Cu	mg/l	1,0
Cloroformo	Extracto carbón cloroformo ECC	mg/l	0,1
Cloro activo	Cl	mg/l	0,5
Cromo hexavalente	Cr <sup>+6</sup>	mg/l	0,5
Compuestos fenólicos	Expresado como fenol	mg/l	0,2
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	D.B.O. <sub>5</sub>	mg/l	250



Demanda Química de Oxígeno	D.Q.O.	mg/l	500
Dicloroetileno	Dicloroetileno	mg/l	1,0
Fósforo total	P	mg/l	1,5
Hierro total	Fe	mg/l	25
Hidrocarburos totales de petróleo	TPH	mg/l	20
Manganeso total	Mn	mg/l	10
Materia flotante	Visible		Ausencia
Mercurio (total)	Hg	mg/l	0,01
Niquel	Ni	mg/l	2,0
Nitrógeno total Kjeldahl	N	mg/l	40
Plata	Ag	mg/l	0,5
Plomo	Pb	mg/l	0,5
Potencial de hidrógeno	pH		5-9
Sólidos sedimentables		ml/l	20
Sólidos suspendidos		mg/l	220
Selenio	Se	mg/l	0,5
Sulfatos	SO <sub>4</sub>	mg/l	400
Sulfuros	S	mg/l	1,0
Temperatura	°C		<40
Tensoactivo	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	2,0
Tetracloroetileno	Tetracloroetileno	mg/l	1,0
Tetracloruro de carbono	Tetracloruro de carbono	mg/l	1,0
Sulfuro de carbono	Sulfuro de carbono	mg/l	1,0
Compuestos organoclorados (totales)	Concentración de organoclorados totales	mg/l	0,05
Organofosforados y carbamatos (totales)	Concentración de organofosforados y carbamatos totales	mg/l	0,05
Vanadio	V	mg/l	5,0
Zinc	Zn	mg/l	110

*Fuente: TULAS (2010)*

**Tabla N°4.** Dentro de los criterios de calidad de TULAS (2010) se toma en cuenta la tabla 6, que corresponde a criterios de calidad admisibles para aguas de uso agrícola

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Aluminio	Al	mg/l	5,0
Arsénico (total)	As	mg/l	0,1
Bario	Ba	mg/l	1,0
Berilio	Be	mg/l	0,1
Boro (total)	B	mg/l	1,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,01
Carbamatos totales	Concentración total de carbamatos	mg/l	0,1
Cianuro total	CN	mg/l	0,2

Cobalto	Co	mg/l	0,05
Cobre	Cu	mg/l	2,0
Cromo hexavalente	Cr <sup>+6</sup>	mg/l	0,1
Fluor	F	mg/l	1,0
Hierro	Fe	mg/l	5,0
Litio	Li	mg/l	2,5
Materia flotante	Visible		Ausencia
Manganeso	Mn	mg/l	0,2
Molibdeno	Mo	mg/l	0,01
Mercurio (total)	Hg	mg/l	0,001
Níquel	Ni	mg/l	0,2
Organofosforados (totales)	Concentración de organofosforados totales	mg/l	0,1
Organoclorados totales	Concentración de organoclorados totales	mg/l	0,2
Plata	Ag	mg/l	0,05
Potencial de hidrógeno	pH		6-9
Plomo	Pb	mg/l	0,05
Selenio	Se	mg/l	0,02
Sólidos disueltos totales		mg/l	3000
Transparencia de las aguas medidas con el disco secchi			Mínimo 2,0 m
Vanadio	V	mg/l	0,1
Aceites y grasas	Sustancias solubles en hexano	mg/l	0,3
Coliformes totales	nmp/100ml		1000
Huevos de parásitos		Huevos por litro	Cero
Zinc	Zn	mg/l	2,0

Fuente: TULAS (2010)

**Tabla N°5** en TULAS, tabla 1 indica los límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico, que únicamente requieren tratamiento convencional; siendo:

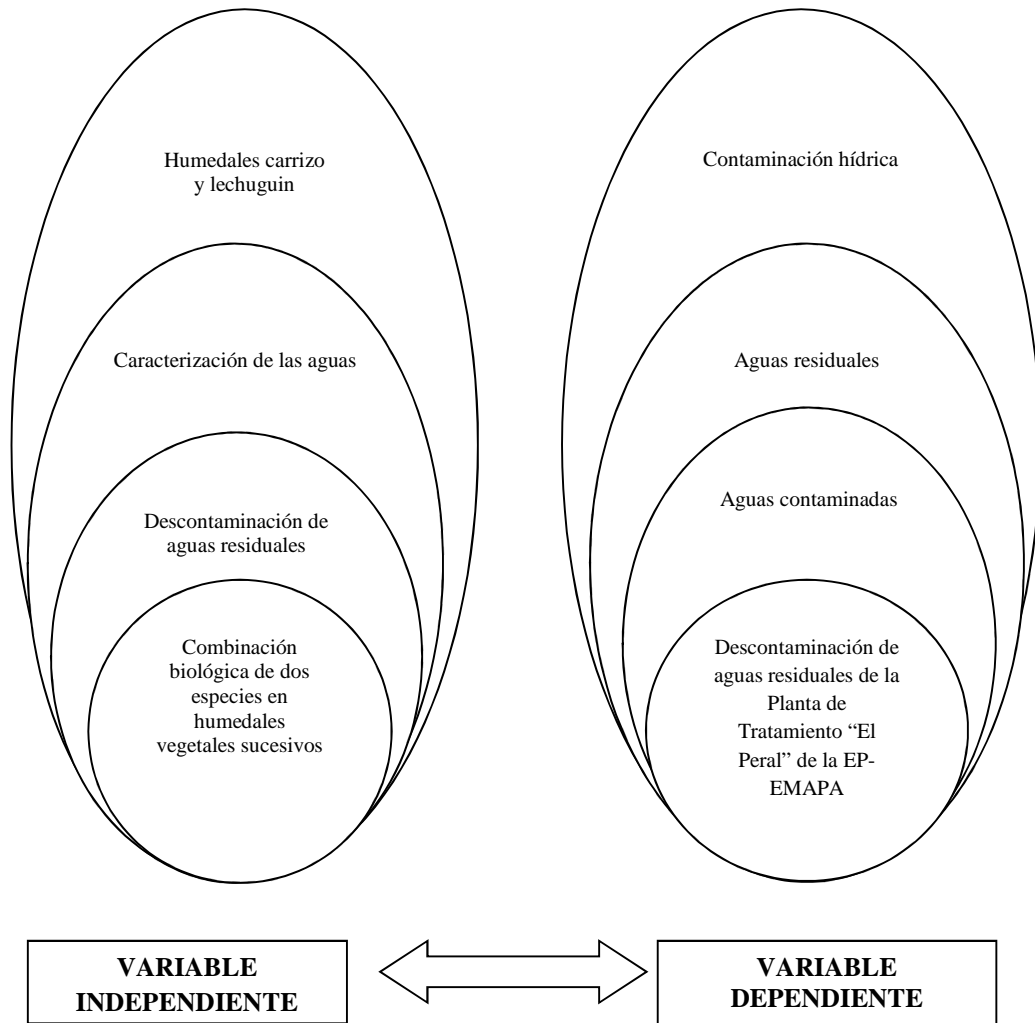
Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Aceites y grasas	Sustancias solubles en hexano	mg/l	0,3
Aluminio	Al	mg/l	0,2
Amoníaco	N-Amoniacal	mg/l	1,0
Amonio	NH <sub>4</sub>	mg/l	0,05
Arsénico (total)	As	mg/l	0,05
Bario	Ba	mg/l	1,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,01
Cianuro (total)	CN	mg/l	0,1
Cloruro	Cl	mg/l	250
Cobre	Cu	mg/l	1,0
Coliformes totales	nmp/100 ml		3000

Coliformes fecales	nmp/100ml		600
Color	Color real	Unidades de color	100
Compuestos fenólicos	Fenol	mg/l	0,002
Cromo hexavalente	Cr <sup>+6</sup>	mg/l	0,05
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO <sub>5</sub>	mg/l	2,0
Dureza	CaCO <sub>3</sub>	mg/l	500
Bifenilo policlorados /PCBs	Concentración de PCBs totales	ug/l	0,0005
Fluoruro (total)	F	mg/l	1,5
Hierro(total)	Fe	mg/l	1,0
Manganeso (total)	Mn	mg/l	0,1
Materia flotante			Ausencia
Mercurio (total)	Hg	mg/l	0,001
Nitrato	N-Nitrato	mg/l	10,0
Nitrito	N-Nitrito	mg/l	1,0
Olor y sabor			Es permitido olor y sabor removible por tratamiento convencional
Oxígeno disuelto	O.D.	mg/l	No menor al 80% del oxígeno de saturación y no menor a 6 mg/l
Plata (total)	Ag	mg/l	0,05
Plomo (total)	Pb	mg/l	0,05
Potencial de hidrógeno	pH		6-9
Selenio (total)	Se	mg/l	0,01
Sodio	Na	mg/l	200
Sólidos disueltos totales		mg/l	1000
Sulfatos	SO <sub>4</sub>	mg/l	400
Temperatura		°C	Condición natural +0 -3 °C
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	0,5
Turbiedad		UTN	100
Zinc	Zn	mg/l	5,0
<b>Productos para la desinfección</b>		mg/l	0,1
<b>Hidrocarburos aromáticos</b>			
Benceno	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	ug/l	10,0
Denzo(a) pireno		ug/l	0,01
Etilbenceno		ug/l	700
Estireno		ug/l	100
Tolueno		ug/l	1000
Xilenos (totales)		ug/l	10000
<b>Pesticidas y herbicidas</b>			
Carbamatos totales	Concentración de carbamatos totales	mg/l	0,1

Organoclorados totales	Concentración de organoclorados totales	mg/l	0,01
Organofosforados totales	Concentración de organofosforados totales	mg/l	0,1
Dicloropropano (DBCP)	Concentración total de DBCP	ug/l	0,2
Dibromoetileno (DBE)	Concentración total de DBE	ug/l	0,05
Dicloropropano (1,2)	Concentración total de dicloropropano	ug/l	5
Diquat		ug/l	70
Glifosato		ug/l	200
Toxafeno		ug/l	5
<b>Compuetso halogenados</b>			
Tetracloruro de carbono		ug/l	3
Dicloroetano (1,2-)		ug/l	10
Dicloroetileno (1,1-)		ug/l	0,3
Dicloroetileno (1,2-cis)		ug/l	70
Dicloroetileno (1,2-trans)		ug/l	100
Diclorometano		ug/l	50
Tetracloro etileno		ug/l	10
Tetracloroetano (1,1,1-)		ug/l	200
Tricloroetileno		ug/l	30
Clorobenceno		ug/l	100
Diclorobenceno (1,2-)		ug/l	200
Diclorobenceno (1,4-)		ug/l	5
Hexaclorobenceno		ug/l	0,01
Bromoximil		ug/l	5
Diclorometano		ug/l	50
Tribrometano		ug/l	2

*Fuente: TULAS (2010)*

## 2.4 Categorías Fundamentales



### 2.4.1 Marco teórico de la variable independiente (humedales)

La hora (1998) señala, se ha tratado de aprovechar este gran potencial depurador de los humedales para el tratamiento de aguas residuales, diseñando instalaciones capaces de reproducir las características de los humedales naturales.

Los humedales específicamente contruidos con el propósito de controlar la contaminación del agua han recibido gran cantidad de nombres en las distintas partes del mundo donde han sido usados (Crites et al. 2000). La denominación

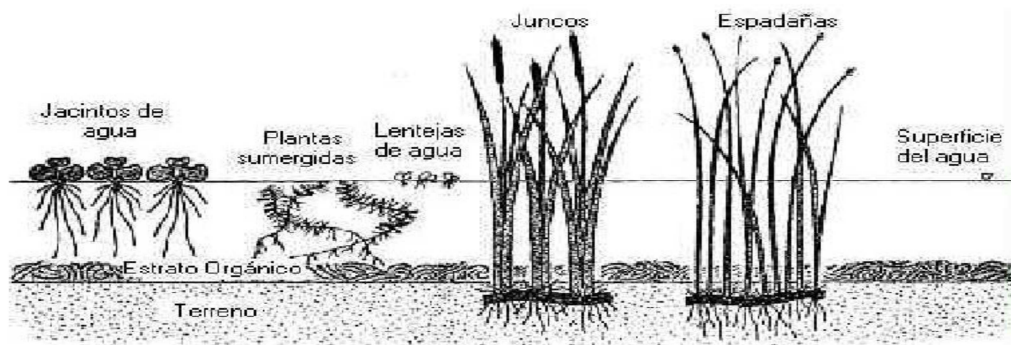
más extendida es Humedales Articales o Humedales Construidos (Conjstructed Wetlands; U.S. Environmental Protection Agency, 1998).

La hora (1998) manifiesta; para la depuración de aguas residuales generalmente se consideran humedales aquellos sistemas que son macrófitos (plantas que se ven a simple vista), en contraposición a los micrófitos (generalmente micro algas), y por tanto los lagunares no suelen ser considerados como humedales.

#### 2.4.1.1 Humedales Artificiales

Metcalf & Eddy, Inc. (1996), describe a los humedales artificiales como áreas que se encuentran llenas de agua con plantas emergentes como espadañas, carrizos, juncos y eneas que aprovechan las interacciones con los microorganismos y la atmósfera para remover la materia orgánica. La vegetación proporciona superficies para la formación de películas bacterianas y permite la transferencia de oxígeno. Existen dos tipos de humedales artificiales desarrollados para el tratamiento del agua residual.

**Figura 1. Humedal Artificial**

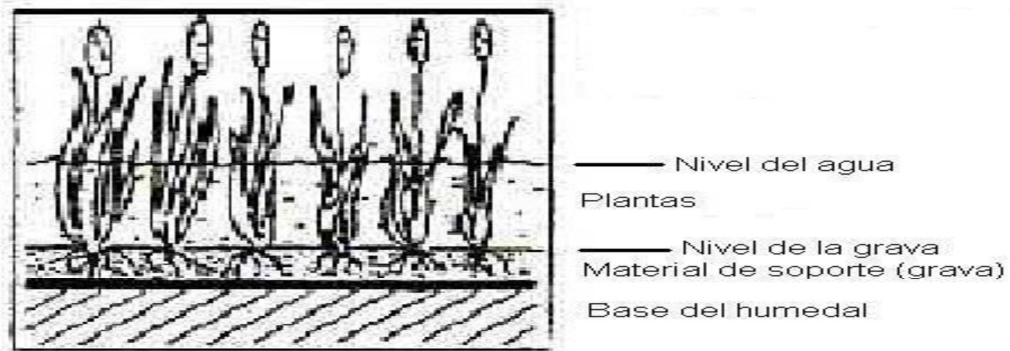


*Fuente: Metcalf & Eddy, Inc., 1996*

Borrero (1999) describe a los sistemas de flujo libre (FWS) en el cual el nivel del agua está sobre la superficie del medio de soporte, y el flujo de agua pasa a través de la grava y de la vegetación que incluye juncos, cañas, espadañas y

eneas que están sembradas y fijas. Los tallos, hojas y raíces proporcionan el oxígeno al humedal.

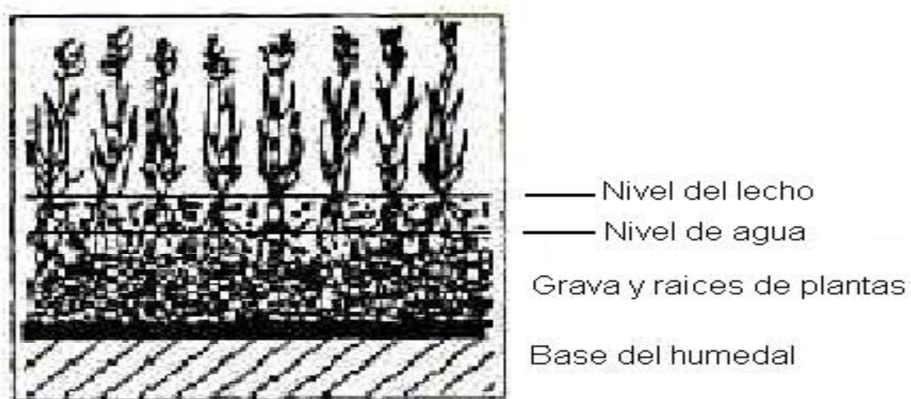
**Figura 2.- Humedal Artificial Sistema de Flujo Libre**



*Fuente: Metcalf & Eddy, Inc., 1996*

Borrero (1999) además muestra el sistemas de flujo subsuperficial (SFS) construido típicamente en forma de un lecho o canal que contiene un medio apropiado, la vegetación emergente es la misma del FWS. El nivel del agua está por debajo de la superficie del soporte, el agua fluye únicamente a través del lecho de grava que sirve para el crecimiento de la película microbiana, que es la responsable en gran parte del tratamiento que ocurre, las raíces penetran hasta el fondo del lecho.

**Figura 3.- Humedal Artificial Sistema de Flujo Subsuperficial**



*Fuente: Metcalf & Eddy, Inc., 1996*

#### **2.4.1.2. Características a ser consideradas para la construcción de un humedal**

Del trabajo investigativo realizado por Silva y Zamora (2005) demuestra que los humedales son idealmente situados en lugares de áreas disponibles relativamente largas, con fuentes de aguas contaminadas, y concentración de contaminantes baja, pero por supuesto estos son casos que se presentan con poca frecuencia, y los factores deben ser evaluados separadamente y juntos. Este análisis es usualmente culminado durante un estudio de factibilidad.

El área disponible para un humedal artificial depende del flujo de volumen, concentración de contaminantes, y metas del tratamiento, un humedal podría requerir un área considerable y un humedal pequeño puede tener dificultades en el manejo de grandes flujos de agua en tormentas en zonas de alta lluvia.

Silva y Zamora (2005) exteriorizan las principales características que se debe tener en cuenta para la localización y diseño preliminar del proyecto de sistemas de humedales artificiales incluyen la topografía, el suelo, el uso actual de los terrenos, el riesgo de inundación y el clima.

**La Topografía.** Según Silva y Zamora (2005) describen al terreno apto para la instalación de un sistema de humedales pantanosos (humedal artificial), con una topografía uniforme horizontal o en ligera pendiente. Ello se debe a que los sistemas de flujo libre (FWS) se suelen diseñar con depósitos o canales horizontales, y que los sistemas de flujo subsuperficial (SFS) se suelen diseñar y construir con pendientes del 1% o superiores. A pesar de que es posible construir depósitos en terrenos de más pendiente y con topografía más irregular, el movimiento de tierras necesario afectará al costo constructivo del sistema. En consecuencia los sistemas de terrenos pantanosos se suelen construir con pendientes inferiores al 5%.



**El Suelo.** Los autores Silva y Zamora (2005) indican que el sistema debe poseer un forro que garantizará la permanencia del agua residual en el humedal, para así prevenir la infiltración al terreno, el material de soporte podrá ser grava, con paredes y bases de concreto que corresponden a las terrazas o canales horizontales que posee la estructura civil.

**Riesgo de Inundación.** Los humedales se deben ubicar lejos de las comunidades, especialmente las que se encuentran por debajo de este. Además se debe contar con un caudal conocido para tratar, con el fin de no superar la capacidad del canal horizontal, Silva y Zamora (2005).

**Uso actual del terreno.** El tipo de terreno preferido para la instalación de sistemas pantanosos son espacios abiertos o de uso agrario. Silva y Zamora (2005).

**Clima.** Silva y Zamora (2005) manifiestan que es posible utilizar sistemas de terrenos pantanosos en zonas de climas fríos. Sin embargo, la viabilidad del funcionamiento de los sistemas durante el invierno depende de la temperatura del agua en el interior del depósito y de los objetivos de tratamiento. El rendimiento del proceso de tratamiento es muy sensible a la temperatura, ya que los principales mecanismos de tratamiento son biológicos. Además complementan su estudio, al observar los sistemas construidos en climas fríos, que podrían requerir grandes áreas o especial operación para conseguir las metas esperadas. Los climas cálidos podrían requerir fuentes de agua suplentes para prevenir el secado del humedal.

**Control de vectores.** Los sistemas FWS en particular proporcionan el hábitat ideal para la proliferación de mosquitos. Silva y Zamora (2005) dicen que el control de vectores puede ser el factor crítico a la hora de determinar la viabilidad del uso de sistemas pantanosos artificiales. En el diseño de este tipo de sistemas se deben incluir medidas para el control biológico de la presencia de mosquitos por medio de peces y de la aplicación de agentes químicos de control. Para mantener

la población de peces es necesario que el nivel de oxígeno disuelto sea superior a 1mg/l.

A partir de estos estudios analizaremos los cultivos de:

#### **2.4.1.3. “Lechuguín” *Eichhornia crassipes*, Fam. Pontederiaceae**

España (2006) describe al lechuguín *Eichhornia crassipes* de la siguiente manera:

- Nombre científico o latino: *Eichhornia crassipes*
- Nombre común o vulgar: jacinto de agua, camalote, lampazo, violeta de agua, buchón, taruya, lirio de agua, lechuga de agua, lechuguín.
- Familia: Pontederiaceae (Pontederiáceas).
- Origen: cursos de agua de la cuenca del Amazonas, en América de Sur.

España (2006) al hablar del lechuguín indica; este espécimen se ha distribuido prácticamente por todo el mundo, ya que su aspecto ornamental originó su exportación a estanques y láminas acuáticas de jardines en climas templados y cálidos; se consideraran malas hierbas, que pueden obstruir en poco tiempo una vía fluvial o lacustre, es una especie flotante de raíces sumergidas. Carece de tallo aparente, provisto de un rizoma muy particular, emergente, del que se abre un rosetón de hojas que tienen una superficie esponjosa notablemente inflada en forma de globo que forma una vejiga llena de aire, mediante la que el vegetal puede mantenerse sobre la superficie acuática y sus hojas sumergidas lineares, y las emergidas, entre obovadas y redondeadas provistas de pequeñas hinchazones que facilitan la flotación.

En verano produce espigas de flores lilas y azuladas que recuerda vagamente a la del jacinto. Las raíces son muy características, negras con las extremidades blancas cuando son jóvenes, negro violáceo cuando son adultas. España (2006).

**Usos:** para adornar pequeños lagos, embalses, pero sobre todo para estanques y también acuarios, además ofrecen un excelente refugio para los peces

protegiéndolos del sol excesivo, de las heladas y a los alevines del embate de los benteveos (*Pitangus sulphuratus*). Las raíces constituyen un excelente soporte para el desove de las especies ovíparas (carasíus, carpas, etc.), incluso aquellos aficionados que críen a sus peces en acuario, en época fresca les sería muy útil hacerse de algún ejemplar joven de esta planta para el acuario de cría donde desovaran sus peces; las raíces del camalote no sólo le servirán de soporte para los huevos, sino que son un refugio para los alevines, e incluso en ellas se desarrolla una microflora que sirve como alimento inicial para los mismos. España (2006).

**Luz:** sol o semisombra. Requiere iluminación intensa, que si es artificial, deberá ser proporcionada por una lámpara luminosa completa. España (2006).

**Temperaturas:** en invierno, en los países de cuatro estaciones la planta debe ser protegida en invernadero, manteniéndola siempre en agua; se cultiva a una temperatura entre 20-30°C, no resiste los inviernos fríos (hay que mantenerla entre 15-18°C en contenedores con una profundidad de al menos 20cm. de agua y una capa delgada de turba en el fondo). Puede rebrotar en primavera si se hiela y necesita aguas estancadas o con poca corriente e intensa iluminación. España (2006).

**Multiplificación:** mediante división de los rizomas; durante el verano se reproduce fácilmente por medio de estolones que produce la planta madre, llegan a formarse verdaderas islas de gran porte. España (2006).

España (2006) considera que esta especie está entre las 100 especies más invasoras del mundo por la UICN. Es por ello que hoy en día se desaconseja su utilización por particulares, para evitar que se siga extendiendo esta plaga a los ríos por imprudencia en su uso y como consecuencia de su proliferación está creando en ríos y lagos importantes problemas en canales de riego agrícolas y afecciones a los ecosistemas ribereños, ya que cubre como una manta toda la superficie del río, por su fácil reproducción vegetativa y sexual. Esto se debe a que es una especie alóctona sin predadores, ni competidores en muchos sitios y

como es invasora, puede que al retirar el exceso de un estanque o acuario particular, vaya a parar a entornos naturales y cause estos daños ecológicos.

#### **2. 4.1.4 Carrizo *Arundo donax*, Fam. Poaceae**

Deltoro et al. (2012) se refieren al carrizo de género *Arundo* (L.) que pertenece a la familia de las gramíneas (*Poaceae*) e incluye seis especies nativas, de climas cálidos de Europa, Asia y África. Se dice que este cultivo presenta problemas en los medios fluviales mediterráneos, en la especie *A. donax*, comúnmente conocida como caña o cañizo.

Desde el punto de vista taxonómico, *A. donax* pertenece a la subfamilia Arundinoideae, que incluye gramíneas tropicales caracterizadas por inflorescencias plumosas Cortaderia, Phragmites, etc.

Prefieren un suelo fértil, húmedo, en un lugar protegido de sol, de preferencia por el agua. Tolera un pH en el rango de 5,5 a 8,3. Pero también se desarrolla sin problemas en todo tipo de suelos, de arcillas pesadas a las arenas sueltas y de los suelos de grava.

Deltoro et al. (2012) detalla, la caña miden entre 40 y 60 centímetros y aparecen en el extremo de los tallos, a finales de agosto. *A. donax* es la especie de mayor tamaño del género y una de las gramíneas más grandes del mundo. Sus hojas alternas, de color verde glauco, pueden mantenerse verdes todo el año. No obstante, en climas con alternancia estacional, las hojas y los tallos amarillean durante la época más seca del año o en los meses del invierno, cuando la especie entra en un periodo de reposo vegetativo.

Perdue (1958) describe a la parte aérea de la caña que está formada por tallos erectos de una altura entre los 5-6 m, huecos y segmentados, con nudos cada 20-30 centímetros y un diámetro medio de 2 centímetros. Los nudos, con forma de anillo engrosado, son ricos en fibras lignificadas, lo que les confiere una gran

estabilidad mecánica, de modo que su porte erecto es independiente de la turgencia de la planta. Es decir, los tallos de las cañas no se marchitan en condiciones de déficit hídrico.

Además, los nudos alojan yemas de las que emergen ramas secundarias en su segundo año de vida. Tanto tallos como hojas poseen un contenido elevado de sílice, debido a la presencia de células silíceas asociadas con los haces vasculares en la capa epidérmica. Perdue (1958).

### **Biología, ecología e impactos que provocan en los medios que invade.**

Deltoro et al. (2012) demuestran que el conocimiento de la biología y la ecología de una especie invasora es fundamental para:

- a) Establecer prioridades de intervención.
- b) Determinar cuáles son los mejores métodos de control.
- c) Incrementar la resistencia a la invasión de los ecosistemas nativos mediante técnicas de restauración que minimicen los recursos disponibles para la especie invasora que se pretende combatir.

Deltoro et al. (2012) prueban que en las regiones de clima mediterráneo, *A. donax* exhibe un crecimiento estacional, gobernado por la temperatura. Según Spencer y Ksander (2006) manifiestan; por debajo de 7°C el rizoma deja de emitir tallos, mientras que por encima de los 30 °C también se produce una inhibición de la brotación.

Por el contrario otros autores consideran que la producción de brotes es gobernada por factores intrínsecos, como el nivel de carbohidratos almacenados, más que por factores externos (Quinn y Holt, 2009). En cualquier caso, en los territorios con alternancia de estaciones, los nuevos tallos emergen durante la primavera y el verano, y en su primera estación de crecimiento se desarrollan verticalmente y producen únicamente tejido fotosintético.

Estos tallos jóvenes conviven con otros de diversas edades, de modo que en un cañaveral podemos encontrar:

- a) Tallos o cañas de primer año enteramente verdes durante sus primeros meses de vida.
- b) Cañas de dos o más años, ya lignificadas y ramificadas secundariamente.
- c) Abundantes cañas muertas, ramificadas o no.

Spencer y Ksander (2006) citan, la proporción de cada uno de estos grupos dentro del cañaveral dependerá, entre otras cosas, de su edad o de las condiciones ambientales en las que crezca, pero es un aspecto poco estudiado. De igual modo, tampoco se conoce la longevidad de las cañas, si bien se sabe que pueden vivir más de dos años.

En los países de cuatro estaciones, hacia finales de agosto las hojas inferiores de las cañas en su primer año de vida comienzan a secarse, este proceso continúa durante el otoño cuando el contenido en agua de la parte aérea disminuye, en paralelo a una gradual lignificación, pérdida del color verde y reducción de su actividad fisiológica, esto es debido a las temperaturas progresivamente más bajas, entre otros factores. Spencer y Ksander (2006).

También en esta época se produce la floración, y los tallos aparecen coronados por inflorescencias plumosas. Estos procesos son acompañados por un transporte de carbohidratos solubles a través del floema, desde la parte aérea hacia los órganos de almacenamiento subterráneos, lo que se traduce en un menor contenido en estos compuestos en las hojas si se comparan con los niveles medidos en primavera y verano (Decruyenaere y Holt, 2001). De hecho, en la caña se produce una alternancia entre asignación de nutrientes a la parte aérea en primavera y verano, y a la parte subterránea en otoño e invierno (Dudley, 2000).

Transcurrido el invierno, con el inicio de la segunda estación de crecimiento, se produce la emisión de ramas laterales a partir de las yemas axilares presentes en los nudos (Decruyenaere y Holt, 2001). Estas ramas constituyen el 75% del área

foliar de un cañaveral maduro, a pesar de esta ramificación, la estructura del cañaveral continúa siendo la de una formación poco intrincada y homogénea, integrada esencialmente por elementos verticales y desprovistos de un estrato arbustivo, desplazado por la intensa competencia por el espacio que ejerce esta especie invasora, tanto horizontal (rizomas) como verticalmente (tallos).

Como se ha comentado, *A. donax* florece al final del verano, si bien las semillas que produce no son fértiles. Algunos trabajos han demostrado la existencia de embriones y semillas viables, pero no de germinación (Johnson et al., 2006). Por otro lado, la comparación entre la generación de gametos en *A. donax* con la de sus congéneres fértiles *A. plinii* y *A. collina* sugiere que la infertilidad en la primera podría deberse a alteraciones post-meióticas durante el desarrollo de los óvulos y del polen (Mariani et al., 2010).

Por lo tanto, en ausencia de semillas fértiles, el crecimiento o expansión del cañaveral es sustentado por:

**a) Crecimiento vegetativo:** Boland (2006) manifiesta, es el principal medio de expansión del cañaveral, las nuevas plantas generadas permanecen conectadas a todos los niveles; siendo el resultado de dos procesos:

**Enraizamiento de tallos lignificados.** Se trata de un proceso durante el cual las cañas lignificadas que entran en contacto con el sustrato al ser tumbadas por las riadas, precipitaciones intensas, el trasiego de fauna o de maquinaria, etc., enraízan y producen nuevas plantas a partir de las yemas presentes en los nudos. Es un mecanismo clave en la expansión del cañaveral, en contra de lo comúnmente admitido, que otorgaba a la masa de rizoma este papel.

Boland (2006) en un estudio de campo demuestra que el tumbado y enraizado de tallos hace avanzar el cañaveral 7,4 veces más rápido que el crecimiento de los rizomas, pero solo en zonas sometidas a las perturbaciones indicadas anteriormente. Desde el punto de vista de la gestión de cañaverales,

debe tenerse en cuenta que las cañas no lignificadas, no son capaces de enraizar (Decruyenaere y Holt, 2001).

**Crecimiento de los rizomas.** Considerado como responsable principal de la rápida expansión del cañaveral Else (1996) manifiesta y lo confirma Di Tomaso (1998), se ha demostrado mucho más lento en comparación con el sustentado por los tallos. Por el contrario este proceso supone la ocupación horizontal del sustrato y constituye un comportamiento clave para el dominio del medio ribereño.

**b) Reproducción asexual:** entendida como el incremento numérico en unidades vegetales independientes producidas por medios clonales (Grace, 1993). Ocurre ocasionalmente cuando las plantas originadas por enraizamiento de cañas lignificadas, pierden la conexión y se convierten en plantas autónomas.

Además, el crecimiento vegetativo también permite la consolidación del cañaveral, que depende del mantenimiento de una densidad elevada de tallos. El órgano responsable de su producción es el rizoma (Decruyenaere y Holt, 2005).

La densidad del cañaveral ocupación vertical es, junto con el crecimiento de los rizomas ocupación horizontal del sustrato, el otro mecanismo clave para su dominancia de las riberas fluviales, ya que evita la formación de claros en su interior y que éstos sean colonización por especies riparias nativas.

Por otro lado, la dispersión de la especie está únicamente sustentada por mecanismos de reproducción asexual, en la que los fragmentos de tallos y rizomas dan lugar a nuevas plantas.

No obstante, de acuerdo con la experiencia obtenida y la de otros autores como Decruyenaere y Holt (2001), y Quinn (2006), si bien los fragmentos de tallo pueden jugar un papel en la dispersión de *A. donax*, los fragmentos de rizoma son los principales responsables de este proceso.



A esto contribuye el hecho de que:

- a) Son capaces de germinar independientemente de su tamaño y bajo la gran mayoría de condiciones ambientales.
- b) Conservan la capacidad de rebrotar durante un periodo mucho más prolongado que los fragmentos de tallo.

La producción de fragmentos de rizoma o de tallo que permiten la dispersión y colonización a larga distancia es un fenómeno poco común en condiciones naturales, incluso bajo condiciones favorables para su generación como son las precipitaciones intensas (Boland, 2006). Las tasas elevadas de producción de fragmentos descritas en ocasiones en la bibliografía (Else, 1996) son debidas a trabajos de eliminación mecánica de la especie, como por ejemplo extracción de rizomas y su posterior trituración junto con las cañas.

Por último, hay que destacar el papel del rizoma como órgano de reserva durante la estación desfavorable y de resistencia frente a las bajas temperaturas, el fuego. Este reservorio permite a *A. donax* retomar con mayor rapidez que las especies nativas el espacio ripario, y volver a dominarlo, especialmente en aquellas situaciones en las que una alteración como un incendio que no conducen al control de *A. donax* o una crecida del río provoca la eliminación de su parte aérea (Coffman, 2007).

#### **2.4.2 Marco teórico de la variable dependiente (aguas residuales)**

Según el Plan Nacional de Calidad Turística del Perú-Cultur (2008), el tratamiento de aguas residuales (o agua servida, doméstica, etc.) incorpora procesos físicos químicos y biológicos, que tratan y remueven contaminantes físicos, químicos y biológicos introducidos por el uso humano cotidiano del agua. El objetivo del tratamiento es producir agua limpia (o efluente tratado) o reutilizable al ambiente, y un residuo sólido o lodo que con un proceso adecuado sirve como fertilizante orgánico para la agricultura o jardinería.

Las aguas residuales pueden ser tratadas dentro del terreno del hospedaje (por ejemplo: tanques sépticos u otros medios de depuración) y en caso de zonas comunales, éstas son llevadas mediante una red de tuberías y eventualmente pueden utilizar bombas para ser trasladadas a una planta de tratamiento municipal. Los esfuerzos para coleccionar y tratar las aguas residuales domésticas de la descarga están típicamente sujetos a regulaciones locales y sectoriales (regulaciones y controles).

Moreno et al. (2013) presentan diferentes métodos para el tratamiento de las aguas servidas, pasando por sistemas completos de tratamiento de aguas residuales que contienen trampa de grasas, tanque de balance o estabilización, tanque de aireación, tanque de sedimentación, humedal subsuperficial de flujo ascendente y humedal superficial.

Un sistema de descontaminación de aguas servidas debe contar con un tanque separador de sólidos, canales de sedimentación y lagunas de descontaminación. La generación de líquidos contaminados que se escurren a través del suelo, motiva al uso de este tipo de tecnología para que al final del proceso, las aguas vertidas cumplan con los parámetros ambientales establecidos y no generen focos de contaminación y proliferación de enfermedades.

#### **2.4.2.1. Contaminación del Agua**

Echarri (2007) muestra que el ciclo natural del agua tiene una gran capacidad de purificación. Pero esta misma facilidad de regeneración del agua y su aparente abundancia, hace que sea el vertedero habitual en el que arrojamos los residuos producidos por nuestras actividades. Muchas aguas están contaminadas hasta el punto de hacerlas peligrosas para la salud humana y dañina para la vida presentando algunas alteraciones:

## Alteraciones del Agua

**Tabla N.- 6** Alteraciones Físicas

Alteraciones Físicas	Características y contaminación que indica
Color	<p>El agua no contaminada suele tener ligeros colores rojizos, pardos, amarillentos o verdosos debido, principalmente, a los compuestos húmicos, férricos o los pigmentos verdes de las algas que contienen.</p> <p>Las aguas contaminadas pueden tener muy diversos colores pero, en general, no se pueden establecer relaciones claras entre el color y el tipo de contaminación.</p>
Olor y sabor	<p>Compuestos químicos presentes en el agua como los fenoles, diversos hidrocarburos, cloro, materias orgánicas en descomposición o esencias liberadas por diferentes algas u hongos pueden dar olores y sabores muy fuertes al agua, aunque estén en muy pequeñas concentraciones. Las sales o los minerales dan sabores salados o metálicos, en ocasiones sin ningún olor.</p>
Temperatura	<p>El aumento de temperatura disminuye la solubilidad de gases (oxígeno) y aumenta, en general, la de las sales. Aumenta la velocidad de las reacciones del metabolismo, acelerando la putrefacción. La temperatura óptima del agua para beber está entre 10 y 14°C. Las centrales nucleares, térmicas y otras industrias contribuyen a la contaminación térmica de las aguas, a veces de forma importante.</p>
Materiales en suspensión	<p>Partículas como arcillas, limo y otras, aunque no lleguen a estar disueltas, son arrastradas por el agua de dos maneras: en suspensión estable (disoluciones coloidales); o en suspensión que sólo dura mientras el movimiento del agua las arrastra. Las suspendidas coloidalmente sólo precipitarán después de haber sufrido coagulación o floculación (reunión de varias partículas).</p>
Radiactividad	<p>Las aguas naturales tienen unos valores de radiactividad, debidos sobre todo a isótopos del K. Algunas actividades humanas pueden contaminar el agua con isótopos radiactivos.</p>
Espumas	<p>Los detergentes producen espumas y añaden fosfato al agua</p>

	(eutrofización). Disminuyen mucho el poder autodepurador de los ríos al dificultar la actividad bacteriana. También interfieren en los procesos de floculación y sedimentación en las estaciones depuradoras.
Conductividad	El agua pura tiene una conductividad eléctrica muy baja. El agua natural tiene iones en disolución y su conductividad es mayor y proporcional a la cantidad y características de esos electrolitos. Por esto se usan los valores de conductividad como índice aproximado de concentración de solutos. Como la temperatura modifica la conductividad las medidas se deben hacer a 20°C

*Fuente: Echarri L. 2007*

En la tabla 6 se sintetizan las alteraciones físicas comunes y las características y contaminación que indica.

**Tabla N.- 7** Alteraciones químicas

<b>Alteraciones Químicas</b>	<b>Contaminación que indica</b>
Ph	Las aguas naturales pueden tener pH ácidos por el CO <sub>2</sub> disuelto desde la atmósfera o proveniente de los seres vivos; por ácido sulfúrico procedente de algunos minerales, por ácidos húmicos disueltos del mantillo del suelo. La principal sustancia básica en el agua natural es el carbonato cálcico que puede reaccionar con el CO <sub>2</sub> formando un sistema tampón carbonato/ bicarbonato. Las aguas contaminadas con vertidos mineros o industriales pueden tener pH muy ácido. El pH tiene una gran influencia en los procesos químicos que tienen lugar en el agua, actuación de los floculantes, tratamientos de depuración, etc.
Oxígeno disuelto OD1	Las aguas superficiales limpias suelen estar saturadas de oxígeno, lo que es fundamental para la vida. Si el nivel de oxígeno disuelto es bajo indica contaminación con materia orgánica, septicización, mala calidad del agua e incapacidad para mantener determinadas formas de vida.
Materia orgánica	DBO5 es la cantidad de oxígeno disuelto requerido por

<p>biodegradable: Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)</p>	<p>los microorganismos para la oxidación aerobia de la materia orgánica biodegradable presente en el agua. Se mide a los cinco días. Su valor da idea de la calidad del agua desde el punto de vista de la materia orgánica presente y permite prever cuanto oxígeno será necesario para la depuración de esas aguas e ir comprobando cual está siendo la eficacia del tratamiento depurador en una planta.</p>
<p>Materiales oxidables: Demanda Química de Oxígeno (DQO)</p>	<p>Es la cantidad de oxígeno que se necesita para oxidar los materiales contenidos en el agua con un oxidante químico (normalmente dicromato potásico en medio ácido). Se determina en tres horas y, en la mayoría de los casos, guarda una buena relación con la DBO por lo que es de gran utilidad al no necesitar los cinco días de la DBO. Sin embargo la DQO no diferencia entre materia biodegradable y el resto y no suministra información sobre la velocidad de degradación en condiciones naturales.</p>
<p>Nitrógeno Total</p>	<p>Varios compuestos de nitrógeno son nutrientes esenciales. Su presencia en las aguas en exceso es causa de eutrofización.</p> <p>El nitrógeno se presenta en muy diferentes formas químicas en las aguas naturales y contaminadas. En los análisis habituales se suele determinar el NTK (nitrógeno total Kendahl) que incluye el nitrógeno orgánico y el amoniacal. El contenido en nitratos y nitritos se da por separado.</p>
<p>Fósforo total</p>	<p>El fósforo, como el nitrógenos, es nutriente esencial para la vida. Su exceso en el agua provoca eutrofización.</p> <p>El fósforo total incluye distintos compuestos como diversos ortofosfatos, polifosfatos y fósforo orgánico. La determinación se hace convirtiendo todos ellos en ortofosfatos que son los que se determinan por análisis</p>

	químico.
Aniones: cloruros nitratos nitritos fosfatos sulfuros cianuros fluoruros	Indican salinidad indican contaminación agrícola indican actividad bacteriológica indican detergentes y fertilizantes Indican acción bacteriológica anaerobia (aguas negras, etc.) indican contaminación de origen industrial en algunos casos se añaden al agua para la prevención de las caries, aunque es una práctica muy discutida
Cationes: Sodio calcio y magnesio, amonio, metales pesados	Indica salinidad están relacionados con la dureza del agua contaminación con fertilizantes y heces de efectos muy nocivos; se bioacumulan en la cadena trófica.
Compuestos Orgánicos	Los aceites y grasas procedentes de restos de alimentos o de procesos industriales (automóviles, lubricantes, etc.) son difíciles de metabolizar por las bacterias y flotan formando películas en el agua que dañan a los seres vivos.  Los fenoles pueden estar en el agua como resultado de contaminación industrial y cuando reaccionan con el cloro que se añade como desinfectante forman clorofenoles que son un serio problema porque dan al agua muy mal olor y sabor.

*Fuente: Echarri L. 2007*

En la tabla 7 se sintetizan las alteraciones químicas comunes y las características y contaminación que indica.

**Tabla N.- 8** Alteraciones biológicas

<b>Alteraciones biológicas del agua</b>	<b>Contaminación que indican</b>
Bacterias coliformes	Desechos fecales
Virus	Desechos fecales y restos orgánicos
Animales, plantas, microorganismos diversos	Eutrofización

*Fuente: Echarri L. 2007*

En la tabla 8 se sintetizan las alteraciones biológicas comunes y las características y contaminación que indica.

#### **2.4.2.2. Substancias contaminantes del agua**

Echarri (2007) revela la existencia de un gran número de contaminantes del agua que se pueden clasificar de muy diferentes maneras. Una posibilidad bastante usada es agruparlos en los siguientes ocho grupos:

**1. Microorganismos patógenos.** Son los diferentes tipos de bacterias, virus, protozoos y otros organismos que transmiten enfermedades como el cólera, tífus, gastroenteritis diversas, hepatitis, etc. En los países en vías de desarrollo las enfermedades producidas por estos patógenos son uno de los motivos más importantes de muerte prematura, sobre todo de niños. Normalmente estos microbios llegan al agua en las heces y otros restos orgánicos, que producen las personas infectadas. Por esto, un buen índice para medir la salubridad de las aguas, en lo que se refiere a estos microorganismos, es el número de bacterias coliformes presentes en el agua. La OMS (Organización Mundial de la Salud) recomienda que en el agua para beber haya 0 colonias de coliformes por 100 ml de agua.

**2. Desechos orgánicos.** Echarri (2007); son el conjunto de residuos orgánicos producidos por los seres humanos, ganado, etc. Incluyen heces y otros materiales que pueden ser descompuestos por bacterias aeróbicas, es decir en procesos con consumo de oxígeno. Cuando este tipo de desechos se encuentran en exceso, la proliferación de bacterias agota el oxígeno, y ya no pueden vivir en estas aguas peces y otros seres vivos que necesitan oxígeno. Buenos índices para medir la contaminación por desechos orgánicos es la cantidad de oxígeno disuelto (OD) en agua, o la DBO (Demanda Biológica de Oxígeno).

**3. Sustancias químicas inorgánicas.** En este grupo están incluidos ácidos, sales y metales tóxicos como el mercurio y el plomo. Si están en cantidades altas pueden

causar graves daños a los seres vivos, disminuir los rendimientos agrícolas y corroer los equipos que se usan para trabajar con el agua. Echarri (2007)

**4. Nutrientes vegetales inorgánicos.** Nitratos y fosfatos son sustancias solubles en agua que las plantas necesitan para su desarrollo manifiesta Echarri (2007), pero si se encuentran en cantidad excesiva inducen el crecimiento desmesurado de algas y otros organismos provocando la eutrofización de las aguas. Cuando estas algas y otros vegetales mueren, al ser descompuestos por los microorganismos, se agota el oxígeno y se hace imposible la vida de otros seres vivos. El resultado es un agua maloliente e inutilizable.

**5. Compuestos orgánicos.-** Según Echarri (2007) manifiesta que la existencia de muchas moléculas orgánicas como petróleo, gasolina, plásticos, plaguicidas, disolventes, detergentes, etc., que acaban en el agua y permanecen, en algunos casos, largos períodos de tiempo, porque, al ser productos fabricados por el hombre tienen estructuras moleculares complejas difíciles de degradar por los microorganismos.

**6. Sedimentos y materiales suspendidos.** Muchas partículas arrancadas del suelo y arrastradas a las aguas, junto con otros materiales que hay en suspensión en las aguas son, en términos de masa total, la mayor fuente de contaminación del agua, Echarri (2007). La turbidez que provocan en el agua dificulta la vida de algunos organismos, y los sedimentos que se van acumulando destruyen sitios de alimentación o desove de los peces, rellenan lagos o pantanos y obstruyen canales, rías y puertos.

**7. Sustancias radiactivas.** Echarri (2007) considera que, los isótopos radiactivos solubles pueden estar presentes en el agua y, a veces, se pueden ir acumulando a lo largo de las cadenas tróficas, alcanzando concentraciones considerablemente más altas en algunos tejidos vivos que las que tenían en el agua.

**8. Contaminación térmica.** El agua caliente liberada por centrales de energía o procesos industriales eleva, en ocasiones, la temperatura de ríos o embalses con lo



que disminuye su capacidad de contener oxígeno y afecta a la vida de los organismos. Echarri (2007).

Al referirse a las aguas contaminadas, Pozo (2012) concluye que la acción ejercida por los humedales vegetales es efectivo en los parámetros medidos de Coliformes Fecales y Coliformes Totales, siendo el más eficiente el humedal vegetal con lechuguines ya que se tiene prácticamente, el agua a los 4 días de retención totalmente apta para regadío, al comparar con los límites permisibles que indica TULAS; mientras que Fiallos L. (2011) de acuerdo a los resultados de la investigación realizada para estaciones de tratamiento de aguas servidas como la de “El Peral”, recomienda emplear dos estanques vegetales: el primer estanque con la planta acuática flotante “lechuguín” y luego un segundo estanque con “carrizo”; en este caso, previo al inicio del funcionamiento del sistema, es indispensable trasplantar plántulas de carrizo en tierra fértil en la base del estanque y esperar hasta que crezcan y se desarrollen plenamente las plantas

## 2.5 Hipótesis

La tecnología ecológica de dos especies en dos humedales vegetales sucesivos como biofiltros para la descontaminación de aguas residuales en la planta de tratamiento El Peral-EP-EMAPA, Ambato permitirá una disminución aceptable de las concentraciones de contaminantes existentes.

## 2.6 Señalamiento de variables

Variable independiente:	Combinación biológica de dos especies en humedales vegetales sucesivos, “lechuguín” <i>Eichhornia crassipes</i> , Fam. Pontederiaceae y “carrizo” <i>Arundo donax</i> , Fam. Poaceae
Variable dependiente:	Descontaminación de aguas residuales en la Planta de Tratamiento El Peral de la Empresa Pública-Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Ambato (EP-EMAPA).

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA**

#### **3.1 Modalidad básica de la investigación**

La modalidad investigativa que se utiliza en el presente trabajo es una investigación de campo y bibliográfica ya que posee una propuesta experimental, al exponer la observación de los resultados de los métodos utilizados a través de los análisis realizados en los procesos de descontaminación de las aguas; se trabaja sobre realidades de hecho y se caracteriza por presentar una interpretación correcta de los elementos. Esto incluye estudios a través de bibliografías, presentando una alternativa para mejorar el aprovechamiento de las aguas servidas que actualmente se las considera como problemas ambientales.

Tiene aplicabilidad a la búsqueda del progreso científico, apoyado en conocimientos teóricos, interesándose directamente en sus posibles aplicaciones o consecuencias prácticas.

Una vez desarrollada la investigación experimental, esta se aplica, ya que guarda íntima relación, pues depende de los descubrimientos y avances de la investigación y se enriquece con ellos, pero se caracteriza por su interés en la aplicación, utilización y consecuencias prácticas de los conocimientos.

#### **3.2 Nivel o tipo de investigación**

El nivel de investigación que se aplica es descriptiva; al ejecutar métodos pre establecidos, variando en la combinación de los procesos, ya que parte de estudios realizados anteriormente por Fiallos (2011) y Pozo (2012), y se establece una estructura del comportamiento al instalar biofiltros en los que se utilizan

plantas acuáticas, creando un humedal en el que se planta “lechuguín” *Eichhornia crassipes* y seguidamente se construye otro humedal utilizando “carrizo” *Arundo donax*; además se toman muestras para ser analizadas en el laboratorio Lacquanálisis S.A., por ser un laboratorio con certificación OAE (Organismo de Acreditación Ecuatoriano), el que proporciona los resultados de la purificación del agua la que puede ser utilizada básicamente en la agricultura ya que la descarga es directa hacia el río Ambato.

Al hablar de estudios descriptivos, estos miden de forma independiente las variables y aun cuando no se formulen hipótesis, tales variables aparecen enunciadas en los objetivos de investigación.

### **3.3 Población y muestra**

#### **Población:**

Las aguas servidas producidas por los habitantes del sector Ficoa-La Delicia que llega a la Planta de Tratamiento El Peral perteneciente a la Empresa Pública Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Ambato EP-EMAPA.

#### **Muestra:**

Es un muestreo no probabilístico intencional, por tomar las muestras en forma independiente con carácter técnico, siendo una muestra con probabilidades de no ser elegidos

### 3.4 Operacionalización de las variables

**Tabla N.- 9 Variable Independiente.** Combinación biológica de dos especies en humedales vegetales sucesivos, “lechuguín” y “carrizo”.

Conceptualización	Categorías	Indicadores	Índice
Evaluaciones del comportamiento de la secuencia de dos humedales vegetales; “lechuguín” ( <i>Eichhornia crassipies</i> ) y “carrizo común” ( <i>Arundo donax</i> ) como procesos para la descontaminación de las aguas residuales de la Planta de Tratamiento “El Peral” de la EP-EMAPA.	Implementación de humedales, utilizando 20 rizomas de cada vegetal.	Construidos dos humedales	Construcción de un humedal de 10 m <sup>3</sup> de capacidad para lechuguín y otro humedal de 2m <sup>3</sup> de volumen para carrizo
	Análisis económico	Costos de análisis	Estudio del costo de los análisis realizados.
	Costos de implementación real.	Cuantificación de volúmenes, espacios y costos de las construcciones requeridas.	Costo de los espacios en m <sup>3</sup> y/o en m <sup>2</sup> , que se requieren según tipo de plantas utilizadas

*Realizado por: Ingeniero Marco Antonio Viteri Briones 2013*

**Tabla N.- 10 Variable dependiente.** Descontaminación de aguas residuales en la Planta de Tratamiento El Peral de la Empresa Pública-Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Ambato (EP-EMAPA).

Conceptualización	Categorías	Indicadores	Índices
		Análisis	Unidad
		Dureza	mgCaCO <sub>3</sub> /l
		Ph	UpH
		Conductividad	us/cm
		Sólidos totales	mg/l

Modificaciones en los valores físico-químicos y biológicos, por el deficiente tratamiento de las aguas antes de su descarga que provoca contaminación en el medio ambiente	Físico-Químico	disueltos	
		Cloruros	mgCl/l
		Materia orgánica	kg/día
		Olor	N/A
		Color	Unid. Pt-Co
		DQO	mg/l
		DBO5	mg/l
		Turbidez	NTU
		Detergentes	mg/l
		Aceites y grasas	mg/l
	Microbiológicas	Coliformes Totales	NMP/100ml
		Coliformes Fecales	NMP/100ml
		Aerobios totales	UFC/100ml

*Realizado por: Ingeniero Marco Antonio Viteri Briones 2013*

### **3.5 Plan de recolección de la información**

#### **3.5.1 Diagnóstico actual del proceso de tratamiento del agua residual en la planta de tratamiento el Peral.**

En la actualidad la planta presenta vegetación nativa especialmente sigse, kikuyo y fuera de la planta de tratamiento carrizo, además alberga insectos como sancudos y animales comunes de la ribera del río; lagartijas y sapos.

El agua que ingresa para ser tratada tiene un olor y color característico como se muestra en el Anexo 4 Imagen 4; al tener el río Ambato descargas directas de aguas contaminadas, la planta solamente trata las aguas del sector La Delicia, las mismas que se contaminan a los pocos metros de recorrido del río; en el puente La Delicia, ya que en este lugar existe una descarga directa de aguas contaminadas.

La recolección de la información inicia con el reconocimiento del área instalada (Anexo 4 Imagen 1) y se determina la ineficiencia de los procesos empleados, creando la necesidad de la instalación de biofiltros; Fiallos (2011) en su trabajo investigativo concluye, los dos vegetales empleados por separado son beneficiosos para la descontaminación de las aguas servidas que son tratadas por la Planta de Tratamiento El Peral, EMAPA-Ambato y que constituyen alternativas de interés en casos similares, por lo que propone la instalación de dos filtros biológicos, que funcionan combinadamente; para observar sus resultados se procedió de la siguiente manera.

### **3.5.1 Construcción de los humedales**

#### **Humedal de lechuguín**

Para la plantación de lechuguín que constituye el primer humedal, este consiste en una fosa de 5 metros de largo por 2 metros de ancho y una profundidad de 1,50 metros, construida la fosa se procedió a impermeabilizarle con geomembrana, para luego llenarla con agua servida hasta una altura de 1 metro, y se colocan los rizomas de lechuguín, estos rizomas (20 rizomas) fueron traídas de otras plantas de tratamiento de la EP-EMAPA, a los 15 días de realizado el trabajo se observa el estanque lleno y con un color verde intenso, por lo que se debió realizar, a los 30 días, una limpieza para impedir que exista competencia entre sí por espacio.

#### **Humedal de Carrizo**

Para la plantación de carrizo, que constituye el segundo humedal, se construye una fosa de 5 metros de largo por 2 metros de ancho y 1 metro de profundidad, la fosa se impermeabiliza con plástico negro, en la que se coloca un sustrato de piedra bola de 0,20 metros, luego un sustrato de granillo de 0,10 metros y 0,20 metros de tierra, para luego colocar los rizomas del carrizo común con raicillas, el material vegetal es obtenido de las riberas del río Ambato.

Para la implantación se realizan riegos cada 15 días en forma abundante con agua, en un inicio se observa un amarillamiento general hasta que se asienta y reverdece en forma uniforme, este proceso tarda alrededor de 60 días, ya que al día 60 se procede a ingresar el agua contaminada, por lo que las muestras se las tomaron a los 87 días, hasta esperar que las condiciones estén óptimas para la toma de datos tabla 11. (Anexo 5 Imagen 6 y 7).

**Tabla N.- 11** Instalación de Humedales

<b>Preparación de área</b>	<b>Biofiltros</b>	<b>Características</b>	<b>Capacidad de procesamiento</b>
Remoción de suelo y siembra plantas de lechuguín.	lechuguines ( <i>Eichhornia crassipies</i> )	2 metros de ancho, por 5 metros de largo y 1 metro de profundidad.	10 m <sup>3</sup>
Remoción de suelo y siembra de los rizomas de carrizo.	carrizo común ( <i>Arundo donax</i> )	2 metros de ancho por 5 de largo y 0,20 metros de profundidad.	2 m <sup>3</sup>

*Realizado por: Ingeniero Marco Antonio Viteri Briones 2013*

### **3.5.1 Evaluación del comportamiento de dos humedales vegetales sucesivos, “lechuguín” *Eichhornia crassipes*, fam. pontederiaceae y de “carrizo” *Arundo donax*, fam. poaceae, para la descontaminación de las aguas residuales de la planta de tratamiento El Peral de la EP-EMAPA.**

Se evalúa el comportamiento de las especies mencionadas procediendo a su siembra, creando humedales artificiales que son los que ejecutan los procesos de descontaminación, siendo una metodología investigativa de campo (Anexo 5 Imagen 5); como lo demuestra la tabla 11.

A los 30 días de instalados los humedales, empieza el proceso fitorremediador al ingresar las aguas pre tratadas de la planta de tratamiento; observándose una coloración amarillenta en los vegetales utilizados, para luego adaptarse y presentar un desarrollo vertiginoso, existiendo inclusive competencia especialmente en

lechuguín por espacio físico, siendo necesario darles mantenimientos periódicos (cada 30 días) para el óptimo funcionamiento del humedal.

### **3.5.2 Procedimiento de muestreo de los análisis físico-químicos y microbiológicos para determinar los niveles de descontaminación con la tecnología propuesta.**

Los resultados de los análisis físico-químicos y microbiológicos se realizaron en el laboratorio Laquanálisis S. A., por ser un laboratorio con certificación OAE los que fueron determinando los niveles de descontaminación, utilizando la tecnología propuesta procediendo de la siguiente manera:

#### **Toma de muestras**

Las muestras se toman a partir del día 87 cuando se estabilizó el humedal de carrizo, y se procedió a la primera toma, manejando medidas de asepsia, como la utilización de protección personal (mascarilla, guantes, mandil, botas), los envases utilizados para la recolección de las muestras tuvieron la desinfección necesaria, la toma se realizó a las 9 horas, por ser esta hora en la que la gran mayoría de los habitantes del sector la Delicia realizan sus actividades; siendo esta la primera muestra en el día 87 en el humedal del lechuguín, y en el día 95 a la salida del humedal del carrizo.

La segunda muestra se tomó el día 95 en el humedal lechuguín y finalmente al día 103 en la salida del humedal carrizo.

El volúmenes de agua de la muestra es de 4,18 litros (un galón) para los análisis físico-químicos y de un envase esterilizado de 50 ml para los análisis microbiológicos; por ser estos volúmenes los ideales para la realización de los análisis requeridos, esta agua se lo toma de los humedales instalados con el apoyo de un frasco de vidrio el que es lanzado al fondo del humedal de lechuguín, ya la salida del humedal de carrizo se recolecta el agua que se descargaba, el agua



recolectada se transporta inmediatamente al laboratorio para su análisis, los resultados se presentan en la tabla 12 (Anexo 5 Imagen 8).

**Tabla N.- 12** Síntesis de toma de muestras

<b>Primera toma de muestras (día) (afluente)</b>	<b>Segunda toma de las muestras a los días de instalado el ensayo (efluente)</b>	<b>Volumen de muestra analizada</b>
87	95	4,68 litros.
95	103	4,68 litros.

*Realizado por: Ingeniero Marco Antonio Viteri Briones 2013*

En la tabla 8 se resume la secuencia de los días (87 humedal lechuguín y 95 salida del humedal carrizo) para la primera muestra, y la segunda toma de las muestras se realizó a los 95 días de instalado el ensayo en el humedal lechuguín y a los 103 días a la salida del humedal carrizo.

### 3.5.3 Análisis económico de los tratamientos investigados.

Para el análisis económico de los tratamientos investigados, se toma en cuenta las inversiones realizadas durante el tiempo de duración de la investigación, siendo comparados los cultivos de lechuguines (*Eichhornia crassipes*) y carrizo (*Arundo donax*) así como la instalación de los humedales los que se sintetizan en la tabla 13.

**Tabla N.- 13** Costo instalación humedales

<b>Costo Instalación De Humedales</b>		
<b>Concepto</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Valor</b>
Jornales número	11	165,00
Geomembrana m <sup>2</sup>	20	220
Plástico Negro m <sup>2</sup> .	50	87,50
Plantas De Lechugín Número	20	20,00
Rizomas De Carrizo Común Número	20	20,00
Subtotal		512,50
Imprevistos 5%		25,63
<b>Costo Total</b>		<b>538,13</b>

*Realizado por: Ingeniero Marco Antonio Viteri Briones 2013*

### **3.5.4 Proyección de los humedales a escala real para satisfacer los volúmenes de aguas residuales de la Planta de tratamiento El Peral**

Por Información proporcionada por Acurio (2012) sobre la Planta de Tratamiento “El Peral” manifiesta que procesa actualmente un promedio de 3 litros de aguas residuales por segundo, siendo necesario ampliar los espacios para el procesamiento de los volúmenes de estas aguas, ya que durante el ensayo se utilizó un volumen de 1 litro de agua residual por segundo ocupando un espacio de 20m<sup>2</sup> para la instalación de los humedales (Anexo 5 Imagen 2), debiéndose incrementar el área para la implementación del humedal a escala real a 60m<sup>2</sup> (Anexo 5 Imagen 3) y así satisfacer la necesidad para el procesamiento de los volúmenes de aguas residuales que ingresan actualmente a esta planta de tratamiento; incrementándose el costo a 1614,39 USD

### **3.6 Plan de procesamiento de la información**

La información para la implementación del estudio en la planta de Tratamiento El Peral, inicia con la necesidad de complementar los procesos para el mejoramiento de la calidad de agua que es vertida al río Ambato, para lo cual se instalan dos biofiltros vegetales con la utilización de lechuguines (*Eichhornia crassipes*) en el primer biofiltro y carrizo (*Arundo donax*) en el segundo biofiltro, lugares en los que se toman las muestras que luego son analizadas en el laboratorio Lacquanálisis S.A., por ser un laboratorio con certificación OAE (Organismo de Acreditación Ecuatoriano), el que proporciona los resultados del agua residual que se vierte al río Ambato, para el análisis estadístico de los datos se aplica la prueba t para medias de dos muestras emparejadas. La comparación de medias es una de las pruebas estadísticas más comunes y se emplea con mucha frecuencia en diferentes ámbitos de la investigación, tal y como es el caso de dos muestras independientes.

Se utiliza el programa de Excel para hacer los cálculos y presentar los valores y por supuesto, el programa de análisis estadístico SPSS.

## CAPÍTULO IV

### ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

#### 4.1 Análisis de los Resultados

- Evaluación del comportamiento de dos Humedales vegetales sucesivos, “lechuguín” *Eichhornia crassipes*, y de “carrizo” *Arundo donax*, para la descontaminación de las aguas residuales de la Planta de Tratamiento “El Peral” de la EP-EMAPA.

La instalación de los humedales se realizan con 87 días de anticipación, y las muestras fueron tomadas a los 87, y 95 días, ya que el lechuguín por ser una planta invasora y tener condiciones óptimas para su adaptabilidad prospera vertiginosamente, razón por la cual se tuvo la necesidad de realizar limpiezas cada 30 días para evitar una sobrepoblación, lo que no sucede con el carrizo que se debe esperar 60 días para que soporte aguas contaminadas.

Para el segundo ciclo de toma de muestras, el mismo día que sale el agua contaminada del humedal carrizo e ingresa al humedal lechuguín una nueva carga de agua contaminada, y es tomada la muestra a los 95 días y finalmente a los 103 días.

Los humedales instalados deben tener un mantenimiento sistemático para que su funcionamiento sea el óptimo.

**Tabla N.- 14** Resumen de la plantación, prendimiento y crecimiento de las dos especies.

Vegetal utilizado	# plantas sembradas /rizomas (#)	Tiempo de adaptación de plantas (días)	Limpieza de exceso material vegetal (días)	Ingreso de aguas contaminadas (días)	Toma de datos inicial (días)	Toma de datos segunda muestra (días)
Lechuguín	20	15	30	30	87	95
Carrizo	20	60		60	95	103

*Realizado por: Ingeniero Marco Antonio Viteri Briones 2013*

Como se observa en la tabla 14, se planta igual número de rizomas, variando en el tiempo de adaptación, siendo el lechuguín el que mejor adaptabilidad presenta, debiendo inclusive a los 30 días realizarse una limpieza del material excesivo, y variando el tiempo de ingreso de agua contaminada, en el lechuguín 30 días y en el carrizo 60 días, siendo necesario esperar hasta el día 87 para tomar la muestra, esta agua contaminada pasa al humedal carrizo para permanecer por cuatro días en reposo, saliendo en el día 95, este mismo día ingresa una nueva carga de agua al humedal lechuguín para la segunda toma de muestra, y finalmente la muestra se la tomo el día de la salida del humedal carrizo esto es a los 103 días.

- **Análisis físico-químicos y microbiológicos para determinar los niveles de descontaminación con la tecnología propuesta.**

**Tabla N.- 15** Parámetro, Unidad, Método Utilizados.- son con los que analizan las muestras en el laboratorio Lacquanálisis.

Análisis	Parámetros	Unidad	Método
Físico-Químicos	Dureza	mgCaCO <sub>3</sub> /l	APHA 2340 C/PRO TEC 015
	Ph	UpH	APHA 4500 H+B/PRO TEC 011
	Conductividad	us/cm	APHA 2510 B/PRO TEC 013
	Sólidos totales disueltos	mg/l	APHA 2540 C/PRO TEC 016
	Cloruros	mgCl/l	APHA 4500 Cl-B/PRO TEC 019
	Materia orgánica	kg/día	INTERNO
	Olor	NUO	APHA 2150 B
	Color	Unid. Pt-Co	HACH 8025 /PRO TEC 027
	DQO	mg/l	APHA 5220 C/PRO TEC 014

	DBO5	mg/l	APHA 5220 B/PRO TEC 030
	Turbidez	NTU	SM 2130 B
	Detergentes	mg/l	APHA 5540 C
	Aceites y Grasas	mg/l	EPA 418.1
Microbiológicos	Coliformes Totales	NMP/100ml	AOAC 991.14 / PRO TEC 035
	Coliformes Fecales	NMP/100ml	AOAC 991.14 / PRO TEC 036
	Aerobios totales	UFC/100ml	AOAC 996.23 / PRO TEC 034
N/A= not available (no disponible) Unid. Pt-Co= Unidades para definir color NMP= Número más probable UFC= Unidad formadora de colonias NUO= Tecnología para determinar olores			

*Realizado por: Ingeniero Marco Antonio Viteri Briones 2013*

**Tabla N.- 16 Resultados de la primera toma de las muestras.-** Son los resultados de los análisis proporcionados por Lacquanálisis 2012 durante el período del 20 al 27 de noviembre de 2012.

Análisis	Parámetros	Unidad	Lechuguín	Carrizo
			87 días	95 días
Físico-Químico	Dureza	mgCaCO3/l	181,30	169,05
	pH	UpH	7,55	7,60
	Conductividad	us/cm	920,00	871,00
	Sólidos totales disueltos	mg/l	354,00	541,00
	Cloruros	mgCl/l	68,43	60,83
	Materia orgánica	kg/día	10,02	8,47
	Olor	N/A	Característico	Característico
	Color	Unid. Pt-Co	466,00	376,00
	DQO	mg/l	179,00	151,00
	DBO5	mg/l	116,00	98,00
	Turbidez	NTU	29,79	26,90
	Detergentes	mg/l	6,90	8,30
	Aceites y Grasas	mg/l	1,90	2,70
Microbiológicos	Coliformes Totales	NMP/100ml	$1 \times 10^{10}$	$1,5 \times 10^6$
			10000000000,00	1500000,00
	Coliformes Fecales	NMP/100ml	$1 \times 10^{10}$	$3,4 \times 10^5$
			10000000000,00	3400000,00
Aerobios totales	UFC/100ml	$1 \times 10^{10}$	$1 \times 10^{10}$	
		10000000000,00	10000000000,00	

*Realizado por: Ingeniero Marco Antonio Viteri Briones 2013*

Los escaneados de los originales de los resultados de Lacquanálisis S.A. se consignan en el anexo 1

**Tabla N.- 17 Segunda toma de muestras.-** Son los resultados de los análisis proporcionados por Lacquanálisis 2012 durante el período del 27 de noviembre y el 3 de diciembre del 2012.

Análisis	Parámetros	Unidad	Lechuguín	Carrizo
			95 días	103 días
Físico-Químico	Dureza	mgCaCO3/l	176,40	173,55
	Ph	UpH	7,64	7,42
	Conductividad	us/cm	795,50	922,25
	Sólidos totales disueltos	mg/l	410,00	441,00
	Cloruros	mgCl/l	68,44	62,10
	Materia orgánica	kg/día	7,78	5,70
	Olor	N/A	Característico	Característico
	Color	Unid. Pt-Co	428,00	214,00
	DQO	mg/l	139,00	101,00
	DBO5	mg/l	90,00	66,00
	Turbidez	NTU	17,00	36,00
	Detergentes	mg/l	6,60	5,70
	Aceites y Grasas	mg/l	3,20	2,40
Microbiológicos	Coliformes Totales	NMP/100ml	1,1x10 <sup>6</sup>	1,7x10 <sup>5</sup>
			110000,00	170000,00
	Coliformes Fecales	NMP/100ml	4,6x10 <sup>5</sup>	1,4x10 <sup>5</sup>
			460000,00	1400000,00
	Aerobios totales	UFC/100ml	2,8x10 <sup>6</sup>	2,4x10 <sup>6</sup>
			2800000,00	2400000,00

*Realizado por: Ingeniero Marco Antonio Viteri Briones 2013*

Los escaneados de los originales de los resultados de Lacquanalisis S.A. se consignan en el anexo 2

**Tabla N.- 18 Porcentajes de la primera muestra.-** en forma porcentual se presentan los niveles de descontaminación logrados después del tratamiento:

Análisis	Parámetros	Unidad	Lechuguín	Carrizo
			87 días	95 días
Físico-Químico	Dureza	mgCaCO3/l	100%	93,24%
	Ph	UpH	100%	100,66%
	Conductividad	us/cm	100%	94,67%
	Sólidos totales disueltos	mg/l	100%	152,82%
	Cloruros	mgCl/l	100%	88,89%
	Materia orgánica	kg/día	100%	84,53%
	Olor	N/A	Característico	Característico
	Color	Unid. Pt-Co	100%	80,69%
	DQO	mg/l	100%	84,36%
	DBO5	mg/l	100%	84,48%
	Turbidez	NTU	100%	90,30%
	Detergentes	mg/l	100%	120,29%
	Aceites y Grasas	mg/l	100%	142,11%
Microbiológicos	Coliformes Totales	NMP/100ml	100%	0,02%
			100%	0,03%
	Coliformes Fecales	NMP/100ml	100%	0,03%
			100%	100%

*Realizado por: Ingeniero Marco Antonio Viteri Briones 2013*

**Tabla N.- 19 Porcentajes (Segundo Ciclo).**- Tomando como referencia los datos proporcionados por Lacquanálisis S.A. se presentan el porcentaje del nivel de descontaminación de las aguas descargadas en el río Ambato después del tratamiento:

Análisis	Parámetros	Unidad	Lechuguín	Carrizo
			95 días	103 días
Físico-Químico	Dureza	mgCaCO <sub>3</sub> /l	100%	98,38%
	Ph	UpH	100%	97,12%
	Conductividad	us/cm	100%	115,93%
	Sólidos totales disueltos	mg/l	100%	107,56%
	Cloruros	mgCl/l	100%	90,74%
	Materia orgánica	kg/día	100%	73,26%
	Olor	N/A	Característico	Característico
	Color	Unid. Pt-Co	100%	50,00%
	DQO	mg/l	100%	72,66%
	DBO5	mg/l	100%	73,33%
	Turbidez	NTU	100%	211,76%
	Detergentes	mg/l	100%	86,36%
Aceites y Grasas	mg/l	100%	75,00%	
Microbiológicos	Coliformes Totales	NMP/100ml	100%	154,55%
	Coliformes Fecales	NMP/100ml	100%	304,35%
	Aerobios totales	UFC/100ml	100%	85,71%

*Realizado por: Ingeniero Marco Antonio Viteri Briones 2013*

**Tabla N° 20.-** Permite relacionar lo que sucede al comparar los límites permisibles según TULAS (2010) durante los procesos fitorremediadores para luego relacionarlos con los resultados proporcionados por el laboratorio Lacquanálisis; el resumen es el siguiente:

Parámetros	Uso Agrícola	Descarga Agua Dulce	Consumo humano
Dureza Manganesio total Carbonato total	0,2 mg/l 0,1 mg/l	2,0 mg/l	0,1mg/l
Ph		5,9	6-9
Conductividad	400 milimhos/cm		
Sólidos totales disueltos	3000 mg/l	1600 mg/l	1000 mg/l
Cloruros		1000 mg/l	25 mg/l
Materia orgánica	Visible	Visible	Visible
Olor			Es permitido olor y sabor removible por tratamiento convencional
Color	100 Unidades de color	Inapreciable en disolución 1/20	
DQO		250 mg/l	
DBO5		100 mg/l	2,0 mg/l
Turbidez	Mínimo 2,0 m		100 UTN
Detergentes		0,5 mg/l	
Aceites y Grasas		0,3 mg/l	0,3 mg/l
Coliformes Totales	1000 nmp/100 ml		3000 nmp/100 ml
Coliformes Fecales	600 nmp/100ml	Remoción > al 99,9% Nmp/100ml	
Aerobios totales			

Apoyados por los resultados proporcionados por Lacquanàlisis comparamos con los límites permisibles en cada parámetro y tenemos:

**Tabla N.- 21 Dureza**

Día	Lechuguín	Día	Carrizo		Límite permisible		
					Uso Agrícola	Descarga Agua Dulce	Consumo Humano
87	181.30	95	169.05	Manganesio total	0,2 mg/l	2,0 mg/l	0,1mg/l
95	176.40	103	173.55	Carbonato total	0,1 mg/l		

*Realizado por: Ingeniero Marco Antonio Viteri Briones 2013*

TULAS (2010) muestra a los componentes de la dureza que son Magnesio y Carbonato con valores determinados en la tabla 21, a pesar que la literatura cita como parámetro de referencia la cantidad de estos compuestos presentes en el agua y los determina como aguas blandas, con lecturas de 200 mg/l y duras con 50 mg/l. La tabla 21 demuestra que tanto el lechuguín como el carrizo ayudan a mejorar la calidad del agua, aun estando dentro de los límites permisibles para su utilización.

**Tabla N.- 22 pH**

Día	Lechuguín	Día	Carrizo	Límite permisible		
				Uso Agrícola	Descarga Agua Dulce	Consumo Humano
87	7,55	95	7,60	6-9	5-9	6-9
95	7,64	103	7,42			

*Realizado por: Ingeniero Marco Antonio Viteri Briones 2013*

En la tabla 22 al observar los límites permisibles proporcionados por TULAS (2010) y al relacionarlos con las lecturas, estas demuestran que el pH es ligeramente básico, ya que se aproxima al punto neutral, durante el tiempo del ensayo las lecturas no varían mayormente y están dentro de los límites permisibles.



**Tabla N.- 23** Conductividad

Día	Lechuguín	Día	Carrizo	Límite Permissible		
				Uso Agrícola	Descarga Agua Dulce	Consumo Humano
87	920,00	95	871,00	400 milimhos/cm		
95	795,50	103	922,25			

*Realizado por: Ingeniero Marco Antonio Viteri Briones 2013*

TULAS (2010) al considerar los límites permisibles y comparar con los resultados se observa que la conductividad posee variaciones muy pequeñas durante el estudio, demostrando que no existe mayor cantidad de iones en disolución, sin influenciar mayormente en la calidad del agua, como se observa en la tabla 23.

**Tabla N.- 24** Sólidos totales disueltos

Día	Lechuguín	Día	Carrizo	Límite Permissible		
				Uso Agrícola	Descarga Agua Dulce	Consumo Humano
87	354,00	95	541,00	3000 mg/l	1600 mg/l	1000 mg/l
95	410,00	103	441,00			

*Realizado por: Ingeniero Marco Antonio Viteri Briones 2013*

TULAS (2010) al calificar el uso del agua presenta límites diferentes los mismos que están bajo este parámetro durante la investigación. En la tabla 24, los Sólidos Totales Disueltos, presentan un ligero incremento, que se debe a los procesos de evapotranspiración producidos por la absorción del agua.

**Tabla N.- 25** Cloruros

Día	Lechuguín	Día	Carrizo	Límite Permissible		
				Uso Agrícola	Descarga Agua Dulce	Consumo Humano
87	68,43	95	60,83		1000 mg/l	25 mg/l
95	68,44	103	62,10			

*Realizado por: Ingeniero Marco Antonio Viteri Briones 2013*

En los parámetros de los límites permisibles de TULAS (2010) se deduce que el agua no es apta para consumo humano, pero puede ser descargada. Durante el ensayo los cloruros disminuyen, sin alterar los niveles mínimos para la calidad del agua; la que representa a la acción fitorremediadora de los humedales (tabla 25).

**Tabla N.- 26** Materia Orgánica

Día	Lechuguín	Día	Carrizo	Límite Permisible		
				Uso Agrícola	Descarga Agua Dulce	Consumo Humano
87	10,02	95	8,47	Visible	Visible	Visible
95	7,78	103	5,70			

*Realizado por: Ingeniero Marco Antonio Viteri Briones 2013*

Al considerar muchos elementos las mediciones son por sustitutos, por lo que TULAS (2010) los considera como visibles; Como lo demuestra la tabla 26, la materia orgánica tiende a disminuir durante el estudio, demostrando que a pesar de existir contaminación por la presencia de compuestos orgánicos, influye la fitorremediación en la calidad del agua.

**Tabla N.- 27** Color

Día	Lechuguín	Día	Carrizo	Límite Permisible		
				Uso Agrícola	Descarga Agua Dulce	Consumo Humano
87	466,00	95	376,00	100 Unidades de color	Inapreciable en disolución 1/20	
95	428,00	103	214,00			

*Realizado por: Ingeniero Marco Antonio Viteri Briones 2013*

TULAS (2010) propone que al ser un agua contaminada, el olor y color son característicos (tabla 27), y al analizar los datos de las muestras presentan descensos en sus valores, sin apartarse de los niveles mínimos permisibles.

**Tabla N.- 28** DBO<sub>5</sub>

Día	Lechuguín	Día	Carrizo	Límite Permisible		
				Uso Agrícola	Descarga Agua Dulce	Consumo Humano
87	116,00	95	98,00		100 mg/l	2,0 mg/l
95	90	103	66			

*Realizado por: Ingeniero Marco Antonio Viteri Briones 2013*

Los resultados (tabla 28) de los análisis demuestran que existen microorganismos que ayudan la acción fitorremediadora de los humedales al tener lecturas que van en descenso conforme avanza el estudio, estando en niveles inferiores a los límites permisibles; siendo según TULAS (2010) el agua apta para ser descargada al río, pero no para consumo humano.

**Tabla N.- 29 DQO**

Día	Lechuguín	Día	Carrizo	Límite Permissible		
				Uso Agrícola	Descarga Agua Dulce	Consumo Humano
87	179,00	95	151,00		250 mg/l	
95	139,00	103	101,00			

*Realizado por: Ingeniero Marco Antonio Viteri Briones 2013*

Al comparar con TULAS (2010) se muestra que el agua es apta para ser descargada al lecho del río, demostrado con las lecturas al existir descensos de los valores, dado por la cantidad de materia orgánica, los que aún estando bajo los niveles permisibles, este descienden mejorando la calidad del agua (tabla 29).

**Tabla N.- 30 Turbidez**

Día	Lechuguín	Día	Carrizo	Límite Permissible		
				Uso Agrícola	Descarga Agua Dulce	Consumo Humano
87	29,79	95	26,90	Mínimo 2,0 m		100 UTN
95	17,00	103	36			

*Realizado por: Ingeniero Marco Antonio Viteri Briones 2013*

Al hablar de TULAS (2010) se observa que dentro de los límites permisibles el agua es apta para uso agrícola y consumo humano, según el análisis presentados en la tabla 30, este parámetro es irregular, indicando un incremento de sólidos en suspensión, por la actividad misma de las plantas.

**Tabla N.- 31 Detergentes**

Día	Lechuguín	Día	Carrizo	Límite Permissible		
				Uso Agrícola	Descarga Agua Dulce	Consumo Humano
87	6,90	95	8,3		0,5 mg/l	
95	6,6	103	5,7			

*Realizado por: Ingeniero Marco Antonio Viteri Briones 2013*

Al observar este parámetro en TULAS (2010), esta agua no debería ser descargada ya que se observan lecturas que se incrementan de acuerdo a la cantidad de actividades domésticas y comerciales que se realizan, sin variar mayormente con la calidad de Agua (tabla 31).

**Tabla N.- 32 Aceites y grasas**

Día	Lechuguín	Día	Carrizo	Límite Permissible		
				Uso Agrícola	Descarga Agua Dulce	Consumo Humano
87	1,90	95	2,70		0,3 mg/l	0,3 mg/l
95	3,20	103	2,40			

*Realizado por: Ingeniero Marco Antonio Viteri Briones 2013*

TULAS (2010) expone que los resultados obtenidos proporcionan información sobre las actividades comerciales que se realizan en el sector, al presentar lecturas altas sin estar dentro de los límites permisibles como lo demuestra la tabla 32.

**Tabla N.- 33 Coliformes Totales**

Día	Lechuguín	Día	Carrizo	Límite Permissible		
				Uso Agrícola	Descarga Agua Dulce	Consumo Humano
87	10000000000	95	1500000	1000 nmp/100 ml		3000 nmp/100 ml
	$1 \times 10^{10}$		$1,5 \times 10^5$			
95	1100000	103	170000			
	$1,1 \times 10^6$		$1,7 \times 10^5$			

*Realizado por: Ingeniero Marco Antonio Viteri Briones 2013*

TULAS (2010) al hablar de coliformes totales y observar los resultados de los análisis, estos son sumamente elevados, existiendo un descenso en su número, sin embargo no llegan a los límites permisibles para el aprovechamiento del agua (tabla 33).

**Tabla N.- 34 Coliformes Fecales**

Día	Lechuguín	Día	Carrizo	Límite Permissible		
				Uso Agrícola	Descarga Agua Dulce	Consumo Humano
87	10000000000	95	340000	600 nmp/100ml	Remoción > al 99,9% Nmp/100ml	0
	$1 \times 10^{10}$		$3,4 \times 10^5$			
95	4600000	103	140000			
	$4,6 \times 10^5$		$1,4 \times 10^5$			

*Realizado por: Marco Viteri 2013*

Analizado con TULAS (2010) dentro de los límites permisibles; los coliformes fecales en los análisis realizados presentan resultados con lecturas altas (tabla 34), las que disminuyen conforme avanza el estudio, sin llegar a los límites permisibles, siendo importante por ser nocivos para la salud humana especialmente.

**Tabla N.- 35 Aerobios Totales**

Día	Lechuguín	Día	Carrizo	Límite permisible		
				Uso Agrícola	Descarga Agua Dulce	Consumo Humano
87	10000000000	95	10000000000			
	$1 \times 10^{10}$		$1 \times 10^{10}$			
95	2800000	103	2400000			
	$2,8 \times 10^6$		$2,4 \times 10^6$			

*Realizado por: Ingeniero Marco Antonio Viteri Briones 2013*

Al ser los aerobios totales microorganismos de diferentes tipo, se los considera que forman parte de los coliformes, por lo que TULAS (2010) no presenta límites permisibles, asociándoles con los coliformes, estando presentes en los análisis realizados presentando lecturas elevadas, que se ven disminuidos en el transcurso del estudio sin llegar a tener resultados que estén dentro de los parámetros permisibles para la salud humana (tabla 35).

- **Análisis económico de los tratamientos investigados**

**a. Costo instalación de humedales**

**Tabla N 36 Costo Instalación de Humedales para el Estudio**

<b>Lechuguín (<i>Eichhornia crassipes</i>)y Carrizo (<i>Arundo donax</i>)</b>			
<b>Concepto</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Valor Unitario</b>	<b>Valor Total</b>
Jornal	5,5	15,00	82,50
Plástico negro	20	1,75	35,00
Geomembrana	20	11	220,00
Plástico negro	20	1,75	35,00
Plantas de lechuguin	20	1,00	20,00
Subtotal			392,50
Imprevistos 5%			19,62
<b>Costo Total</b>			<b>412,12</b>

*Realizado por: Ingeniero Marco Antonio Viteri Briones 2013*

La tabla 36 se presenta el costo de la instalación de los humedales, debiéndose tomar en cuenta el costo de la instalación del humedal de Lechuguín que necesita un estanque impermeable, con respecto al carrizo, compensado por la rapidez de adaptación del lechuguín que se adapta para soportar más rápidamente a las aguas contaminadas.

## b. Costo análisis de aguas

**Tabla N.- 37** Costo Análisis de Laboratorio.- Los parámetros realizados son 16, entre análisis físico-químicos y microbiológicos, para tener un resultado de la calidad del agua a descargarse en el río Ambato.

Concepto	Cantidad	Valor Unitario	Valor Total
Recipientes para la toma de muestras	12	0,60	7,20
Análisis en laboratorio calificado	12	250	3000,00
Subtotal			3007,20
Imprevistos 5%			150,36
<b>Costo Total</b>			<b>3157,56</b>

*Realizado por: Ingeniero Marco Antonio Viteri Briones 2013*

- **Proyección de los humedales a escala real para satisfacer los volúmenes de aguas residuales de la Planta de Tratamiento “El Peral”.**

En la actualidad, los volúmenes de agua que ingresan a la Planta de Tratamiento “El Peral” son de 3 litros por segundo, por lo tanto se deberá triplicar los espacios para satisfacer las necesidades del tratamiento a través de los biofiltros y según los resultados de los análisis, tener un agua para uso agrícola, al realizar esta labor los costos se triplicarán, es así que para la instalación de humedales se necesitarán 1236,36,00 USD, y el área a utilizarse será de 60m<sup>2</sup> para una remediación de 3 litros por segundo.

## 4.2 Interpretación de datos

Para la interpretación de los datos se referencia la caracterización de las aguas propuestas por Carvajal y González (2007); el agua es un compuesto extraordinariamente simple, es sin embargo una sustancia de características tan excepcionales y únicas que sin ella sería imposible la vida. El hombre tiene necesidad de agua para realizar sus funciones vitales, para preparar y cocinar los

alimentos, para la higiene y los usos domésticos, para regar los campos, para la industria, para las centrales de energía; en una palabra, para vivir.

El agua es en el hombre, el líquido en el que se produce el proceso de la vida, y de hecho, la supervivencia de las células depende de su capacidad para mantener el volumen celular y la homeostasia. Es fundamental para prácticamente todas las funciones del organismo y es también su componente más abundante. Sin embargo, aunque dependemos de ella nuestro organismo no es capaz de sintetizarla en cantidades suficientes ni de almacenarla, por lo que debe ingerirse regularmente. Por ello, el agua es un verdadero nutriente que debe formar parte de la dieta en cantidades mucho mayores que las de cualquier otro nutriente. Existen organismos capaces de vivir sin luz, incluso sin oxígeno, pero ninguno puede vivir sin agua.

Además, tampoco se perderá de vista que en la naturaleza no se encuentra nunca el agua de los químicos, es decir, el agua pura, inodora, incolora e insípida. El agua de los ríos, el agua subterránea, el agua de lluvia y el agua que bebemos, contiene siempre otras sustancias disueltas que, aún en cantidades reducidas, aportan cualidades organolépticas y nutritivas por lo que el agua también debe considerarse un alimento, un componente más de nuestra dieta, un ingrediente fundamental en la cocina, contribuyendo al aporte de algunos nutrientes y mejorando también el valor gastronómico de las recetas culinarias.(Azcona et. al. 2007).

- **Análisis del comportamiento de dos humedales vegetales sucesivos, “lechuguín” y de “carrizo” para la descontaminación de las aguas residuales de la Planta de Tratamiento “El Peral” de la EP-EMAPA.**

Como se indica en la literatura, Pozo (2012) confirma que tanto *Eichhornia crassipes* y *Arundo donax* son dos especies vegetales que ayudan a la descontaminación, por medio de microorganismos de la rizósfera de las plantas acuáticas y absorción de los componentes del agua residual. La contaminación del

agua con metales pesados es un problema ambiental de gran importancia en todo el mundo, que pone en riesgo la salud humana y el agotamiento de éste recurso. Ciertamente, existen varios métodos convencionales para remover los metales tóxicos del agua, pero muchos de los cuales son costosos y no brinda la reutilización.

Torres A. (2009) en el estudio realizado en la Presa Daniel Palacios concluye que la bioadsorción es una alternativa potencial, la cual utiliza biomasa muerta o inactiva para captar y concentrar metales pesados. Varios biomateriales ya han sido investigados, observándose una gran efectividad en la adsorción de metales.

El uso de flora acuática muerta o seca, para la remoción de metales, ha tenido en los últimos tiempos una gran aceptación. Torres A. (2009) en este trabajo determinó la capacidad de adsorción de  $\text{Cr}^{6+}$  y  $\text{Pb}^{2+}$  por la macrófita acuática muerta, *Eichhornia crassipes* bajo diferentes condiciones experimentales.

Pozo (2012), al referirse al carrizo común, muestra a esta especie como protectora de los microorganismos de los cambios ambientales que pueden ser letales y crea una estructura estable, en las depuradoras convencionales de aguas para el tratamiento biológico, lo que se conoce como sopa de bacterias.

Cicero D. (2012) toma el estudio de la Asociación Ría y confirma que el carrizo (*Phragmites australis*) absorbe metales pesados por lo que servirá para descontaminar la Ría del Carmen. Estos resultados corresponden a las investigaciones realizadas en la primera fase del “Proyecto de investigación, desarrollo e innovación del potencial fitorremediador del carrizo (*Phragmites australis*) para la descontaminación de sedimentos de estuarios contaminados por metales pesados”.

En el estudio realizado los resultados de la primera fase, hasta llegar al día 87, momento en el que realizó la primera muestra; logrando un 100% de preñimiento



del material vegetal. El desarrollo de todas las plantas en el sedimento tóxico fue "excelente", corroborándose la resistencia de la especie a los ambientes altamente contaminados, manteniéndose en perfectas condiciones hasta el día 103 en que fue tomada la última muestra.

Estos datos son fundamentales para el diseño de la metodología de aplicación del lechuguín en la combinación con carrizo sobre el medio real y para establecer el modelo de gestión del mismo mediante siegas y otros protocolos que se traduzcan en la retirada de los contaminantes del medio degradado, hasta recuperar los niveles naturales.

Se espera que existan resultados "incluso mejores", ya que el estrés al que han sido sometidas las plantas en el proceso de trasplante de su medio natural a humedales "probablemente ha mermado su rendimiento", siendo además previsible que el crecimiento de los sistemas radiculares de las plantas favorezca los procesos de biorremediación.

Este estudio da como consecuencia un complemento del tratamiento propuesto para la descontaminación de las aguas residuales de la Planta de Tratamiento "El Peral" de la EP-EMAPA, al combinar estas dos especies y tener resultados satisfactorios en aguas residuales contaminadas, las que pueden ser aprovechadas para riego; pudiendo incluso con la adición de un proceso desinfectante obtener algunos efectos positivos de descontaminación de aguas para ser utilizadas en el consumo humano.

- **Ejecución de los análisis físico-químicos y microbiológicos para determinar los niveles de descontaminación con la tecnología propuesta.**

La referencia para los análisis fue el límite permisible tanto de TULAS (2010), de la Norma INEN y un resumen de la calidad de agua de la Planta de Tratamiento "El Peral" proporcionada por la Dra. Díaz (2012) funcionaria EP-EMAPA.

Tulas (2010), presenta la tabla 6 titulada “criterios de calidad admisibles para aguas de uso agrícola”, la tabla 38 sintetiza los parámetros utilizados teniendo:

**Tabla N.- 38 Criterios de calidad admisibles para aguas de uso agrícola**

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Potencial de hidrógeno	pH	6-9	
Sólidos disueltos totales	mg/l	3 000,0	
Transparencia de las aguas medidas con el disco secchi.			mínimo 2,0 m
Aceites y grasa	Sustancias solubles en hexano	mg/l	0,3
Coniformes Totales	nmp/100 ml	1 000	
Huevos de parásitos	Huevos por litro	<b>cero</b>	

*Fuente: Tulas 2010.*

En la tabla 39 se sintetiza los parámetros tomados de Tulas (2010), correspondiente a la tabla 7 titulada “parámetros de los niveles guía de la calidad del agua para riego”:

**Tabla N.- 39 Parámetros de los niveles guía de la calidad del agua para riego**

Problema Potencial	Unidades	*Grado De Restricción.			
		Ninguno	Ligero	Moderado	Severo
<b>Salinidad (1):</b>					
CE (2)	Milimhos/cm	0,7	0,7	30	>3,0
SDT (3)	mg/l	450	450	2000	>2000
<b>Toxicidad por ión específico (5):</b>					
<b>- Cloruros</b>		3,0	3,0	9	>9
Irrigación superficial	meq/l	3,0	3,0		
Aspersión					
<b>- Boro</b>	meq/l	4,0	4,0	10	>10
	meq/l	3,0	3,0		
	meq/l	0,7	0,7	3,0	>3,0
Ph	Rango normal	6,5 –8,4			
<p><i>*Es un grado de limitación, que indica el rango de factibilidad para el uso del agua en riego.</i></p> <p><i>(1) Afecta a la disponibilidad de agua para los cultivos.</i></p> <p><i>(2) Conductividad eléctrica del agua: regadío ( 1 milimhos/cm = 1000 micromhos/cm).</i></p> <p><i>(3 )Sólidos disueltos totales.</i></p> <p><i>(5) Afecta a la sensibilidad de los cultivos.</i></p>					

*Fuente: Tulas (2010)*

La tabla 35 presenta una síntesis de las cuantificaciones, se tomaron en cuenta los parámetros existentes aplicables a la realidad local teniendo como resultado:

**Tabla N.- 40** Síntesis de límites permisibles

Análisis	Parámetros	Unidad	Resumen EP-EMAPA 2012	Límites Permisibles
Físico-Químico	Dureza	mgCaCO <sub>3</sub> /l		400,00
	Ph	UpH	7,21	6 a 9
	Conductividad	us/cm		1700,00
	Sólidos totales disueltos	mg/l	669,00	3000,00
	Cloruros	mgCl/l		250,00
	Materia orgánica	kg/día		
	Olor	N/A	Característico	Característico
	Color	Unid. Pt-Co		
	DQO	mg/l	362,00	250,00
	DBO5	mg/l	306,00	100,00
	Turbidez	NTU		
	Detergentes	mg/l		
	Aceites y Grasas	mg/l		0,30
Microbiológicos	Coliformes Totales	NMP/100ml	Más de 100000	3000,00
	Coliformes Fecales	NMP/100ml	Más de 100000	600,00
	Aerobios totales	UFC/100ml	Más de 100000	

*Fuente: Laquanálisis, EP-EMAPA (2012), INEN(2013) y TULAS (2010)*

## Parámetros Físico-Químicos

### Dureza

La Universidad Tecnológica Nacional (2010) describe el término dureza del agua como la cantidad de sales de calcio y magnesio disueltas en el agua. Estos minerales tienen su origen en las formaciones rocosas calcáreas, y pueden ser encontrados; en mayor o menor grado, en la mayoría de las aguas naturales. A veces se da como límite para denominar a un agua como dura una dureza superior a 120 mg CaCO<sub>3</sub>/l. Se determina por la cantidad de carbonatos de Ca y Mg, las aguas blandas tienen una cantidad inferior a 50 mg/l de CaCO<sub>3</sub>, las aguas duras tienen una cantidad superior a 200 mg/l de CaCO<sub>3</sub>. Producen precipitaciones en conducciones, impiden la formación de espumas por lo que hace falta mayor gasto de detergentes, dificultan la cocción de alimentos.

En el presente trabajo de investigación los resultados fueron:

**Tabla N.- 41** Dureza interpretación

Primer ciclo de toma de muestras		Segundo ciclo de toma de muestras	
Lechuguín	Carrizo	Lechuguín	Carrizo
87 días	95 días	95 días	103 días
181,30	169,05	176,40	173,55
100%	93,24%	100%	98,32%

*Realizado por: Ingeniero Marco Antonio Viteri Briones 2013*

Según TULAS (2010) en la tabla 1 simboliza a “*Los límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico que únicamente requieren tratamiento convencional*”, siendo el nivel de Carbonato de Calcio menor a 500 mg/l, y analizando los resultados se observa que los niveles de dureza son inferiores a los permisibles, existiendo inclusive una disminución de los mismos durante el tratamiento, en el primer ciclo de toma de muestras es de 6,76% mientras que en el segundo ciclo es de 1,68%, lo que se resume en la tabla 41.

## pH

Ciencias de la Tierra (2013) indica; la escala de pH típicamente va de 0 a 14 en disolución acuosa, siendo ácidas las disoluciones con pH menores a 7 (el valor del exponente de la concentración es mayor, porque hay más iones en la disolución) y alcalinas las que tienen pH mayores a 7. El pH = 7 indica la neutralidad de la disolución (cuando el disolvente es agua). El pH es la concentración de protones siendo importante para organismos acuáticos que el pH esté entre los 5,5 y 7,5, si se aumenta o decrece presenta ciertas anomalías en las diferentes funciones de los seres vivientes.

En el trabajo de investigación realizado los resultados fueron:

**Tabla N.- 42** pH interpretación

Primer ciclo de toma de muestras		Segundo ciclo de toma de muestras	
Lechuguín	Carrizo	Lechuguín	Carrizo
87	95	95	103
7,55	7,60	7,64	7,42
100%	100,66%	100%	97,12%

*Realizado por: Ingeniero Marco Antonio Viteri Briones 2013*

Teniendo como referencia TULAS (2010) en la tabla 2, “Límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico que únicamente requieran desinfección”, como pH máximo permisible describe valores de 6-9, al relacionarlo con los datos del estudio se observa en el primer ciclo de muestras tenemos un 0,66% de incremento en el pH, mientras que en el segundo ciclo tenemos una disminución de 2,88 %, manteniéndose en los límites permisibles (tabla 42).

### Conductividad

Está relacionada con la cantidad de iones en disolución, para agua potable debe ser inferior a 400 microsiemens /cm., según la Universidad Tecnológica Nacional (2010).

Como límite máximo; según Lacquanálisis S.A. propone 1700,00us/cm, mientras que en TULAS (2010) en la tabla 7 “Los parámetros de los niveles guías de la calidad del agua para riego” tenemos:

**Tabla N.- 43** CE para riego TULAS (2010)

Problema Potencial	Unidades	Grado de restricción			
		Ninguno	Ligero	Moderado	Severo
Conductividad Eléctrica (CE)	Milimhos/cm	0,7	0,7	3,0	>3,0

*FUENTE: tulas (2010)*

En el presente trabajo de investigación realizado los resultados fueron:

**Tabla N.- 44** Conductividad interpretación

Primer ciclo de toma de muestras		Segundo ciclo de toma de muestras	
Lechuguín	Carrizo	Lechuguín	Carrizo
87	95	95	103
920,00	871,00	795,50	922,25
100%	94,67%	100%	115,93

*Realizado por: Ingeniero Marco Antonio Viteri Briones 2013*

Comparando se tiene que los resultados son aceptables, existiendo en el primer ciclo de toma de la muestra una disminución del 5,33% en los niveles de CE, mientras que en el segundo ciclo de toma de muestras se eleva la conductividad en el 15,93 % debido a la concentración de sales por efectos de la evapotranspiración (tabla 44).

### **Sólidos Disueltos Totales (TDS)**

Para la Universidad Tecnológica Nacional (2010) el TDS es una medida de la materia en una muestra de agua más pequeña de 2 micrones (2 millonésimas de un metro) y no pueden ser removidos por un filtro tradicional. TDS es básicamente la suma de todos los minerales, metales y sales disueltos en el agua y es un buen indicador de la calidad del agua. TDS es clasificado como un contaminante secundario por la Agencia de Protección Ambiental de los EU (USEPA) y se sugiere un máximo de 500 mg/l en agua potable.

Éste estándar secundario se establece porque TDS elevado proporciona al agua una apariencia turbia y disminuye el sabor en ésta. Personas no acostumbradas al agua con alto contenido de TDS pueden experimentar irritación gastrointestinal al beber ésta. TDS también pueden interferir con equipos de tratamiento y es importante considerarlo al instalar un sistema de tratamiento de agua.

En el trabajo de investigación realizado los resultados fueron:

**Tabla N.- 45** Sólidos totales disueltos; interpretación

<b>Primer ciclo de toma de muestras</b>		<b>Segundo ciclo de toma de muestras</b>	
<b>Lechuguín</b>	<b>Carrizo</b>	<b>Lechuguín</b>	<b>Carrizo</b>
87	95	95	103
354,00	541,00	410,00	441,00
100%	152,82%	100%	107,56%

*Realizado por: Ingeniero Marco Antonio Viteri Briones 2013*

Al analizar TULAS (2010) en la tabla 1 tenemos “*Los límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico, que únicamente requieren tratamiento convencional*”, la cantidad de sólidos totales disueltos (TDS) permisibles es de 1000 mg/l; como resultado de la investigación en el

primer ciclo de muestras se incrementa la cantidad de sólidos en el 52,82%, al igual que en el segundo ciclo de muestras su incremento es del 7,56%, a pesar de estar dentro de los límites permisibles (tabla 45).

**Iones disueltos.** Sulfatos, cloruros, nitratos, nitritos, bicarbonatos

El Diario Oficial de la Federación (2001) manifiesta que los niveles de concentración de cloruros en agua no contaminada se encuentran en valores menores de 10 mg/l y en agua que se ha sometido a procesos de cloración ha reportado resultados de 40 a 63 mg/l. En los humanos el 88 % de cloruros es extracelular y contribuye a la actividad osmótica del cuerpo.

En el presente trabajo de investigación realizado los resultados fueron:

**Tabla N.- 46** Iones interpretación

Primer ciclo de toma de muestras		Segundo ciclo de toma de muestras	
Lechuguín	Carrizo	Lechuguín	Carrizo
87	95	95	103
68,43	60,83	68,44	62,10
100%	88,99%	100%	90,74%

*Realizado por: Ingeniero Marco Antonio Viteri Briones 2013*

TULAS (2010) en su tabla 2, “Límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico que únicamente requieran desinfección”, como límite permisible tenemos 250 mg/l de Cl, en comparación con los resultados presentados por Lacquanálisis S.A. éstos son inferiores a TULAS, durante el primer ciclo de muestras tomadas el nivel de cloruros desciende en el rango del 11,01 y en el segundo ciclo el 9,26% (tabla 46).

**Materia Orgánica**

El Diario Oficial de la Federación (2001) en lo concerniente a las aguas naturales sin contaminación, presentan concentraciones de materia orgánica muy bajas. La contaminación por materia orgánica tiene en general tres orígenes:

doméstico/urbano, agrícola e industrial. Se puede hacer una subdivisión de la materia orgánica de un agua en biodegradable y no biodegradable.

Para la Universidad Tecnológica Nacional (2010) los parámetros que se suelen utilizar para medir la cantidad de materia orgánica presente en un agua se denominan a veces parámetros sustitutos, pues abarcan muchos compuestos, ya que son medidas globales de la materia orgánica. Los más importantes se basan en la cantidad de oxígeno necesario para descomponer u oxidar los productos orgánicos.

En el trabajo de investigación realizado los resultados fueron:

**Tabla N.- 47** Materia orgánica interpretación

Primer ciclo de toma de muestras		Segundo ciclo de toma de muestras	
Lechuguìn	Carrizo	Lechuguìn	Carrizo
87	95	95	103
10,02	8,47	7,78	5,70
100%	84,53%	100%	73,26%

*Realizado por: Ingeniero Marco Antonio Viteri Briones 2013*

Lacquanálisis S.A. manifiesta que la Materia Orgánica está determinada por la cantidad acumulada de materia en un día, por lo tanto el método que utiliza es interno. De los datos obtenidos en la presente investigación se observa un decrecimiento en la cantidad de materia orgánica existente teniendo un 15,47% de disminución en el primer ciclo de muestras; mientras que en el segundo tenemos 26,74 % de disminución de materia orgánica debido al reposo durante el tratamiento del agua (tabla 47).

### **Olor, color, sabor**

Según el Diario Oficial de la Federación (2001) al hablar de olor y sabor, las aguas presentan olores característicos, siendo típico de las aguas contaminadas, estas aguas a medida que pasa el tiempo se descomponen por no estar circulando.



En el presente trabajo de investigación realizado los resultados fueron:

**Tabla N.- 48** Color interpretación

Primer ciclo de toma de muestras		Segundo ciclo de toma de muestras	
Lechuguín	Carrizo	Lechuguín	Carrizo
87	95	95	103
466,00	376,00	428,00	214,00
100%	80,69%	100%	50%

*Realizado por: Ingeniero Marco Antonio Viteri Briones 2013*

En la investigación el lechuguín muestra resultados aceptables, los mismos que decrecen conforme avanza el estudio y se toman las muestras, en el primer ciclo de muestras tenemos el 19,31% y para el segundo ciclo mejora en el 50 %, mejorando la calidad de las aguas (tabla 48).

### **Demanda química de oxígeno. DQO**

Para la Universidad Tecnológica Nacional (2010) el DQO es una medida de la cantidad de materia orgánica por la oxidación por oxidantes inorgánicos (dicromato o permanganato potásico en medio ácido y con catalizadores).

En el trabajo de investigación realizado los resultados fueron:

**Tabla N.- 49** DQO interpretación

Primer ciclo de toma de muestras		Segundo ciclo de toma de muestras	
Lechuguín	Carrizo	Lechuguín	Carrizo
87	95	95	103
179,00	151,00	139,00	101,00
100%	84,36	100%	72,66

*Realizado por: Ingeniero Marco Antonio Viteri Briones 2013*

En la tabla 11 de TULAS (2010) que corresponde a los “Límites de descarga al sistema de alcantarillado público” observamos un DQO máximo de 500 mg/l, comparado con los datos obtenidos se considera como aguas aptas para ser descargadas al río existiendo en el primer ciclo un mejoramiento del 15,64% de la calidad del agua y en el segundo ciclo un 27,34% (tabla 49).

## **Demanda biológica de oxígeno. DBO<sub>5</sub>**

Consiste en conocer el consumo de oxígeno por los microorganismos del agua en un periodo determinado de tiempo; cuanto más materia orgánica biodegradable tenga el agua más será la DBO. Se suele medir en cinco días a 30°C. DBO<sub>5</sub> Universidad Tecnológica Nacional (2010).

En el presente trabajo de investigación realizado los resultados fueron:

**Tabla N.- 50** DBO<sub>5</sub> interpretación

<b>Primer ciclo de toma de muestras</b>		<b>Segundo ciclo de toma de muestras</b>	
<b>Lechuguín</b>	<b>Carrizo</b>	<b>Lechuguín</b>	<b>Carrizo</b>
87	95	95	103
116,00	98,00	90,00	66,00
100%	84,48%	100%	73,33%

*Realizado por: Ingeniero Marco Antonio Viteri Briones 2013*

TULAS (2010) en la tabla 11, que corresponde a los “*Límites de descarga al sistema de alcantarillado público*”, para el DBO<sub>5</sub> muestra un rango de hasta 250 mg/l, Al analizar los datos en la presente investigación se tiene que tanto en lechuguín como en carrizo existen cantidades aceptables de DBO<sub>5</sub>, es así que en el primer ciclo de muestras este rango descontaminación disminuye en el 15,52%, y en el segundo ciclo de muestras disminuye el 26,67% (tabla 50).

## **Turbidez.**

La Universidad Tecnológica Nacional (2010) determina a la turbidez por la presencia de sólidos en suspensión; sean sedimentales o no sedimentales, principalmente arcillas y materia orgánica; imposibilita la entrada de la luz en el agua frenando la fotosíntesis en zonas profundas, para cuantificarla se utiliza el disco de Secchi.

En Wikipedia, 2012 indica que la turbidez se mide en Unidades Nefelométricas de turbidez, o Nephelometric Turbidity Unit (NTU). Los sistemas filtrantes de las

plantas de tratamiento del agua para consumo humano, deben asegurar que la turbidez no supere 1 NTU (0.6NTU para filtración convencional o directa) en por lo menos 95% de las muestras diarias de cualquier mes. En los estándares de los EEUU, la turbidez no debe superar 1 NTU, y no debe superar 0.3 en 95% de las muestras diarias de cualquier mes.

En el trabajo de investigación realizado los resultados fueron:

**Tabla N.- 51** Turbidez interpretación

Primer ciclo de toma de muestras		Segundo ciclo de toma de muestras	
Lechuguín	Carrizo	Lechuguín	Carrizo
87	95	95	103
29,79	26,90	17,00	36,00
100%	90,30%	100%	211,76%

*Realizado por: Ingeniero Marco Antonio Viteri Briones 2013*

Este parámetro nos demuestra que en el primer ciclo de toma de muestras se tiene una disminución en la turbidez en un 9,7%; mientras que en el segundo ciclo de muestras existe un aumento de la turbidez en el orden del 111,76% debido a la descomposición de la materia orgánica, durante el desarrollo de la investigación los datos obtenidos son aceptables para aguas de uso agrícola (tabla 51).

## **Detergentes**

Ciencias de la Tierra (2013) describe a los detergentes como mezcla de sustancias que permiten modificar la tensión superficial del agua, para poder eliminar la suciedad de las superficies, así como mantener los residuos en suspensión.

Al crear la tensión y mantener residuos en suspensión provoca disminución del DBO en el agua, perjudicando la flora y fauna existente, alterando la composición misma del agua al reaccionar con los compuestos del detergente.

El componente activo de un detergente es similar al de un jabón, su molécula tiene también una larga cadena hidrófoba y una polar hidrófila. Normalmente es un producto sintético derivado del petróleo.

En el presente trabajo de investigación realizado los resultados fueron:

**Tabla N.- 52 Detergentes interpretación**

Primer ciclo de toma de muestras		Segundo ciclo de toma de muestras	
Lechuguín	Carrizo	Lechuguín	Carrizo
87	95	95	103
6,90	8,30	6,60	7,50
100%	120,29%	100%	75%

*Realizado por: Ingeniero Marco Antonio Viteri Briones 2013*

Al efectuar los análisis de los resultados proporcionados por Lacquanálisis S. A. la unidad de medición mg/l en el que se observa un nivel de contaminación constante causada por detergentes, de la lectura de la primera toma de muestras se tiene un aumento del 20,29% mientras que en el segundo ciclo de toma de muestras disminuye en 25,00% la contaminación de estas aguas, se puede mencionar que los niveles de estos contaminantes dependen de las actividades de los habitantes de este sector (tabla 52).

### **Aceites y Grasas**

Al hablar de grasas y aceites Ciencias de la Tierra (2013) menciona que son compuestos orgánicos constituidos principalmente por ácidos grasos de origen animal y vegetal, así como los hidrocarburos del petróleo. Algunas de sus características más representativas son baja densidad, poca solubilidad en agua, baja o nula biodegradabilidad. Por ello, si no son controladas se acumulan en el agua formando natas en la superficie del líquido.

Su efecto en los sistemas de tratamiento de aguas residuales o en las aguas naturales se debe a que interfieren con el intercambio de gases entre el agua y la atmósfera. No permiten el libre paso del oxígeno hacia el agua, ni la salida del CO<sub>2</sub> del agua hacia la atmósfera, en casos extremos puede llegar a producir la acidificación del agua junto con bajos niveles de oxígeno disuelto, además de interferir con la penetración de la luz solar.

Las principales fuentes a portadoras de grasas y aceites son los de usos domésticos, talleres automotrices y de motores.

La determinación analítica de grasas y aceites no mide una sustancia específica sino un grupo de sustancias susceptibles de disolverse en hexano, incluyendo ácidos grasos, jabones, grasas, ceras, hidrocarburos, aceites y cualquier otra sustancia extractable con hexano.

En el trabajo de investigación realizado los resultados fueron:

**Tabla N.- 53 Aceites y grasas interpretación**

Primer ciclo de toma de muestras		Segundo ciclo de toma de muestras	
Lechuguín	Carrizo	Lechuguín	Carrizo
87	95	95	103
1,90	2,70	3,20	2,40
100%	142,11%	100%	75%

*Realizado por: Ingeniero Marco Antonio Viteri Briones 2013*

Lacquanalisis S.A. utiliza la norma EPA 418.1 cuya unidad de medida es mg/l, este indicador en la contaminación de las aguas considera que en el primer ciclo de toma de muestras tenemos un 42,11% de incremento, bajando en el segundo ciclo de toma de muestras en un 25,00% (tabla 53).

Al realizar un resumen de los resultados obtenidos en el estudio comparados con parámetros utilizados en el medio, tenemos que observar las recomendaciones proporcionadas por TULAS (2010) en la tabla 6 referente a “*Criterios de calidad admisibles para aguas de uso agrícola*”, en la que se considera un límite máximo permisible de 0,3 mg/l expresado en sustancias solubles en hexano.

### **Síntesis de los Parámetros Físico-Químicos**

Al analizar los parámetros físico-químicos y de acuerdo a los resultados proporcionados, éstos poseen valores que son aceptables para aguas que pueden ser utilizadas en agricultura y otros menesteres que no sean para consumo humano, como se observa en las tablas anteriores los niveles permisibles son superiores a los resultados obtenidos de los niveles de contaminación teniendo estadísticamente:

**Tabla N.- 54** Análisis estadísticos de Parámetros Físico-Químicos

Análisis	Parámetros	Unidad	t Estadístico	t Tabla
FÍSICO- QUÍMICO	Dureza	mgCaCO <sub>3</sub> /l	0,04255319	12,7062047
	Ph	UpH	0,33333333	12,7062047
	Conductividad	us/cm	0,41678521	12,7062047
	Sólidos Totales Disueltos	mg/l	0,28205128	12,7062047
	Cloruros	mgCl/l	-1,01587302	12,7062047
	Materia orgánica	kg/día	10,8857143	12,7062047
	Olor	N/A	Característico	Característico
	Color	Unid. Pt-Co	2,4516129	12,7062047
	DBO <sub>5</sub>	mg/l	9,66666667	12,7062047
	DQO	mg/l	0,03522329	12,7062047
	Turbidez	NTU	0,03522329	12,7062047
	Detergentes	mg/l	0,13688889	12,7062047
	Aceites y Grasas	mg/l	-0,2173913	12,7062047

*Realizado por: Ingeniero Marco Antonio Viteri Briones 2013*

De los resultados del análisis de la prueba t para medias de dos muestras emparejadas, se observa que la t estadística es menor a la t de la tabla.

De la combinación de estos sistemas se observa que las lecturas no muestran significación por presentes las sustancias en el agua, pero en cantidades inferiores a los límites permisibles, lo que conlleva a tener un agua apta para riego según TULAS (2010), la Norma INEN y la Dra. Díaz (2012).

### **Parámetros Microbiológicos**

Según los estudios de Ciencias de la Tierra (2013) los parámetros microbiológicos están compuestos por la presencia de microorganismos patógenos de diferentes tipos: bacterias, virus, protozoos y otros organismos.

Como resultado del análisis microbiológico proporcionado por Lacquanálisis S.A., TULAS (2010) y de la Norma INEN e integrado a la síntesis de datos proporcionada por la Dra. Díaz (2012) durante el año 2012, y de acuerdo a los resultados que se presentan, los valores son aceptables para aguas que pueden ser utilizadas en agricultura y otros menesteres que no sean para consumo humano; teniendo estadísticamente:

**Tabla N.- 55** Análisis Estadístico Parámetros Microbiológicos

Análisis	Parámetros	Unidad	t Estadístico	t Tabla
MICROBIOLÓGICOS	Coliformes Totales	NMP/100ml	1,00016604	12,7062047
	Coliformes Fecales	NMP/100ml	1,00004002	12,7062047
	Aerobios totales	UFC/100ml	1,00004002	12,7062047

*Realizado por: Ingeniero Marco Antonio Viteri Briones 2013*

Al efectuar el estudio de la prueba t para medias de dos muestras emparejadas, se advierte que la t estadística es menor a la t de la tabla y de acuerdo a los resultados que se presentan, estas aguas pueden ser utilizadas en agricultura y otros menesteres que no sean para consumo humano.

Dentro de los datos proporcionados de los parámetros investigados se presentan los siguientes resultados:

**Tabla N.- 56** Análisis de Parámetros Microbiológicos

Análisis	Parámetros	Toma de Muestras Lechuguín		Toma de Muestras Carrizo	
		87 días	95 días	95 días	103 días
MICROBIOLÓ- GICOS	Coliformes Totales	$1 \times 10^{10}$	$1,5 \times 10^6$	$1,1 \times 10^6$	$1,7 \times 10^5$
		10000000000,00	1500000,00	110000,00	170000,00
	Coliformes Fecales	$1 \times 10^{10}$	$3,4 \times 10^5$	$4,6 \times 10^5$	$1,4 \times 10^5$
		10000000000,00	3400000,00	460000,00	1400000,00
	Aerobios totales	$1 \times 10^{10}$	$1 \times 10^{10}$	$2,8 \times 10^6$	$2,4 \times 10^6$
		10000000000,00	10000000000,00	2800000,00	2400000,00

*Realizado por: Ingeniero Marco Antonio Viteri Briones 2013*

Al realizar el análisis microbiológico para el lechuguín, durante el ensayo existe una disminución apreciable en Coliformes. Para el segundo ciclo de análisis de muestras las lecturas descienden, es así que al día 103 existe una baja en todos los parámetros microbiológicos analizados.

Luego de los resultados presentados y al realizar el análisis estadístico de la prueba t para medias de dos muestras emparejadas dan como respuesta que la t estadística es inferior a la t de la tabla ratificándose esta proyección.

Al implementar los humedales sucesivos se debe tener en cuenta que la acción fitorremediadora del lechuguín se ve complementada con la del carrizo común, esto lo demuestran los análisis realizados en el laboratorio con certificación OAE Lacquanálisis S.A., sin llegar a resultados óptimos, es decir a límites permisible, pero si existe un decrecimiento de los niveles de contaminación microbiológica en las aguas analizadas.

### **Bacterias Coliformes Totales**

Ciencias de la Tierra 2013 al referirse a los coliformes totales indican; no todos los coliformes son de origen fecal, por lo que se hace necesario desarrollar pruebas para diferenciarlos a efectos de emplearlos como indicadores de contaminación. Se distinguen, por lo tanto, los coliformes totales que comprende la totalidad del grupo y los coliformes fecales aquellos de origen intestinal.

Desde el punto de vista de la salud pública esta diferenciación es importante, puesto que permite asegurar con alto grado de certeza que la contaminación que presenta el agua es de origen fecal. Se encuentran comúnmente en el medioambiente y generalmente no causan problemas.

En el presente trabajo de investigación realizado los resultados fueron:



**Tabla N.- 57** Resultado Análisis Bacterias Coliformes Totales

Análisis	Parámetros	Toma de muestras lechuguín		Toma de muestras carrizo	
		87 días	95 días	95 días	103 días
MICROBIOLÓ- GICOS	Coliformes	$1 \times 10^{10}$	$1,5 \times 10^6$	$1,1 \times 10^6$	$1,7 \times 10^5$
	Totales	10000000000,00	1500000,00	110000,00	170000,00

*Realizado por: Ingeniero Marco Antonio Viteri Briones 2013*

Al tener como referencia la tabla 1 de TULAS en el que se presentan los “Límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico que únicamente requieren tratamiento convencional” TULAS (2010), las que expresa que 3000 nmp/100 ml es la cantidad permisible, lo que al comparar con los resultados está muy distante; sin embargo, partiendo del 100% que es superior al millón, se tiene un decrecimiento considerable de coliformes durante los procesos de fitorremediación utilizados dado por la acción de bacterias y la actividad radicular (tabla 57).

### **Bacterias Coliformes Fecales.**

La Universidad Tecnológica Nacional (2010) lo describe como un subgrupo de bacterias coliformes totales, que se encuentran en grandes cantidades en los intestinos y excremento de los humanos y animales. Su presencia indica que el agua está contaminada con excremento y exterioriza un alto riesgo de presencia de organismos que pueden causar enfermedades.

Las bacterias coliformes fecales forman parte del total del grupo coliforme. Son definidas como bacilos gram-negativos, no esporulados, que fermentan la lactosa con producción de ácido y gas a  $44.5 \text{ }^\circ\text{C} \pm 0.2 \text{ }^\circ\text{C}$  dentro de las  $24 \pm 2$  horas. La mayor especie en el grupo de coliforme fecal es el *Escherichia coli*.

Generalmente, las bacterias coliformes se encuentran en mayor abundancia en la capa superficial del agua o en los sedimentos del fondo.

Los niveles recomendados de bacterias coliformes fecales son:

- Agua potable: menos de 0 colonias por 100 ml de la muestra de agua.
- Natación: menos de 200 colonias por 100 ml de la muestra de agua
- Navegar/Pescar: menos de 1,000 colonias por 100 ml de la muestra de agua

En el presente trabajo de investigación realizado los resultados fueron:

**Tabla N.- 58** Resultado Análisis Bacterias coliformes fecales

Análisis	Parámetros	Toma de muestras lechuguín		Toma de muestras carrizo	
		87 días	95 días	95 días	103 días
MICROBIOLÓGICOS	Coliformes	$1 \times 10^{10}$	$3,4 \times 10^5$	$4,6 \times 10^5$	$1,4 \times 10^5$
	Fecales	10000000000,00	3400000,00	460000,00	1400000,00

*Realizado por: Ingeniero Marco Antonio Viteri Briones 2013*

TULAS (2010) en la tabla 1. “Límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico, que únicamente requieren tratamiento convencional”, indica que 600 nmp/100 ml son permisible; al relacionar con el estudio, existe un efecto positivo de descontaminación de las aguas analizadas, sin llegar a los límites permisibles ya que parte con un número incontable de colonias, sin llegar a los límites permisibles para que el agua sea consumida por el ser humano (tabla 58).

### **Aerobios totales**

Dentro de las descripciones presentadas por la Universidad Tecnológica Nacional (2010) el nombre de aerobio es aquel que se aplica a los organismos o seres vivos que necesitan el oxígeno para vivir, siendo estas bacterias, virus, protozoos y otros organismos.

Wikipedia, 2012 (b) al hablar de Unidades Formadoras de Colonias(UFC) manifiesta ser un valor que indica el grado de contaminación microbiológica de un ambiente. Expresa el número relativo de microorganismos de un taxón determinado en un volumen de un metro cúbico de agua.

UFC es el número mínimo de células separables sobre la superficie, o dentro, de un medio de agar semi-sólido que da lugar al desarrollo de una colonia visible del orden de decenas de millones de células descendientes. Las UFC pueden ser pares (diplococos), cadena (estreptococos) o racimos (estafilococos), así como células individuales unidad formadora de colonias.

Las "Unidades Formadoras de Colonias" (ufc) se miden en UFC/ml (UFC por mililitro).

En el presente trabajo de investigación realizado los resultados fueron:

**Tabla N.- 59** Resultado Análisis Aerobios totales

Análisis	Parámetros	Toma de muestras lechuguín		Toma de muestras carrizo	
		87 días	95 días	95 días	103 días
	Aerobios totales	$1 \times 10^{10}$	$1 \times 10^{10}$	$2,8 \times 10^6$	$2,4 \times 10^6$
		10000000000,00	10000000000,00	2800000,00	2400000,00

*Realizado por: Ingeniero Marco Antonio Viteri Briones 2013*

Lacquanálisi S.A. (2013) analiza el parámetro Aerobios Totales a través de unidades UFC/100ml, por ser organismos vivos y estar presentes en aguas contaminadas, al analizar los resultados emitidos por el laboratorio, este parámetro es alto, pero conforme el estudio es realizado existe un descenso importante aunque sin llegar a niveles permisibles, debiendo tener presente que los niveles de coliformes no llegan a ser óptimos lo que al utilizarse para consumo humano provocaría problemas de salud en la población.

- **Análisis económico de los tratamientos investigados.**

Lara B. (1990) al hablar de la impermeabilización y referirse a los tipos de humedales revela el requerimiento general de colocar una barrera impermeable para impedir que se contamine con agua residual el subsuelo o el agua

subterránea. Algunas veces esta barrera está presente naturalmente por una capa de arcillas o por los materiales que se encuentran in-situ y que pueden ser compactados, hasta un estado cercano al impermeable. Otras posibilidades son los tratamientos químicos, una capa de bentonita o de asfalto, o algún tipo de membrana.

El fondo del humedal debe ser cuidadosamente aislado antes de la colocación del impermeabilizante, sobre todo si es del tipo de alguna fibra sintética, que puede llegar a perforarse. El terreno que corresponde a la cubierta vegetal debe retirarse de forma cuidadosa, para que pueda reservarse para ser utilizado en los humedales de FWS como base para la vegetación o usarse después de la obra. El fondo debe ser nivelado de lado alado del humedal y en la totalidad de la longitud del lecho. Los dos tipos de humedales deben tener una ligera pendiente para asegurar el drenaje, de forma que se asegure que se proporcionen las condiciones hidráulicas necesarias para el flujo del sistema. El gradiente hidráulico que se requiere y el control del nivel de agua en cada celda se realizan con el dispositivo de salida, que debe ser regulable.

Lara B. (1990) indica, durante las operaciones finales de afinación de la rasante, el fondo del humedal debe ser compactado de forma similar a como se hace con la subrasante de una carretera. El propósito es mantener la superficie del diseño durante las subsecuentes actividades de construcción. Muchos sistemas de humedales construidos de ambos tipos, han tenido flujos preferenciales debidos a errores en esta parte de la construcción. En el caso particular de los sistemas SFS, los camiones que transportan la grava pueden ser un problema. Las huellas de los neumáticos sobre el fondo del lecho pueden inducir flujos permanentes en la totalidad del sistema. Por tanto, no debe estar permitido el tráfico pesado por el fondo de las celdas cuando se tengan condiciones climáticas de humedad.

La membrana impermeabilizante, si se usa, debe colocarse directamente en la totalidad de la superficie de la celda. El medio granular, en el caso de los humedales SFS, será colocado directamente sobre la membrana que debe tener las

propiedades mecánicas necesarias para soportarlo sin llegar a perforarse. Para el caso de los FWS, la capa superficial del suelo que se reservó anteriormente se coloca sobre la membrana, de forma que sirve de base para las raíces de la vegetación.

Lara B. (1990) analiza la selección del material granular para el humedal SFS, es crítica para el éxito del sistema. Puede usarse roca triturada y seca; pero durante el transporte en los camiones existe el problema de segregación de finos, que más tarde darán lugar a posibles atascamientos, por lo tanto es preferible la utilización de piedra lavada o grava. En la construcción de humedales SFS pueden también utilizarse agregados gruesos de los usados en la fabricación de concreto.

Los diques y bermas de las celdas de los humedales pueden construirse de la misma manera que cuando se construyen lagunas o instalaciones similares.

Para sistemas a gran escala, la parte alta del dique debería tener un ancho suficiente para situar un camión o cualquier equipo necesario para el mantenimiento. Cada celda del sistema deberá tener una rampa que permita el acceso a los vehículos de mantenimiento. Lara B. (1990).

Lara B. (1990) en su análisis concuerda con las sugerencias emitidas, al examinar económicamente los tratamientos se observa una diferencia ya que se considera la impermeabilización para la implementación de los humedales, existiendo un ligero incremento de costos al momento de la siembra del lechuguín por ser una planta acuática; mientras que el carrizo común necesita de un sustrato para su enraizamiento lo que se transforma en incremento de tiempo, para su implementación y posterior funcionamiento.

Los costos para la implementación difieren principalmente al momento de la impermeabilización del humedal, de esta forma se evita exista filtración y/o escurrimiento de las aguas que se tratan durante el proceso de fitorremediación,

existiendo una diferencia económica durante la instalación de los humedales de alrededor del 13 % más costoso el lechuguín que el carrizo común.

- **Proyección del análisis económico para la implementación de los humedales a escala real para satisfacer los volúmenes de aguas residuales de la Planta de Tratamiento el Peral.**

Para que la planta de tratamiento funcione a toda su capacidad, se ampliarán las instalaciones de los humedales propuestos, para una capacidad de tratamiento de 3 litros de aguas servidas por segundo que ingresan, siendo el costo total de los humedales de 538,13 USD, con una durabilidad en mínimo de tres años.

Como proceso de la fitorremediación se realizará la instalación de dos humedales vegetales con la utilización de “Lechuguín” *Eichhornia crassipes* y de “Carrizo” *Arundo donax*, logrando la descontaminación de las aguas que se vierten al río, llegando éstas a ser utilizadas para la agricultura, aportando al mejoramiento de la calidad ambiental.

Pozo (2012) y Fiallos (2011) manifiestan que el lecho vegetal de lechuguín se adapta mejor a medios contaminados, lo que compensa el costo en la instalación; así también proponen la preparación del carrizo, antes de entrar en contacto con aguas contaminadas, lo que concuerda con el estudio realizado.

#### **4.2 Verificación de Hipótesis**

La tecnología ecológica investigada de dos especies en dos humedales vegetales sucesivos, como biofiltros para la descontaminación de aguas en la planta de tratamiento El Peral-EP-EMAPA, que recoge las aguas residuales del sector Ficoa La Delicia de la ciudad de Ambato, permite obtener una disminución aceptable de las concentraciones de contaminantes existentes, por lo tanto se acepta la hipótesis planteada.

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 Conclusiones

- El agua que llega a la Planta de tratamiento “El Peral”, propiedad de la EP-EMAPA, es agua residual de uso doméstico ya que recoge las aguas servidas del sector Ficoa-La Delicia de la ciudad de Ambato, y por tanto posee niveles altos de contaminación.
- Las especies investigadas; “Lechuguín” *Eichhornia crassipes*, Fam. Pontederiaceae y “Carrizo” *Arundo donax*, Fam. Poacea, son aptas para las condiciones medioambientales existentes en la planta de tratamiento “El Peral”; pero al ingresar aguas contaminadas, el carrizo tiene un proceso de adaptabilidad diferente al lechuguín, ya que necesita estar por un tiempo determinado (30 días) en contacto con el agua contaminada hasta ejercer completamente su actividad.
- Los parámetros estudiados se encuentran entre los valores TULAS (2010) para determinar el tipo de calidad de agua, siendo esta agua apta para ser descargada al río y pudiendo utilizarse en riego de cultivos no hortícolas y otros menesteres.
- De acuerdo a los análisis de los parámetros fisicoquímicos, se obtuvo un aumento de sus concentraciones, en la primera toma de muestras en los parámetros de pH, STDS, detergentes y aceites y grasas; lo que es demostrado con los análisis estadísticos realizados (Tabla N°54), sin embargo es una agua apta para ser utilizada en el riego, limitándose a cultivos

hortícolas; en la segunda toma de muestra el pH decrece, la turbidez aumenta su valor.

- En cuanto a dureza, pH, sólidos disueltos, conductividad, aceites y grasa; estos a pesar de estar dentro de los límites permisibles, aumentaron sus lecturas; debido principalmente a las actividades desarrolladas por la población en su rutina habitual.
- De acuerdo a los análisis de los parámetros microbiológicos (coliformes), se obtiene una disminución de sus concentraciones de contaminación, pero sin llegar a ser óptimos para el consumo humano, por la presencia de coliformes fecales ya que éstos influyen en la salud humana (tabla 55).
- La innovación tecnológica propuesta en este estudio, es decir, que el agua pase primero por el humedal de lechuguín y luego pase por el humedal de carrizo, es una alternativa para mejorar los procesos fitorremediadores que se realiza en la Planta de Tratamiento El Peral.
- Los procesos existentes actualmente en la Planta de Tratamiento El Peral, se complementan con la acción fitorremediadora, al activar los microorganismos presentes tanto en las raíces de las plantas y el medio circundante, logrando mejorar la calidad de agua que es vertida al río Ambato.
- Al instalar los humedales, los costos varían en un 13%, siendo más costoso el lechuguín, lo que se compensa con el tiempo que tarda el carrizo para entrar en funcionamiento como humedal; considerando que el lechuguín funciona a los 30 días de instalado, mientras el carrizo demora 60 días para soportar la carga de contaminantes a ser descontaminada.
- Actualmente existe el área necesaria para la implementación y funcionamiento de la planta, ya que se necesita 60 m<sup>2</sup> de espacio para el



tratamiento de 3 l/seg, que es descargada actualmente a la Planta de Tratamiento El Peral.

- Para la construcción de los humedales, se tiene presente que estos sean sucesivos, ya que la acción del uno completa el funcionamiento del otro y se obtienen mejores resultados, esto se demuestra con los datos tomados durante el estudio.
- El costo de la instalación de los humedales fue de 538,13 USD, siendo económicamente favorable para la fitorremediación de las aguas residuales.

## 5.2 Recomendaciones

- Las especies investigadas, “Lechuguín” *Eichhornia crassipes* y “Carrizo” *Arundo donax* pueden ser utilizadas como biofiltros en todas las plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas, como complementos de los procesos actuales de tratamiento.
- El “Lechuguín” *Eichhornia crassipes*, posee resistencia al contacto con aguas contaminadas y se adapta fácilmente, pero al ser una planta invasora se debe precautelar su manejo, debiendo programar limpiezas de los humedales con frecuencias no mayores a los 30 días ya que se multiplican rápidamente, el material vegetal de este manejo se lo puede reutilizar como abono verde.
- El “Carrizo común” *Arundo donax*, para su adaptabilidad y resistencia al contacto con aguas contaminadas tiene un proceso lento para su implementación, pero una vez implantado se vuelve una planta invasora, la misma que se la debe manejar periódicamente y aprovecharla ya que posee múltiples usos.
- Se debe continuar con mayor número de investigaciones sobre especies de plantas nativas que sirvan como biofiltros para mejorar los procesos de descontaminación de aguas residuales domésticas.

- Tanto el lechuguín como el carrizo son plantas que deberían ser utilizadas en nuestro medio, como complemento para el mejoramiento de la calidad de agua que se vierte al río Ambato en las plantas de tratamiento de la ciudad, debiendo establecerse áreas para su instalación.
- En la impermeabilización de los humedales cuando se utilizan plantas acuáticas como lechuguin, se deben tener en cuenta sistemas de impermeabilización alternativos, como la utilización de asfaltos o compactación de suelos para así bajar costos.
- Para la implementación de humedales en los que se utilizan plantas enraizadas en sustratos como el carrizo, la impermeabilización no es necesaria, ya que para su crecimiento necesita del elemento suelo, el mismo que está presente en el lecho.
- El agua que es descargada al río puede ser utilizada para riego, pero tomando en cuenta que no sean hortalizas.

## CAPÍTULO VI

### PROPUESTA

#### REMEDIACIÓN DE LAS AGUAS SERVIDAS CON LA UTILIZACIÓN DE “LECHUGUÍN” *Eichhornia crassipes* Y “CARRIZO” *Arundo donax* EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO “EL PERAL” DE LA CIUDAD DE AMBATO.

##### 6.1 Datos informativos

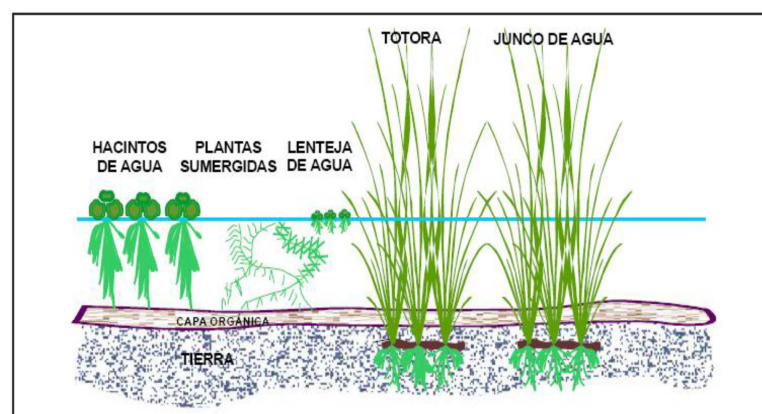
En el estudio realizado por Pozo (2012) al concluir la fitorremediación de las aguas del canal de riego Latacunga-Salcedo-Ambato, mediante la utilización de humedales vegetales a nivel de prototipo de campo, afirma que la aplicación de este tipo de humedales es beneficiosa; lo que es confirmada por Fiallos (2011) al ejecutar su estudio sobre innovación biológica para la depuración de aguas contaminadas en la Estación “El Peral”, EMAPA-Ambato, los que demuestran que utilizando vegetales para la fitorremediación se puede ayudar a la descontaminación de aguas contaminadas; siendo el “lechuguín” (*Eichhornia crassipes*) y/o “carrizo” (*Arundo donax*) o la combinación de estos una alternativa.

Partiendo de estos estudios se analiza la función que tienen las raíces de los vegetales, es así que Mayo (2010) en su estudio manifiesta que los humedales son sistemas de tratamiento de aguas residuales que utilizan plantas acuáticas para la remoción de contaminantes. También llamados lechos de hidrófilas, lechos de macrófitas, pantanos artificiales o lechos de plantas acuáticas (LPA); además los LPA pueden proporcionar un efluente bajo en DBO y en macro nutrientes (nitrógeno, fósforo y potasio).

Mayo (2010) describe a los LPA como generalmente poco profundos (normalmente menos de 0.6 m) y el agua que fluye en ellos se desplaza con un movimiento lento. En su interior hay estratos poblados de plantas acuáticas flotantes, emergentes y sumergidas, tales como algas, juncos, bejucos, lirios, cipreses, etc. En sistemas artificiales estos cuerpos son creados de manera artificial y son zanjas largas y estrechas o canales. Los LPA deben tener una gran cobertura de plantas, con el objeto de impedir el paso de la luz, a fin de inhibir la fotosíntesis de las micrófitas (plantas de tamaño microscópico) o algas, propiciando la remoción eficiente de sólidos suspendidos volátiles (SSV) y reduciendo la formación de color verdoso ocasionado por algas. El oxígeno producido por la fotosíntesis en las hojas de las plantas es transferido a las raíces y posteriormente al agua, donde se presenta como oxígeno disuelto.

Los procesos que intervienen en la remoción de contaminantes mediante los LPA son: físicos (filtración, sedimentación y adsorción), químicos (precipitación, adsorción, hidrólisis, irradiación, oxidación y reducción) y biológicos, los que están constituidos por plantas acuáticas de tamaño macroscópico y también por los microorganismos que se desarrollan adheridos a la superficie de las raíces, y los suspendidos en el agua residual. La eficiencia de remoción de DBO en un LPA varía entre 70 y 95% para un efluente secundario y entre 50% y un 90% si se trata de un efluente proveniente de un tratamiento primario, este último en un tiempo de remoción de 10 días.

**Figura N.- 4 Humedal**



*Fuente: (Polprasert, 1996; Brooks, 1998; Raskin y Ensley, 2000)*

### 6.1.1. Ventajas y desventajas de la fitorremediación

Polprasert (1996), Brooks (1998) y Raskin y Ensley (2000) presentan un cuadro donde se muestra las principales ventajas y desventajas que ofrece la fitorremediación, en comparación con otras tecnologías convencionales.

**Tabla N.- 60 Ventajas y desventajas de la fitorremediación**

Ventajas	Desventajas
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Es una tecnología sustentable.</li> <li>2. Es eficiente para tratar diversos tipos de contaminantes <i>in situ</i>.</li> <li>3. Es aplicable a ambientes con concentraciones de contaminantes de bajas a moderadas.</li> <li>4. Es de bajo costo, no requiere personal especializado para su manejo ni consumo de energía.</li> <li>5. Es poco perjudicial para el ambiente.</li> <li>6. No produce contaminantes secundarios y por lo mismo no hay necesidad de lugares para desecho.</li> <li>7. Tiene una alta probabilidad de ser aceptada por el público, ya que es estéticamente agradable.</li> <li>8. Evita la excavación y el tráfico pesado.</li> <li>9. Tiene una versatilidad potencial para tratar una gamadiversa de materiales peligrosos.</li> <li>10. Se pueden reciclar recursos (agua, biomasa, metales)</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Es un proceso relativamente lento (cuando las especies son de vida larga, como árboles o arbustos).</li> <li>2. Es dependiente de las estaciones.</li> <li>3. El crecimiento de la vegetación puede estar limitado por extremos de la toxicidad ambiental.</li> <li>4. Los contaminantes acumulados en las hojas pueden ser liberados nuevamente al ambiente durante el otoño (especies perennes).</li> <li>5. Los contaminantes pueden acumularse en maderas para combustión.</li> <li>6. No todas las plantas son tolerantes o acumuladoras.</li> <li>7. La solubilidad de algunos contaminantes puede incrementarse, resultando en un mayor daño ambiental o migración de contaminantes.</li> <li>8. Se requieren áreas relativamente grandes.</li> <li>9. Pudiera favorecer el desarrollo de mosquitos (en sistemas acuáticos)</li> </ol>

**FUENTE:** Polprasert (1996), Brooks (1998) y Raskin y Ensley (2000)

### 6.1.2. Fitorremediación Acuática

Polprasert (1996), Brooks (1998), Raskin y Ensley (2000) en sus estudios indican; tradicionalmente las plantas vasculares acuáticas han sido consideradas como una plaga en sistemas enriquecidos con nutrientes. Su rápida proliferación puede

dificultar la navegación y amenazar el balance de la biota en los ecosistemas acuáticos; sin embargo, en la actualidad se considera que estas plantas también pueden ser manejadas adecuadamente y volverse útiles, debido a su capacidad para remover y acumular diversos tipos de contaminantes.

Además, su biomasa puede ser aprovechada como fuente de energía, forraje y fibra. Los primeros sistemas de tratamiento de aguas residuales a base de plantas se implementaron en los países europeos a principios de 1960, utilizando juncos o carrizos. Desde entonces, los sistemas de fitorremediación acuática se han perfeccionado y diversificado, y su aceptación y aplicación cada vez es mayor. La fitorremediación acuática tiene la ventaja de que se pueden remover, in situ, diferentes tipos de metales que se hallen con bajas concentraciones en grandes volúmenes de agua.

### **6.1.3 Sistemas de Fitorremediación Acuática**

Polprasert (1996), Brooks (1998), Raskin y Ensley (2000) describen a los sistemas de fitorremediación acuática en cuatro tipos:

**Humedales construidos:** se definen como un complejo de sustratos saturados, vegetación emergente y subemergente, animales y agua que simula los humedales naturales, diseñado y hecho por el hombre para su beneficio.

**Sistema de tratamiento con plantas acuáticas flotantes:** pueden ser estanques semiconstruidos o naturales, donde se mantienen plantas flotantes para tratar aguas residuales.

**Sistema de tratamiento integral:** es una combinación de los dos sistemas anteriores.

**Sistema de rizofiltración,** se considera que la capacidad radicular de las plantas a través de procesos de absorción y translocación de compuestos, ayuda a la

descontaminación de aguas, por lo tanto se toma en cuenta para la implementación de los humedales y fitorremediación la utilización de material vegetal resistente a sobrevivir en medios contaminados produciendo efectos biorremediantes. Polprasert (1996), Brooks (1998), Raskin y Ensley (2000)

Se ha demostrado que estos sistemas pueden remover eficientemente fosfatos, nitratos, fenoles, pesticidas, metales pesados, elementos radiactivos, fluoruros, bacterias y virus, de aguas residuales municipales, agrícolas e industriales, incluyendo las industrias: lechera, de pulpa y papel, textil, azucarera, de curtiduría, de destilería, aceitera, de galvanizado y metalurgia.

#### **6.1.4. Tipos de plantas acuáticas**

Polprasert (1996), Brooks (1998), Raskin y Ensley (2000) describen; con base en sus formas de vida, las plantas utilizadas en los sistemas de fitorremediación acuática se clasifican en tres grupos:

**Emergentes:** la raíz de estas plantas está enterrada en los sedimentos y su parte superior se extiende hacia arriba de la superficie de agua. Sus estructuras reproductoras están en la porción aérea de la planta. Ejemplos: carrizo (*Arundo donax*), platanillo (*Sagittaria latifolia*) y tule (*Thypha dominguensis*).

**Flotantes:** Polprasert (1996), Brooks (1998), Raskin y Ensley (2000) presentan la siguiente subdivisión:

**a) Plantas de libre flotación (no fijas):** sus tallos y hojas se desarrollan sobre la superficie del agua. Sin embargo, sus raíces no están fijas en ningún sustrato y cuelgan en la columna de agua. Sus estructuras vegetativas y reproductivas se mantienen emergentes. Ejemplos: lirio acuático (*Eichhornia crassipes*), lenteja de agua (*Lemna* spp. y *Salvinia minima*).

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

c) **Sumergidas:** se desarrollan debajo de la superficie del agua o completamente sumergidas. Sus órganos reproductores pueden presentarse sumergidos, emerger o quedar por encima de la superficie de agua. Ejemplos: bejuquillo (*Cerathophyllum demersum*), hidrilla o maleza (*Hydrilla verticillata*) y pastos (*Phyllos padixtorreyi*).

#### **6.1.5. Criterios de selección de plantas para la fitorremediación**

Polprasert (1996), Brooks(1998), Raskin y Ensley (2000) determinan que la eficiencia de remoción de contaminantes durante el proceso de fitorremediación dependerá principalmente de la especie de planta utilizada, el estado de crecimiento de las plantas, su estacionalidad y el tipo de metal a remover. Por lo mismo, para lograr buenos resultados las plantas a utilizar deben tener las siguientes características:

- Ser tolerantes a altas concentraciones de metales.
- Ser acumuladoras de metales.
- Tener una rápida tasa de crecimiento y alta productividad.
- Ser especies locales, representativas de la comunidad natural.
- Ser fácilmente cosechables.

#### **6.1.6. Funciones de las plantas en los sistemas de fitorremediación acuática.**

Lytle et al. (1998) y Olgúin (2002) describen a los mecanismos involucrados en la remoción de contaminantes de aguas residuales en tres tipos: físicos (sedimentación, filtración, adsorción, volatilización), químicos (precipitación, hidrólisis, reacciones de óxido-reducción o fotoquímicas) y biológicos (resultado del metabolismo microbiano, del metabolismo de plantas, de procesos de bioabsorción).

Uno de los principales procesos que ocurren en el tratamiento de aguas residuales es la degradación de la materia orgánica que llevan a cabo los microorganismos que viven sobre y alrededor de las raíces de las plantas. Los productos de



degradación son absorbidos por las plantas junto con nitrógeno, fósforo y otros minerales. A su vez, los microorganismos usan como fuente alimenticia parte o todos los metabolitos desechados por las plantas a través de su raíz.

Lytle et al. (1998) y Olguín (2002) indican como otro fenómeno importante el relacionado con la atracción electrostática entre las cargas eléctricas de las raíces de las plantas con las cargas opuestas de partículas coloidales suspendidas, las cuales se adhieren a la superficie de la raíz y posteriormente son absorbidas y asimiladas por las plantas y los microorganismos. Además, las plantas tienen la capacidad de transferir oxígeno desde sus partes superiores hasta su raíz, produciendo una zona aeróbica en sus alrededores que favorece los distintos procesos que ocurren durante el tratamiento de aguas residuales domésticas.

<b>Parte de la planta</b>	<b>Función</b>
Raíces o tallos sumergidos	Sustrato para el crecimiento bacteriano Medio para la filtración y adsorción de sólidos Bioabsorción y acumulación de contaminantes
Tallos u hojas emergentes	Atenúan la luz del sol y así pueden evitar el crecimiento de algas suspendidas Reducen los efectos del viento sobre el agua Reducen la transferencia de gases y calor entre la atmósfera y el agua Transfieren oxígeno desde las hojas a la raíz Transfieren y acumulan contaminantes

*Fuente: Reddy y Smith, 1987; Polprasert, 1996*

Como es mencionado por Lytle et al. (1998) y Olguín (2002), las raíces de las plantas sirven primeramente como sustrato para la comunidad microbiana, cuya actividad reduce significativamente el contenido de sólidos suspendidos, los niveles de nitrógeno y el consumo de oxígeno. Posteriormente, las propias plantas, a través de sus actividades metabólicas, se encargan de asimilar, transformar y acumular los diferentes tipos de contaminantes.

## **6.2 Antecedentes de la propuesta**

Acurio (2012) manifiesta; en la ciudad de Ambato existen trece plantas de tratamiento de aguas residuales, las cuales funcionan parcialmente, es decir, en algunos casos la capacidad de tratamiento es menor a la carga de agua que recibe, en otros casos los procesos de mantenimiento son a destiempo y su proceso de tratamiento no se cumple, por lo tanto una forma de apoyar al mejoramiento de la calidad de agua, es la siembra de plantas que ayuden en los procesos de descontaminación de las aguas servidas que se vierten por las quebradas y son recibidas en el río Ambato.

En entrevistas realizadas a la doctora Díaz (2012) jefe de laboratorios de la EP-EMAPA, indica que las muestras deben ser tomadas por lo menos una vez por mes, lo que no sucede, por lo tanto se realiza una evaluación parcial del tipo de aguas residuales que son depositadas en el río Ambato, además concuerda con la idea de que se siembren vegetales que en algo ayudan al mejoramiento de la calidad de agua y al embellecimiento del entorno.

Al realizar el estudio Viteri (2013) concluye con la necesidad de instalar humedales sucesivos con la utilización de lechuguin y carrizo para complementar la operación de las plantas de tratamiento a través de un proceso de fitorremediación con la utilización de biofiltros, esto se lo realizaría en la Planta de Tratamiento “El Peral”, propiedad de la EP-AMAPA Ambato..

## **6.3 Justificación**

Luego de realizados los estudios de calidad de agua en la Planta de Tratamiento “El Peral” de propiedad de la EP-EMAPA y teniendo como resultado que el agua luego de tratada puede ser utilizada en agricultura, es menester que exista un proceso de descontaminación de aguas residuales, el que se lo puede ejecutar con la construcción de humedales y la siembra de lechuguín y carrizo,

logrando así el mejoramiento de la calidad del agua que llega a la Planta de Tratamiento “El Peral” y es descargada en el río Ambato.

## **6.4 Objetivos**

### **6.4.1 Objetivo general**

Contribuir en el proceso de fitoremediación de las aguas residuales que son descargadas en la planta de tratamiento “El Peral” con la utilización de lechuguín y carrizo para luego ser depositadas en el río Ambato.

### **6.4.2 Objetivos específicos**

- a. Construir dos humedales vegetales utilizando lechuguín y carrizo.
- b. Evaluar periódicamente de la calidad de agua que es descargada al río Ambato.
- c. Mantener en funcionamiento los humedales instalados.

## **6.5 Análisis de factibilidad**

Se construirán humedales para el cultivo de “lechuguín” (*Eichhornia crassipes*) y en otro para el cultivo de carrizo “*Arundo donax*”, se consideran estos cultivos por presentar múltiples utilidades, mejoradoras de calidad del agua, artesanales productoras de mulch, compost, humus y otras.

Se considera como apoyos los trabajos desarrollados por Pozo (2012), Fiallos (2013) y confirmado por Viteri (2013); en los que se comprueban las acciones fitorremediadoras de los vegetales utilizados durante los procesos de descontaminación de aguas residuales.

Dentro de las obligaciones municipales se destaca la necesidad que tienen los gobiernos autónomos descentralizados cantonales con relación a la competencia

de medioambiente, por lo tanto es una preocupación constante y se han dictado leyes y ordenanzas ambientales para ser ejecutadas a mediano y largo plazo, siendo una de ellas la evacuación de aguas servidas a los lechos de ríos y quebradas.

Siendo “El Peral” el lugar de descarga de las aguas tratadas en esta planta de tratamiento se debe instalar los humedales de “lechuguín” (*Eichhornia crassipes*) y “carrizo” (*Arundo donax*). Complementariamente a esta labor deberemos tomar las muestras para ser analizadas y comprobar la calidad del agua que se descarga al río Ambato.

## **6.6 Fundamentación**

Consultado en Wikipedia (2012) la raíz es un órgano generalmente subterráneo y carente de hojas, que crece en dirección inversa al tallo y cuyas funciones principales son la fijación de la planta al suelo y la absorción de agua y sales minerales. La raíz está presente en todas las plantas vasculares exceptuando algunas pteridofitas que presentan rizoides y algunas plantas acuáticas.

La raíz del embrión llamada radícula es la primera de las partes de la semilla que crece durante la germinación. En las plantas monocotiledóneas, la radícula aborta en los estados iniciales del desarrollo, por lo que el sistema radical está conformado por raíces que surgen de la base del tallo, las que por ese motivo se denominan raíces adventicias. En las gimnospermas y dicotiledóneas la raíz primaria produce, por alargamiento y ramificación, el sistema radical alorrizo, caracterizado porque hay una raíz central, principal, nítida y dominante sobre las raíces laterales. En las monocotiledóneas y en las pteridofitas, en cambio, el sistema radical de la planta adulta se forma por encima del lugar de origen de la raíz primaria que aborta tempranamente. El sistema radical de estas plantas se denomina homorrizo, fasciculado, en cabellera o fibroso, y está formado por un conjunto de raíces adventicias y se halla profusamente ramificado. Wikipedia (2012).

Hernandez (2007) indica que la zona de máxima absorción de agua de la raíz está localizada entre los 20 y los 200 mm desde la caliptra y hasta la zona de cutinización y suberización. Esta región se caracteriza por la presencia de pelos absorbentes, los cuales sirven para incrementar el área de contacto entre la raíz y el suelo, pero sin embargo no son esenciales para la absorción. De hecho, algunas raíces, especialmente las raíces adventicias de plantas bulbosas como el tulipán y rizomatosas como la caña de azúcar, no tienen pelos absorbentes, como tampoco las plantas que crecen en soluciones nutritivas y en medios acuáticos.

Al ser los humedales sumideros efectivos de nutrientes y sitios amortiguadores para contaminantes orgánicos e inorgánicos. Esta capacidad es el mecanismo para la implementación de los humedales artificiales, para simular un humedal natural con el propósito de tratar las aguas residuales de empresas y municipios, por las experiencias obtenidas se recomienda como material vegetal fitorremediador al lechuguín y/o al carrizo para nuestro entorno.

#### **6.6.1.- Lechuguín (*Eichhornia crassipes*)**

Torres A. (2009) en su estudio realizado en el embalse Amaluza en Cuenca, describe al lechuguín como una hierba perenne acuática flotante, de tallos condensados glabros de 15 a 20 cm de largo con nudos y entrenudos de 3 cm de largo. Posee hojas sésiles dispuestas en rosetas basales y hojas pecioladas flotantes, lámina de 3 a 8 cm de largo por 4 a 7 cm de ancho, de textura membranosa, hinchada y bulbosa. Sistema radicular copioso de coloración café claro a oscuro.

Torres A. (2009) químicamente describe al lechuguín como una planta compuesta, gracias al aporte de sustancias orgánicas e inorgánicas presentes en el medio acuático. Básicamente esta macrófita está constituida de agua (H<sub>2</sub>O).

Espinoza M y Lucero P. (2009) ubican al jacinto de agua como una planta que pertenece a la familia Pontederiaceae, se trata de una planta flotante de

esponjosos tallos, sus hojas son de color verde profundo, grande y erecto, las raíces son variables de unos 10 a 90 cm de largo (Reza citado por Pedraza, 2004).

Los rizomas son generalmente de 1 a 25 cm de largo, de vez en cuando producen entrenudos.

En aguas de alto contenido de nutrientes la planta está en crecimiento exuberante y se multiplica muy rápidamente. El promedio de altura de la planta es de uno 45 cm en la etapa madura, pero en general oscila entre los 30 y 70 cm (Reza citado por Pedraza, 2004) en países de Europa, África y Norteamérica.

Esta planta obtiene del agua todos los nutrientes que requiere para su metabolismo, siendo el nitrógeno y el fósforo junto a los iones de potasio, calcio, magnesio, hierro amonio, nitrito, sulfato, cloro, fosfato, y carbonato, los más importantes.

Posee un sistema de raíces, que tiene microorganismos asociados a ellas que favorece la acción depuradora de las plantas acuáticas Novotny y Olem, citado por Celis et al. (1994).

#### **6.6.2.- Carrizo Común (*Arundo donax*)**

Wikipedia (2012) (a) al describir *Arundo donax* los relaciona con humedales de aguas permanentes o estacionales. Las cañas se extienden por sus rizomas subterráneos que crecen formando largas colonias de varios kilómetros a lo largo de los cursos de agua o donde se acumula agua freática o humedad.

Sirve de protección a la fauna al ser muchas veces la única vegetación densa disponible, muchas especies de aves anidan o duermen en los cañaverales, se emplea para la producción de lengüetas para los instrumentos de viento madera de lengüeta simple (clarinete y saxofón) y doble (oboe y fagot). También para

fabricar instrumentos de vientos tal como el ney de origen Medio Oriente, la zampoña, entre otros instrumentos Tradicionales.

*Arundo donax* produce más biomasa por hectárea que cualquier otra planta de biomasa conocida, aparte del bambú. Esta planta desde hace tiempo se reconoce como importante productora de biomasa industrial que pueden cultivarse en una amplia variedad de tipos de suelos y condiciones climáticas. Alcanza la madurez (15 a 25 pies) en aproximadamente un año, puede ser cosechado, dependiendo del clima, de una vez a tres veces al año. *A. donax* produce un promedio de 25 toneladas de alta calidad de fibra por acre dos veces al año. Muy significativo también es la importancia de un cultivo con una vida de 20 a 25 años sin necesidad de replantación, y la capacidad de excluir a costosos fertilizantes y herbicidas que son también una preocupación ambiental.

## **6.7 Metodología.**

### **6.7.1. Construcción de dos humedales.**

Se prevé la existencia del espacio físico para la implementación de los humedales que es de  $65\text{m}^2$ .

Para la construcción del humedal de lechuguín se requiere de un espacio de 30m de largo, por 2m de ancho y 1,5m de profundidad, el que impermeabiliza con geomembrana; se procede al llenado del estanque hasta una altura de 1m en el que se colocarán los rizomas de lechuguín existiendo un volumen de tratamiento de  $60\text{m}^3$ .

Para el carrizo se necesita un área de 30m de largo, por 2m de ancho y 1m de profundidad; luego se procederá rellenar con 0,20 m de sustrato de piedra bola y 0,30 m de tierra de la zona, con la finalidad de sembrar los rizomas de carrizo, con un volumen de tratamiento de  $12\text{m}^3$ .

El agua a tratarse en proceso propuesto es de 3 litros por segundo, que es el caudal que trata esta planta; el tiempo de llenado del humedal de lechuguín es de 11 horas, mientras que el tiempo de llenado en el humedal carrizo es de 2 horas

### **6.7.2. Programa de Mantenimiento y Limpieza**

Por ser plantas invasoras se debe prevenir los efectos nocivos que podrían alterar las condiciones del medio ambiente donde se instalen los biofiltros: para el lechuguín se procederá con retiros periódicos (máximo cada 30 días) del material vegetal excedente, el que se colocará en camas para la preparación de mulch o la realización de composteras que será empleado en jardinería, mientras que el carrizo se cosechará cada año para ser utilizado en artesanías y/o mulch y composteras; la limpieza de los humedales consiste en tener libres la entrada y salida del agua procesada.

### **6.7.3. Control de Plagas**

Al ser un humedal artificial y poseer material vegetal, estas atraen insectos especialmente, al existir condiciones para la reproducción de animales como sapos y lagartijas existe un control natural de insectos.

### **6.7.4. Costos de implementación**

El costo para la implementación de humedales en la planta de tratamiento “El Peral” ascienden a 1188,00 USD, con una duración garantizada en la infraestructura de tres años, debiéndose considerar el rubro correspondiente a mantenimiento que estará a cargo de una persona en forma permanente, la que deberá manejar la pala y el rastrillo, para las limpiezas y la elaboración de camas de composteras, especialmente; tabla 58 (anexo 5 imagen 3).



**Tabla N° 61 Costo para la implementación de humedales**

<b>CONCEPTO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>VALOR UNITARIOUSD</b>	<b>VALOR TOTAL USD</b>
<b>Jornal número</b>	10	15,00	150,00
<b>Geomembrana m<sup>2</sup></b>	60	11,00	660,00
<b>Plástico negro m<sup>2</sup></b>	60	1,75	105,00
<b>Rizomas de lechuguín</b>	60	1,00	60,00
<b>Rizomas de carrizo</b>	60	1,00	60,00
<b>Subtotal</b>			1080,00
<b>Imprevistos 10%</b>			108,00
<b>Total</b>			1188,00

*Realizado por: Ingeniero Marco Antonio Viteri Briones 2013*

### **6.7.3. Evaluación del agua fitorremediada y descargada en el río Ambato.**

La evaluación será a partir de la realización de los análisis físico-químicos y microbiológicos que se los realizará en el laboratorio de la EP-EMAPA para determinar la calidad del agua fitorremediada y que luego es descargada en el río Ambato, debiendo recoger la muestra el personal de laboratorio dirigido por la Dra. Díaz, siendo el profesional responsable; este proceso se realizara una vez al mes por lo menos.

### **6.8 Administración**

La administración deberá ser por medio de la Empresa Pública-Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado (EP-EMAPA) la que se encarga del manejo de estas aguas, esta institución deberá ser la guardiana de la calidad de las aguas que se desalojan en el río, por lo tanto su administración estará bajo la operatividad de la EP-EMAPA en coordinación con las autoridades locales y el seguimiento del cumplimiento por parte de la población ambateña.

### **6.9 Previsión de la evaluación**

Partiendo del conocimiento del caudal de aguas servidas que son descargadas actualmente en el río, se tiene una idea del nivel de contaminantes

que se producen diariamente a través de estas aguas y en esta planta de tratamiento.

Para la evaluación tendremos en cuenta los análisis físico-químicos y biológicos del agua, los que deberán realizarse en forma periódica para tener un historial de la calidad de las aguas vertidas al río.

Como complemento metodológico de implementación se participará a la comunidad, ya que para la ejecución de este proyecto deberá intervenir el consejo cantonal a través de una ordenanza, que sea implementada por la EP-EMAPA como parte de la remediación ambiental.

Los recursos para la implementación deberán ser proporcionados por el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Ambato a través de los presupuestos participativos, en los que se considerarán las áreas a ser intervenidas y su costo de intervención.

## C. MATERIALES DE REFERENCIA

### Bibliografía

Acurio, P. 2012. Comunicación personal. Empresa Pública-Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Ambato. Ambato, Abril 2012.

Aportes Botánicos de Salta - Ser. Flora. Herbario MCNS Facultad de Ciencias Naturales Universidad Nacional de Salta, Vol.4. Mayo de 1997. ISSN 0327-506X N°19.

Arango, R. 2006. El concepto de los derechos fundamentales. España. Anuario de Filosofía del Derecho. (Núm. XIII, Enero 2006).

Asamblea Nacional Constituyente. 2008 Constitución de la República del Ecuador. 2008, 179 p.

Boland, J.M. 2006. The importance of layering in the rapid spread of *Arundo donax* (giantreed). *Madroño*, Vol 53 (4): 303–312.

Brooks R. R. (editor). 1998, “Plants that hyperaccumulate heavy metals”, CAB International, Cambridge, USA.

Borrero L. Jaime A. 1999. Depuración de aguas residuales municipales con humedales artificiales. Trabajo final (Máster en Ingeniería y Gestión Ambiental). Instituto Catalán de Tecnología. Universidad Politécnica de Cataluña. Barcelona.

Carbajal A. y González M. 2007. Propiedades y funciones biológicas del agua. Departamento de Nutrición, Facultad de Farmacia, Universidad Complutense de Madrid. Pp.

Celis, J. et al. 2005. Recientes aplicaciones de la depuración de aguas residuales con plantas acuáticas. Universidad del Bio-Bio Chillán, Chile.

Centro de Información y Comunicación Ambiental de Norte América (CICEANA) s/f. Humedales en México. Centro de Información y Comunicación Ambiental de Norte América.

Ciencias de la Tierra y Medio Ambiente. Parámetros que determinan la calidad del agua. Consultado en <http://ies.rayuela.mostoles.educa.madrid.org> 03-05-2013.

Cicero D., 2012. El ‘carrizo’ absorbe metales pesados y servirá para descontaminar la Ría del Carmen (Cantabria). Consultado en <http://www.ecoticias.com/residuos-reciclaje/76157/>. 18-09-2013.

Coffman, G.C. 2007. Factors influencing invasion of giant reed (*Arundo donax*) in riparian ecosystems of Mediterranean type climate regions. Dissertation, University of California, Los Angeles.

Congreso Nacional del Ecuador., 2004, Comisión de Legislación y Codificación, “Ley de Aguas” 2004, Codificación 16, Registro Oficial 339, Quito – Ecuador.

Congreso Nacional del Ecuador, 1999, Capítulos I, II, III y IV, con sus respectivos artículos del 1 al 10, derogados por la Disposición General Segunda de la Ley No. 99-37 “Ley de Gestión Ambiental”, publicada en el Registro Oficial No. 245 de 30 de Julio de 1999.

Crites, R. y Techobanoglous, G. 2000. Sistemas de manejo de aguas residuales para núcleos pequeños y descentralizados. Mc Graw Hill Interamericana. S.A. Santafé Bogotá.

Curtis, 2007. Capítulo 45. El transporte en las plantas Movimiento de agua y minerales (<http://www.curtisbiologia.com/node/1739>). Biología. Editorial Médica Panamericana. 7ma edición.

Decruynaere, J.G. & J.S. Holt. 2005. Ramet demography of a clonal invader, *Arundo donax* (Poaceae), in southern California. *Plant and Soil* 277: 41-52.

Decruynaere, J.G. & J.S. Holt. 2001. Seasonality of clonal propagation in giant reed. *Weed Science* 49:760-767.

Deltoro T. V., Jiménez R. J. y Fragueiro V. X. 2012. Bases para el manejo y control de *Arundo donax* L. (Caña común) España, Valencia, Colección de manuales técnicos. 69 p.

Díaz J., 2012. Comunicación personal. Empresa Pública-Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Ambato. Ambato, Agosto 2012.

DiTomaso, J.M. 1998. Biology and ecology of giant reed. Pp. 1–5 in C. Bell (ed.), *Arundo and saltcedar: the deadly duo*. Proceedings of the *Arundo and saltcedar workshop*. University of California Cooperative Extension Publication, Imperial County, CA.

Dudey, T.L. 1998. Noxious Wildland Weeds of California: *Arundo donax*. In: *Noxious Wildland Weeds of California*. C. Bossard, J. Randall, and M. Hoshovsky, eds.

Else, J.A. 1996. Post - flood establishment of native woody species and an exotic, *Arundo donax*, in a southern California riparian system. MS thesis. San Diego State University.

Echarri L. 2007. Contaminación del agua. Universidad de Navarra. 26p

España Obando J. 2006. Características de la especie *Eichhornia crassipes*. Universidad del Valle, Facultad de Ingenierías, Escuela de Ingeniería Química, Santiago de Cali, Abril 19 de 2006.

Espinoza M y Lucero P. 2009. Estudio de *Eichhornia crassipes*, *Lemna gibba* y *Azolla filiculoides* en el tratamiento biológico de aguas residuales domésticas en sistemas comunitarios y unifamiliares del cantón Cotacachi. Tesis Ingeniero en Recursos Naturales Renovables. Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales. Escuela de Ingeniería en Recursos Naturales Renovables. Universidad Técnica del Norte. 188p.

Fiallos. L. 2011. Innovación biológica para la depuración de aguas contaminadas en la Estación “El Peral”, Emapa-Ambato. Tesis Ing. Bioq. Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos. Carrera de Ingeniería Bioquímica. Universidad Técnica de Ambato. 175p.

Grace, J.B. 1993. The adaptive significance of clonal reproduction in angiosperms: an aquatic perspective. *Aquatic Botany* 44: 159-180.

Gutiérrez Bermúdez R. y Garcés Herrera K. 2002. Caracterización de las plantas acuáticas del sistema de descontaminación productivo de aguas servidas en la Finca Pecuaria Integrada de la Universidad EARTH. Trabajo de Graduación presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniera Agrónoma con el grado de Licenciatura. Costa Rica. Guácimo. 2002.

Hernandez Gil, R. 2007. Relaciones hidricas de las plantas (<http://www.forest.ula.ve/~rubenhg/relahid/>). *Botánica online*. Consultado el 20 de agosto de 2010.

Johnson, M., Dudey, T. & C. Burns.2006. Seed production in *Arundo donax*?. Marine Science Institute, University of California. Cal-IPC News Fall.

Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2176:98. Agua: Calidad del agua, muestreo, técnicas de muestreo.

Lahora, A. 1998. Humedales controlados como tratamiento terciario de aguas residuales urbanas. En Rivera, J. (ed): conclusiones del encuentro medioambiental almeriense, recursos hídricos. CD-ROM. Consejería de medio ambiente (Junta Andalucía), Instituto de Estudios Almerienses (Diputación Provincial de Almería), Universidad de Almería, Grupo Ecologista Mediterráneo. Almería.

Lara B. 1990. Depuración de aguas residuales municipales con humedales artificiales. Tesis de Maestría en Ingeniería y Gestión Ambiental. Universidad Politécnica de Cataluña, Instituto Catalán de Tecnología. Barcelona. 122p.

Lytle C. M., F. W. Lytle, N. Yang, J. H. Qian, D. Hansen, A. Sayed, y N. Terry (1998), "Reduction of Cr(VI) to Cr (III) by wetland plants; potential for *In situ* metal detoxification", *Environmental Science and Technology*, 32: 3087-3093.

Lowe S., Browne M., Boudjelas S., De Poorter M. (2000). 100 de las Especies Exóticas Invasoras más dañinas del mundo. Una selección del Global Invasive Species Database ([http://www.issg.org/database/species/reference\\_files/100Spanish.pdf](http://www.issg.org/database/species/reference_files/100Spanish.pdf)). Publicado por el Grupo Especialista de Especies Invasoras (GEEI), un grupo especialista de la Comisión de Supervivencia de Especies (CSE) de la Unión Mundial para la Naturaleza (UICN), 12pp. Primera edición, en inglés, sacada junto con el número 12 de la revista *Aliens*, diciembre 2000. Versión traducida y actualizada: noviembre 2004.

Margolin, Malcolm. 1975, revisada en 1985. *El Manual de la Tierra: cómo trabajar en la Tierra Salvaje Sin domesticarlo*; todos los derechos reservados. Heyday Books, Berkeley, CA. Ilustrado por Michael Harney. Páginas 11,19.

Mariani, C., Cabrini, R., Danin, A., Piffanelli, P., Ferricano, A., Gomasasca, S., Dicandilo, M., Grassi, F. & C. Soave. 2010. Origin, diffusion and reproduction of the giant reed (*Arundo donax* L.): a promising weedy energy crop. *Annals of Applied Biology* 157: 191–202.

Mayo P. E. 2010. Proyecto Ejecutivo de Planta de Tratamiento de Aguas Residuales para la Localidad de Xochiapa, Ver. Tesis Ingeniero Civil. Facultad de Ingeniería Civil. Universidad Veracruzana - Xalapa. 98 p.

Metcalf & Eddy, Inc., 1996. Ingeniería de aguas residuales. Tratamiento, vertido y reutilización. Tercera edición. Volumen 2. México 1996.

Moreno V., Bustamante Z, Murgueitio R., Arango A., Calle D., Naranjo F., Cuartas A. Caro F., Medidas Integrales para el Manejo Ambiental de la Ganadería Bovina, Cartilla #2, Recurso Natural Agua. Universidad de Colombia. Consultado en <http://www.sxc.hu/browse.phtml?f=download&id=858259> (18/07/2013).

NMX-AA-073-SCFI-2000: Análisis de agua: Determinación de cloruros totales en aguas naturales, potables, residuales, y residuales tratadas. Diario Oficial de la Federación. 2001.

Olguín, E. J., Hernández, E. y Ramos, I. (2002), "The effect of both different light conditions and the pH value on the capacity of *Salvinia minima* baker for removing cadmium, lead and chromium", *Acta Biotechnol.* 22 1-2: 121-131.

Perdue, R.E. 1958. *Arundo donax* - source of musical reeds and industrial cellulose. *Economic Botany* 12: 368-404.

Pedraza, G. 1994. Reciclaje del efluente de origen animal con tres especies de plantas acuáticas. Centro para la investigación en sistemas sostenibles de producción agropecuaria (CIPAV) AA2951 Cali Colombia.

Plan Nacional de Calidad Turística del Perú-Caltur 2008. Manual Técnico de Difusión. Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales para Alberges en Zonas Rurales. Perú. Ministerio de Comercio exterior y Turismo. 62p.



Pozo, C.G. 2012. Fitorremediación de las aguas del canal de riego Latacunga-Salcedo-Ambato mediante humedales vegetales a nivel de prototipo de campo. Salcedo-Cotopaxi. Tesis Maestría en Producción Más Limpia (PML). Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos. Universidad Técnica de Ambato. 181p.

Polprasert C. (1996), *Organic waste recycling, technology and management*, 2a edición, Wiley. Ontario, Canadá, 412 pp.

Quinn, L.D. & J.S. Holt. 2009. Restoration for resistance to invasion by giant reed (*Arundo donax*). *Invasive plant science and management* 2: 279-291.

Ramsar Convention 1971. Convención Relativa a los Humedales de Importancia Internacional Especialmente como Hábitat de Aves Acuáticas. Ramsar Convention Bureau Ramsar.

Raskin I. y B. D. Ensley (editores) (2000), *Phytoremediation of toxic metals: using plants to clean up the environment*, Wiley y Sons.

Reynolds K., 2008. De la Llave. Tratamiento de Aguas Residuales en Latinoamérica. Universidad de Arizona EEUU. Septiembre/Octubre 2008.

Rosales, E. 2002. Utilización de lagunas para el tratamiento de los remanentes en granjas porcinas. En: Manejo y Utilización de Remanentes Provenientes de Granjas Porcinas. Centro de Investiga(CIVCO), Instituto Tecnológico de Costa Rica (ITCR). [en línea]. Disponible en: [www.infoagro.go.cr/tecnologia/CERDO/memoriacerd.htm](http://www.infoagro.go.cr/tecnologia/CERDO/memoriacerd.htm) .

Silva A. y Zamora D. 2005. Humedales artificiales. Manizales Colombia. Linea de profundización Gestión Ambiental. Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Departamento de Ingeniería Química, Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales. 100pp.

Spencer, D.F. & G.G. Ksander. 2006. Estimating *Arundo donax* ramet recruitment using degree-day based equations. *Aquatic Botany*. 85:282-288.

Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria (TULAS). 2010, Libro VI, Norma de Calidad Ambiental y Descarga de Efluentes: Recurso Agua.

The Interstate Technology And Regulatory Council Wetland Team. 2003. Technical And regulatory guidance document for constructed treatment wetland. Diciembre.

Torres A. 2009. Estudio de aprovechamiento del lechuguín *Eichhornia crassipes*, del embalse de la represa Daniel Palacios como biosorbente de metales pesados en el tratamiento de aguas residuales. Tesis de Ingeniería Ambiental. Facultad de Ciencias Agropecuarias y Ambientales. Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca. 74 p.

Toogood A., 2000. Enciclopedia de la Propagación de Plantas. Editorial Leopold Blume, Impreso en Singapur. I.S.B.N:84-8076-356-6.

Universidad Tecnológica Nacional. 2010. Editorial de la Universidad Tecnológica Nacional – edUTecNe. Consultado en [http://www.edutecne.utn.edu.ar/agua/dureza\\_agua](http://www.edutecne.utn.edu.ar/agua/dureza_agua).

Vaquero y Toxqui, 2012. Agua para la salud. España. CSIC. 33-45 pp.

Villacís Alex, 2011. Estudio de un Sistema de Depuración de Aguas Residuales para reducir la contaminación de Río Ambato y los sectores aledaños, en el sector de Pisocucho, de la parroquia Izamba, del Cantón Ambato, Provincia de Tungurahua. Tesis Ingeniero Civil, Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Carrera de Ingeniería Civil. Universidad Técnica de Ambato. 254 p.

Villegas M. y Vidal E. 2009. Gestión de los procesos de descontaminación de aguas residuales domésticas de tipo rural en Colombia. 1983-2009. Medellín Colombia. Tesis especialista en Gestión Ambiental. Universidad de Antioquia. 73 p.

Watson L, Dallwitz MJ. (2008). « The grass genera of the world: descriptions, illustrations, identification, and information retrieval; including synonyms, morphology, anatomy, physiology, phytochemistry, cytology, classification, pathogens, world and local distribution, and references ([http:// delta-intkey. com/ grass/ www/ arundo. htm](http://delta-intkey.com/grass/www/arundo.htm))». *The Grass Genera of the World*. Consultado el 19-08-2009.

Wikipedia, 2012. Raíz botánica. Consultado en <http://es.wikipedia.org/w/index.php?oldid=55628843>. 15-06-2012.

Wikipedia, 2012 (a). Arundo. Consultado en <http://es.wikipedia.org/w/index.php?oldid=54990697>. 15-06-2012.

Wikipedia, 2012 (b). Formación de colonias (Unidad). Consultado en <http://es.wikipedia.org/w/index.php?oldid=68928391>. 15-06-2012.



Yates, Steve. 1988. La adopción de un Ciclo: Manual del Noroeste; Todos los derechos reservados. El Adopt-A-Stream Foundation, EE.UU. Ilustrado por Sandra Noel. Páginas 4,5,6.

Wikipedia, 2012 (c). Contaminación. Consultado en <http://es.wikipedia.org/wiki/Contaminacion>. 15-06-2013.

# Anexos

## Anexo 1

Las hojas escaneadas de los originales de los análisis de los laboratorios Laquanálisis S.A. son los siguientes; primer ciclo de toma de muestras:

### INFORME DE RESULTADOS

<b>LABORATORIO DE ENSAYO, ACREDITADO POR OAE CON ACREDITACIÓN</b> Nº OAE LE C 11-010	<b>DATOS DEL CLIENTE</b>		Versión: 4 Pág. 1 de 1 Código: REG TEC 018 Fecha formato: 28/06/2012
	CLIENTE: REPRESENTANTE: Ing. Marco Viteri DIRECCIÓN: Jorge Ordóñez Chiriboga y Rudecindo Inga Vélez TELEFONO: CELULAR: 09 82703459 e - mail: marco.vit-14@hotmail.com		

CONDICIONES AMBIENTALES	HUMEDAD (%): 58	TEM. AMBIENTE(°C): 19
TIPO DE MUESTRA:	Agua residual de estanque de carrizo	
RESPONSABLE MUESTREO:	Lacquanálisis	FECHA TOMA DE MUESTRA: 20 de noviembre de 2012
TIPO DE TOMA DE MUESTRA:	Puntual	
FECHA DE ANALISIS:	Del 20 al 28 de noviembre de 2012	
FECHA EMISION DE INFORME:	29 de noviembre de 2012	

#### INFORME ANALISIS FISICO-QUIMICOS

PARAMETROS	UNIDAD	RESULTADO	LIM. MAX *	METODO
Dureza	mgCaCO <sub>3</sub> /l	181,30	----	APHA 2340 C / PRO TEC 015
pH	UpH	7,55	6 a 9	APHA 4500 H+B / PRO TEC 011
Conductividad	µs/cm	920,00	----	APHA 2510 B / PRO TEC 013
Sólidos totales disueltos	mg/l	354,0	3000	APHA 2540 C / PRO TEC 016
Cloruros**	mgCl/l	68,43	----	APHA 4500 Cl- B / PRO TEC 019
Materia orgánica**	kg/día	10,02	----	INTERNO
Olor**	N/A	Característico	----	APHA 2150 B
Color**	Unid. Pt-Co	466	----	HACH 8025 / PRO TEC 027
DQO	mg/l	179	----	APHA 5220 C / PRO TEC 014
DBO5**	mg/l	116	----	APHA 5220 B / PRO TEC 030
Turbidez***	NTU	29,79	----	SM 2130 B
Detergentes***	mg/l	6,9	----	APHA 5540 C
Aceites y grasas***	mg/l	1,9	0,3	EPA 418.1


#### INFORME ANALISIS MICROBIOLÓGICO

PARAMETROS	UNIDAD	RESULTADO	LIM. MAX *	METODO
Coliformes totales**	NMP/100ml	1 x 10 <sup>10</sup>	1000	AOAC 991.14 / PRO TEC 035
Coliformes fecales**	NMP/100ml	1 x 10 <sup>10</sup>	----	AOAC 991.14 / PRO TEC 036
Aerobios totales**	UFC/100ml	1 x 10 <sup>10</sup>	----	AOAC 996.23 / PRO TEC 034


\* Norma de Referencia: TULAS LIBRO VI ANEXO 1 Tabla 6  
 \*\* Parámetro No acreditado  
 \*\*\* Parámetro lab. Subcontratado Acreditado: Certificado: Nº OAE LE 20 05-002 / Nº OAE 2C 05-005


<b>INCERTIDUMBRE EXPANDIDA DEL METODO</b> ALCALINIDAD en un rango hasta 200 mg/l es de ± 3 % DUREZA TOTAL en un rango hasta 400 mg/l es de ± 3 % CONDUCTIVIDAD en un rango hasta 1700 µs/cm es de ± 0,05%	DDO en un rango hasta 125 mg/l es de ± 4% pH en un rango hasta 10UpH es de ± 0,71% SOLIDOS TOTALES en un rango hasta 4000 mg/l es de ± 0,04%
--	--

**PERSONAL RESPONSABLE:**



Ing. Verónica Cashabamba  
ANALISTA





Dr. Harold Jiménez  
DIRECTOR TECNICO

**NOTA:**  
 El informe solo afecta a las muestras sometidas a ensayo.  
 Prohibida la reproducción total o parcial, por cualquier medio sin el permiso escrito del laboratorio

Dirección: Edif. Plaza Ficoa, local 202, Av. Rodrigo Pachano s/n y Montalvo  
 Teléfono: 09-5363620 / 03-2420106 www.lacquanalisis.com info@lacquanalisis.com  
 Ambato, Ecuador - Sud América

## INFORME DE RESULTADOS

LABORATORIO DE ENSAYO, ACREDITADO POR OAE CON ACREDITACIÓN  
Nº OAE LE C 11-010

DATOS DEL CLIENTE	
CLIENTE:	
REPRESENTANTE:	Ing. Marco Viteri
DIRECCION:	Jorge Ordóñez Chiriboga y Rudecindo Inga Vélez
TELEFONO:	
CELULAR:	09 82703459
e - mail:	marco.vit-14@hotmail.com

Versión:	4
Pág.	1 de 1
Código:	REG TEC 018
Fecha formato:	28/06/2012
NUMERO DE INFORME:	
LACQUA	1 2 - 2 3 3
REFERENCIA ORDEN DE TRABAJO	
2012	2 3 1

CONDICIONES AMBIENTALES	HUMEDAD (%): 59	TEM. AMBIENTE(°C): 19
TIPO DE MUESTRA:	Agua residual de estanque de carrizo - salida	
RESPONSABLE MUESTREO:	Lacquanálisis	FECHA TOMA DE MUESTRA: 27 de noviembre de 2012
TIPO DE TOMA DE MUESTRA:	Puntual	
FECHA DE ANALISIS:	Del 27 de noviembre al 05 de diciembre de 2012	
FECHA EMISION DE INFORME:	06 de diciembre de 2012	

### INFORME ANALISIS FISICO-QUIMICOS

PARAMETROS	UNIDAD	RESULTADO	LIM. MAX *	METODO
Dureza	mgCaCO <sub>3</sub> /l	169,05	----	APHA 2340 C / PRO TEC 015
pH	UpH	7,60	6 a 9	APHA 4500 H+B / PRO TEC 011
Conductividad	µs/cm	871,00	----	APHA 2510 B / PRO TEC 013
Sólidos totales disueltos	mg/l	541,0	3000	APHA 2540 C / PRO TEC 016
Cloruros**	mgCl <sup>-</sup> /l	60,83	----	APHA 4500 Cl- B / PRO TEC 019
Materia orgánica**	kg/día	8,470	----	INTERNO
Olor**	N/A	Característico	----	APHA 2150 B
Color**	Unid. Pt-Co	376	----	HACH 8025 / PRO TEC 027
DQO	mg/l	151	----	APHA 5220 C / PRO TEC 014
DBO5**	mg/l	98	----	APHA 5220 B / PRO TEC 030
Turbidez***	NTU	26,90	----	SM 2130 B
Detergentes***	mg/l	8,3	----	APHA 5540 C
Aceites y grasas***	mg/l	2,7	0,3	EPA 418.1

### INFORME ANALISIS MICROBIOLÓGICO

PARAMETROS	UNIDAD	RESULTADO	LIM. MAX *	METODO
Coliformes totales**	NMP/100ml	1,5 x 10 <sup>6</sup>	1000	AOAC 991.14 / PRO TEC 035
Coliformes fecales**	NMP/100ml	3,4 x 10 <sup>5</sup>	----	AOAC 991.14 / PRO TEC 036
Aerobios totales**	UFC/100ml	1 x 10 <sup>10</sup>	----	AOAC 996.23 / PRO TEC 034

Parámetro acreditado

\* Norma de Referencia: TULAS LIBRO VI ANEXO 1  
Tabla 6


\*\* Parámetro No acreditado

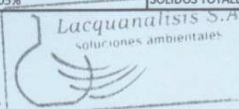
\*\*\* Parámetro lab. Subcontratado Acreditado:  
Certificado: Nº OAE LE 20 05-002 / Nº OAE 2C 05-005

#### INCERTIDUMBRE EXPANDIDA DEL METODO

ALCALINIDAD en un rango hasta 200 mg/l es de ± 3 %	DQO en un rango hasta 125 mg/l es de ± 4%
DUREZA TOTAL en un rango hasta 400 mg/l es de ± 3 %	pH en un rango hasta 10UpH es de ± 0,71%
CONDUCTIVIDAD en un rango hasta 1700 µs/cm es de ± 0,05%	SOLIDOS TOTALES en un rango hasta 4000 mg/l es de ± 0,04%

#### PERSONAL RESPONSABLE:

  
Ing. Verónica Cashabamba  
ANALISTA



  
Dr. Harold Jiménez  
DIRECTOR TECNICO

#### NOTA:

El informe solo afecta a las muestras sometidas a ensayo.

Prohibida la reproducción total o parcial, por cualquier medio sin el permiso escrito del laboratorio

Dirección: Edif. Plaza Ficoa, local 202, Av. Rodrigo Pachano s/n y Montalvo  
Teléfono: 09-5363620 / 03-2420106 www.lacquanalisis.com info@lacquanalisis.com  
Ambato, Ecuador - Sud América



## Anexo 2

Las hojas escaneadas de los originales de los análisis de los laboratorios Laquanálisis S.A. son los siguientes; segundo ciclo de toma de muestras:

### INFORME DE RESULTADOS

LABORATORIO DE ENSAYO, ACREDITADO POR OAE CON ACREDITACIÓN Nº OAE LE C 11-010	<b>DATOS DEL CLIENTE</b>		Versión: 4	
	CLIENTE:		Pág. 1 de 1	
	REPRESENTANTE:	Ing. Marco Viteri	Código: REG TEC 018	
	DIRECCION:	Jorge Ordóñez Chiriboga y Rudecindo Inga Vélez	Fecha formato: 28/06/2012	
	TELEFONO:		<b>NUMERO DE INFORME:</b>	
CELULAR:	09 82703459	LACQUA 1 3 - 2 5 6		
e - mail:	marco.vit-14@hotmail.com	REFERENCIA ORDEN DE TRABAJO		
		2013 2 5 4		
<b>CONDICIONES AMBIENTALES</b>	<b>HUMEDAD (%):</b> 55	<b>TEM. AMBIENTE(°C):</b> 17		
<b>TIPO DE MUESTRA:</b>	Agua residual de estanque de lechuguines			
<b>RESPONSABLE MUESTREO:</b>	Lacuanálisis	<b>FECHA TOMA DE MUESTRA:</b> 08 de enero de 2013		
<b>TIPO DE TOMA DE MUESTRA:</b>	Puntual			
<b>FECHA DE ANALISIS:</b>	Del 08 al 18 de enero 2013			
<b>FECHA EMISION DE INFORME:</b>	21 de enero de 2013			

### INFORME ANALISIS FISICO-QUIMICOS

PARAMETROS	UNIDAD	RESULTADO	LIM. MAX *	METODO
Dureza	mgCaCO <sub>3</sub> /l	176,40	----	APHA 2340 C / PRO TEC 015
pH	UpH	7,64	6 a 9	APHA 4500 H+B / PRO TEC 011
Conductividad	µs/cm	795,50	----	APHA 2510 B / PRO TEC 013
Sólidos totales disueltos	mg/l	410,0	3000	APHA 2540 C / PRO TEC 016
Cloruros**	mgCl/l	68,44	----	APHA 4500 Cl- B / PRO TEC 019
Materia orgánica**	kg/día	7,78	----	INTERNO
Olor**	N/A	Característico	----	APHA 2150 B
Color**	Unid. Pt-Co	428	----	HACH 8025 / PRO TEC 027
DQO	mg/l	139	----	APHA 5220 C / PRO TEC 014
DBO5**	mg/l	90	----	APHA 5220 B / PRO TEC 030
Turbidez***	NTU	17	----	SM 2130 B
Detergentes***	mg/l	6,6	----	APHA 5540 C
Aceites y grasas***	mg/l	3,2	0,3	EPA 418.1

### INFORME ANALISIS MICROBIOLÓGICO

PARAMETROS	UNIDAD	RESULTADO	LIM. MAX *	METODO
Coliformes totales**	NMP/100ml	1,1 x 10 <sup>6</sup>	1000	AOAC 991.14 / PRO TEC 035
Coliformes fecales**	NMP/100ml	4,6 x 10 <sup>5</sup>	----	AOAC 991.14 / PRO TEC 036
Aerobios totales**	UFC/100ml	2,8 x 10 <sup>6</sup>	----	AOAC 996.23 / PRO TEC 034

Parámetro acreditado      \*\* Parámetro No acreditado  
 \* Norma de Referencia: TULAS LIBRO VI ANEXO 1      \*\*\* Parámetro lab. Subcontratado Acreditado:  
 Tabla 6      Certificado: Nº OAE LE 20 05-002 / Nº OAE 2C 05-005

**INCERTIDUMBRE EXPANDIDA DEL METODO**

ALCALINIDAD en un rango hasta 200 mg/l es de ± 3 %	DQO en un rango hasta 125 mg/l es de ± 4 %
DUREZA TOTAL en un rango hasta 400 mg/l es de ± 3 %	pH en un rango hasta 10UpH es de ± 0,71 %
CONDUCTIVIDAD en un rango hasta 1700 µs/cm es de ± 0,05 %	SOLIDOS TOTALES en un rango hasta 4000 mg/l es de ± 0,04 %

**PERSONAL RESPONSABLE:**

Ing. Diana Andrade  
**ANALISTA**

Dr. Harold Jiménez  
**DIRECTOR TECNICO**

NOTA:  
 El informe solo afecta a las muestras sometidas a ensayo.  
 Prohibida la reproducción total o parcial, por cualquier medio sin el permiso escrito del laboratorio

Dirección: Edif. Plaza Ficoa, local 202, Av. Rodrigo Pachano s/n y Montalvo  
 Teléfono: 09-5363620 / 03-2420106    www.lacuanalisis.com    info@lacuanalisis.com  
 Ambato, Ecuador - Sud América



## INFORME DE RESULTADOS

LABORATORIO DE ENSAYO, ACREDITADO POR OAE CON ACREDITACIÓN  
Nº OAE LE C 11-010

DATOS DEL CLIENTE	
CLIENTE:	
REPRESENTANTE:	Ing. Marco Viteri
DIRECCION:	Jorge Ordóñez Chiriboga y Rudecindo Inga Vélez
TELEFONO:	
CELULAR:	09 82703459
e - mail:	marco.vit-14@hotmail.com

Versión:	4
Pág.	1 de 1
Código:	REG TEC 018
Fecha formato:	28/06/2012
NUMERO DE INFORME:	
LACQUA	1 3 - 2 6 5
REFERENCIA ORDEN DE TRABAJO	
2013	2 6 3

CONDICIONES AMBIENTALES	HUMEDAD (%):	49	TEM. AMBIENTE(°C):	19
TIPO DE MUESTRA:	Agua residual descarga final			
RESPONSABLE MUESTREO:	Lacquanálisis	FECHA TOMA DE MUESTRA:	15 de enero de 2013	
TIPO DE TOMA DE MUESTRA:	Puntual			
FECHA DE ANALISIS:	Del 15 al 24 de enero 2013			
FECHA EMISION DE INFORME:	25 de enero de 2013			

## INFORME ANALISIS FISICO-QUIMICOS

PARAMETROS	UNIDAD	RESULTADO	LIM. MAX *	METODO
Dureza	mgCaCO <sub>3</sub> /l	173,55	----	APHA 2340 C / PRO TEC 015
pH	UpH	7,42	6 a 9	APHA 4500 H+B / PRO TEC 011
Conductividad	µs/cm	922,25	----	APHA 2510 B / PRO TEC 013
Sólidos totales disueltos	mg/l	441,0	3000	APHA 2540 C / PRO TEC 016
Cloruros**	mgCl/l	62,10	----	APHA 4500 Cl- B / PRO TEC 019
Materia orgánica**	kg/día	5,70	----	INTERNO
Olor**	N/A	Característico	----	APHA 2150 B
Color**	Unid. Pt-Co	214	----	HACH 8025 / PRO TEC 027
DQO	mg/l	101	----	APHA 5220 C / PRO TEC 014
DBO5**	mg/l	66	----	APHA 5220 B / PRO TEC 030
Turbidez***	NTU	36	----	SM 2130 B
Detergentes***	mg/l	5,7	----	APHA 5540 C
Aceites y grasas***	mg/l	2,4	0,3	EPA 418.1

## INFORME ANALISIS MICROBIOLÓGICO

PARAMETROS	UNIDAD	RESULTADO	LIM. MAX *	METODO
Coliformes totales**	NMP/100ml	1,7 x 10 <sup>2</sup>	1000	AOAC 991.14 / PRO TEC 035
Coliformes fecales**	NMP/100ml	1,4 x 10 <sup>5</sup>	----	AOAC 991.14 / PRO TEC 036
Aerobios totales**	UFC/100ml	2,4 x 10 <sup>6</sup>	----	AOAC 996.23 / PRO TEC 034

Parámetro acreditado

\* Norma de Referencia: TULAS LIBRO VI ANEXO 1  
Tabla 6

\*\* Parámetro No acreditado

\*\*\* Parámetro lab. Subcontratado Acreditado:

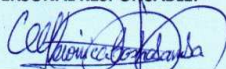
Certificado: Nº OAE LE 20 05-002 / Nº OAE 2C 05-005

### INCERTIDUMBRE EXPANDIDA DEL METODO

ALCALINIDAD en un rango hasta 200 mg/l es de ± 3 %  
DUREZA TOTAL en un rango hasta 400 mg/l es de ± 3 %  
CONDUCTIVIDAD en un rango hasta 1700 µS/cm es de ± 0,05%

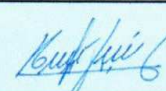
DQO en un rango hasta 125 mg/l es de ± 4 %  
pH en un rango hasta 10UpH es de ± 0,71%  
SOLIDOS TOTALES en un rango hasta 4000 mg/l es de ± 0,04%

### PERSONAL RESPONSABLE:



Ing. Verónica Cashabamba  
ANALISTA





Dr. Harold Jiménez  
DIRECTOR TECNICO

### NOTA:


El informe solo afecta a las muestras sometidas a ensayo.

Prohibida la reproducción total o parcial, por cualquier medio sin el permiso escrito del laboratorio

Dirección: Edif. Plaza Ficoa, local 202, Av. Rodrigo Pachano s/n y Montalvo  
Teléfono: 09-5363620 / 03-2420106 www.lacquanalisis.com info@lacquanalisis.com  
Ambato, Ecuador - Sud América

### Anexo3

Las hojas escaneadas de los originales del análisis de coliformes del laboratorio de la EP-EMAPA al final del estudio:

	<b>INFORME DE RESULTADOS</b> <b>ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS</b>	PAGINA: 1 DE 1
	RG-SAP-01-00	

Fecha de muestreo/recepción de la muestra: 30 DE ENERO DEL 2013  
 Tipo de muestra: AGUA RESIDUAL  
 Procedencia: PTAR EL PERAL  
 Cliente: ING PAUL ACURIO  
 Fecha de inicio de ensayo: 30 DE ENERO DEL 2013  
 Fecha de terminación del ensayo: 1 DE FEBRERO DEL 2013

#### 1.- ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

PARÁMETROS	UNIDADES	METODO	Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce (TULAS)	Descarga final carrizo	Entrada a filtros
		APHA			
		AWWA			
		WPCF			
Colibacilos Totales	UFC/100ml	9021-B		incontables	incontables
Colibacilos Fecales	UFC/100ml	9021-C	Máximo 3000	16000	22000

#### 2.- LUGAR DE TOMA DE MUESTRAS :

PTAR EL PERAL

#### 4.- MUESTREO :

CLIENTE

#### 5.- ANÁLISIS :

Laboratorio Microbiológico

#### 6.- METODOS UTILIZADOS PARA LOS ANÁLISIS:

"METODOS NORMALIZADOS PARA EL ANÁLISIS DE AGUAS POTABLES Y RESIDUALES" - American Public Health Association (APHA), American Water Works Association (AWWA), Water Pollution Control Federation (WPCF)







  
 RESPONSABLE TÉCNICO  
 Dra. Jeannette Díaz S.





## Anexo 4

Las hojas escaneadas de los originales del análisis de coliformes del laboratorio de la Lacuanálisis S.A, al final del estudio:

### INFORME DE RESULTADOS

DATOS DEL CLIENTE		Versión: 4	
CLIENTE:		Pág.	1 de 1
REPRESENTANTE:	Ing. Marco Viteri	Código:	REG TEC 018
DIRECCION:	Jorge Ordóñez Chiriboga y Rudecindo Inga Vélez	Fecha formato:	28/06/2012
TELEFONO:		NUMERO DE INFORME:	
CELULAR:	09 82703459	LACQUA	1 3 - 2 7 3
e - mail:	marco.vit-14@hotmail.com	REFERENCIA ORDEN DE TRABAJO	
		2013	2 7 1

CONDICIONES AMBIENTALES	HUMEDAD (%): 58	TEM. AMBIENTE(°C): 19
TIPO DE MUESTRA:	Agua residual de estanque de carrizos - Descarga Final PTAR El Peral	
RESPONSABLE MUESTREO:	Lacuanálisis	FECHA TOMA DE MUESTRA: 30 de enero de 2013
TIPO DE TOMA DE MUESTRA:	Puntual	
FECHA DE ANALISIS:	Del 30 de enero al 4 de febrero 2013	
FECHA EMISION DE INFORME:	4 de febrero de 2013	

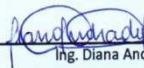
### INFORME ANALISIS MICROBIOLÓGICO

PARAMETROS	UNIDAD	RESULTADO	LIM. MAX *	METODO
Coliformes totales**	NMP/100ml	6,2 x 10 <sup>6</sup>	1000	AOAC 991.14 / PRO TEC 035
Coliformes fecales**	NMP/100ml	3,2 x 10 <sup>6</sup>	-----	AOAC 991.14 / PRO TEC 036


\* Parámetro acreditado      \*\* Parámetro No acreditado  
 \* Norma de Referencia: TULAS LIBRO VI ANEXO 1      \*\*\* Parámetro lab. Subcontratado Acreditado:  
 Tabla 6      Certificado: N / A

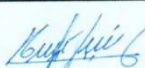
INCERTIDUMBRE EXPANDIDA DEL METODO	
ALCALINIDAD en un rango hasta 200 mg/l es de ± 3 %	DQO en un rango hasta 125 mg/l es de ± 4%
DUREZA TOTAL en un rango hasta 400 mg/l es de ± 3 %	pH en un rango hasta 10UpH es de ± 0,71%
CONDUCTIVIDAD en un rango hasta 1700 µS/cm es de ± 0,05%	SOLIDOS TOTALES en un rango hasta 4000 mg/l es de ± 0,04%

**PERSONAL RESPONSABLE:**



Ing. Diana Andrade  
**ANALISTA**





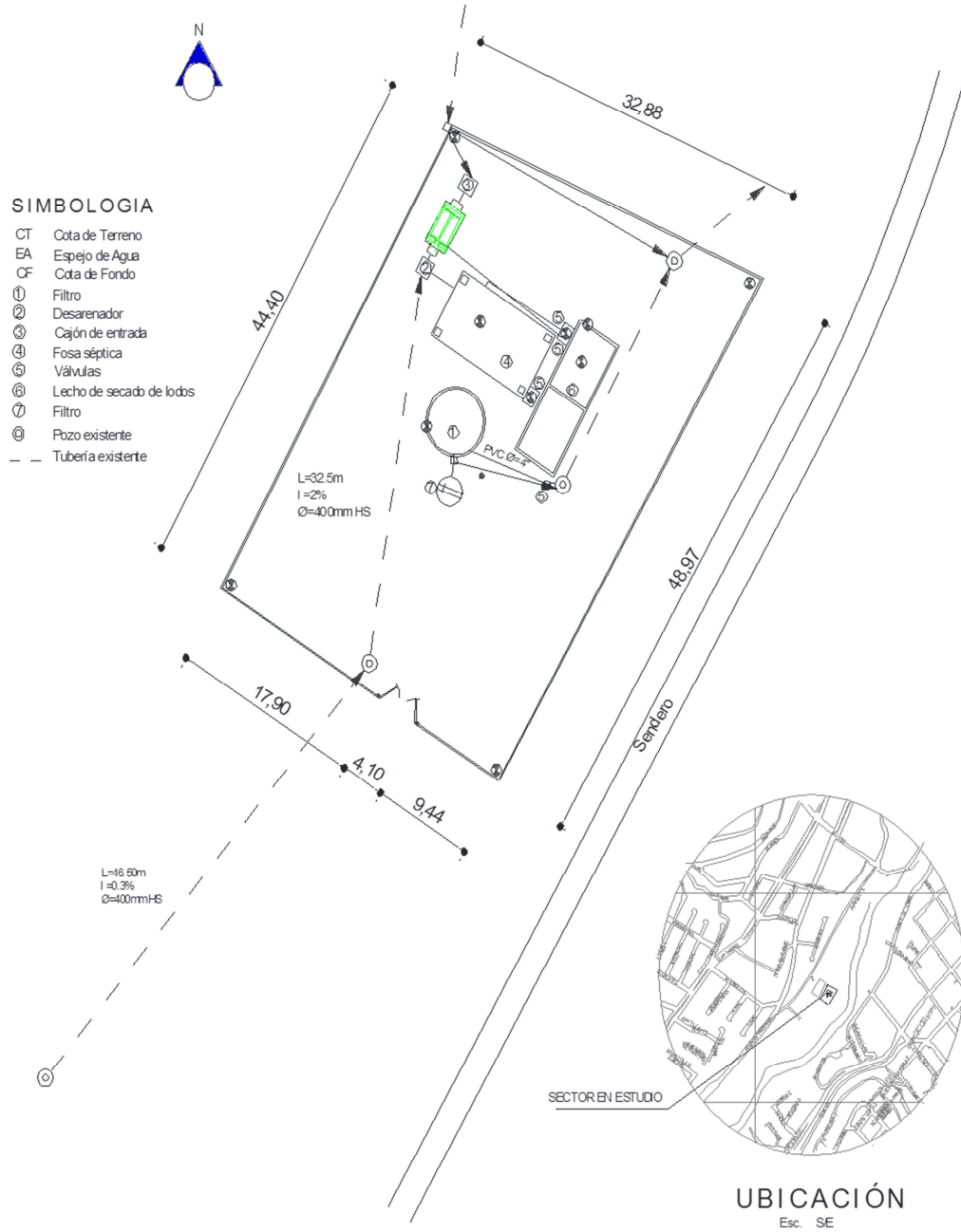
Dr. Harold Jiménez  
**DIRECTOR TECNICO**

**NOTA:**  
 El informe solo afecta a las muestras sometidas a ensayo.  
 Prohibida la reproducción total o parcial, por cualquier medio sin el permiso escrito del laboratorio

Dirección: Edif. Plaza Ficoa, local 202, Av. Rodrigo Pachano s/n y Montalvo  
 Teléfono: 09-5363620 / 03-2420106    www.lacuanalisis.com    info@lacuanalisis.com  
 Ambato, Ecuador - Sud América

## Anexo 5

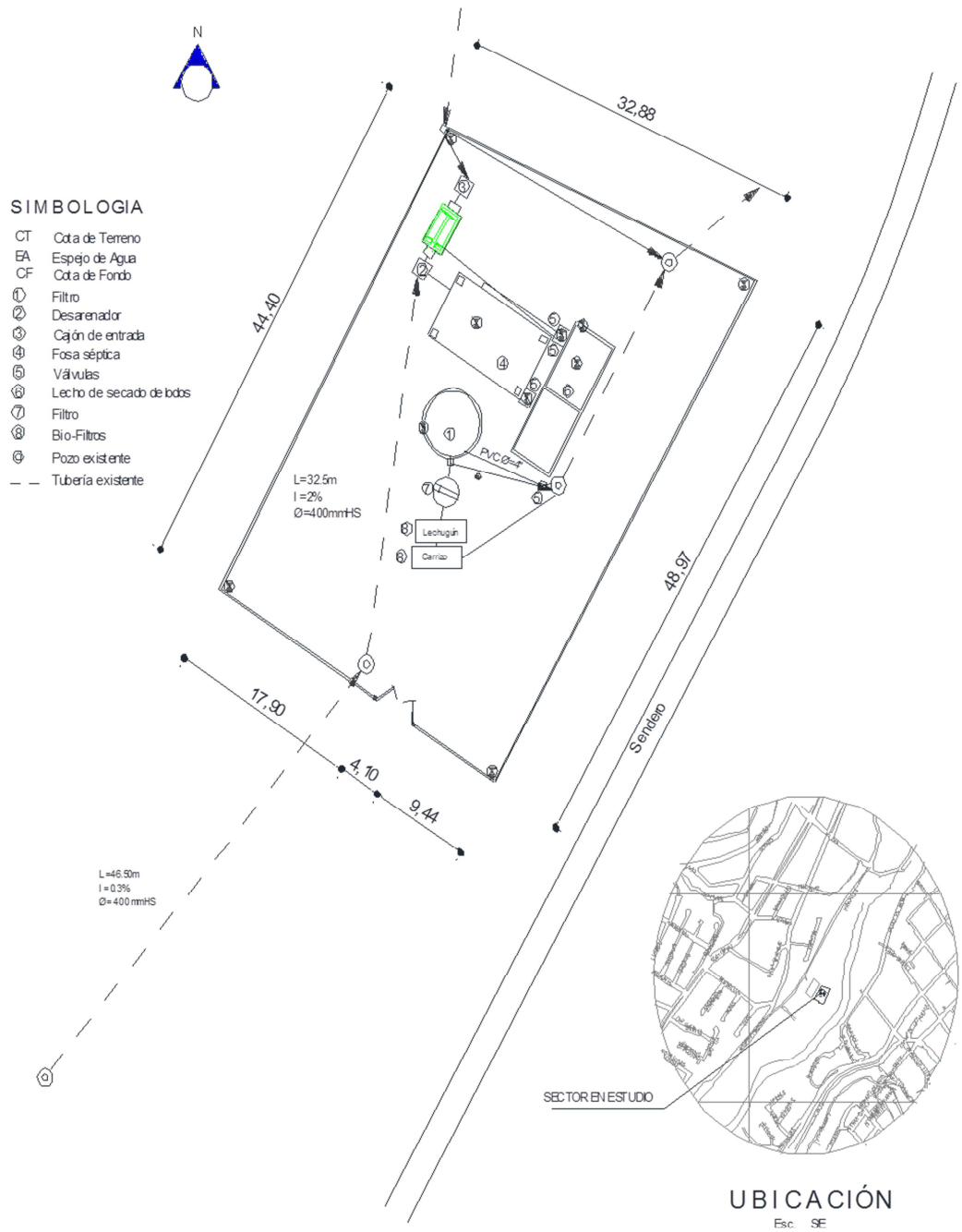
**Imagen 1.-** Estado de la Planta de tratamiento “El Peral”



**Fuente:** Departamento técnico de la EMAPA. 2013

**Elaborado por:** Personal del departamento técnico de la EMAPA

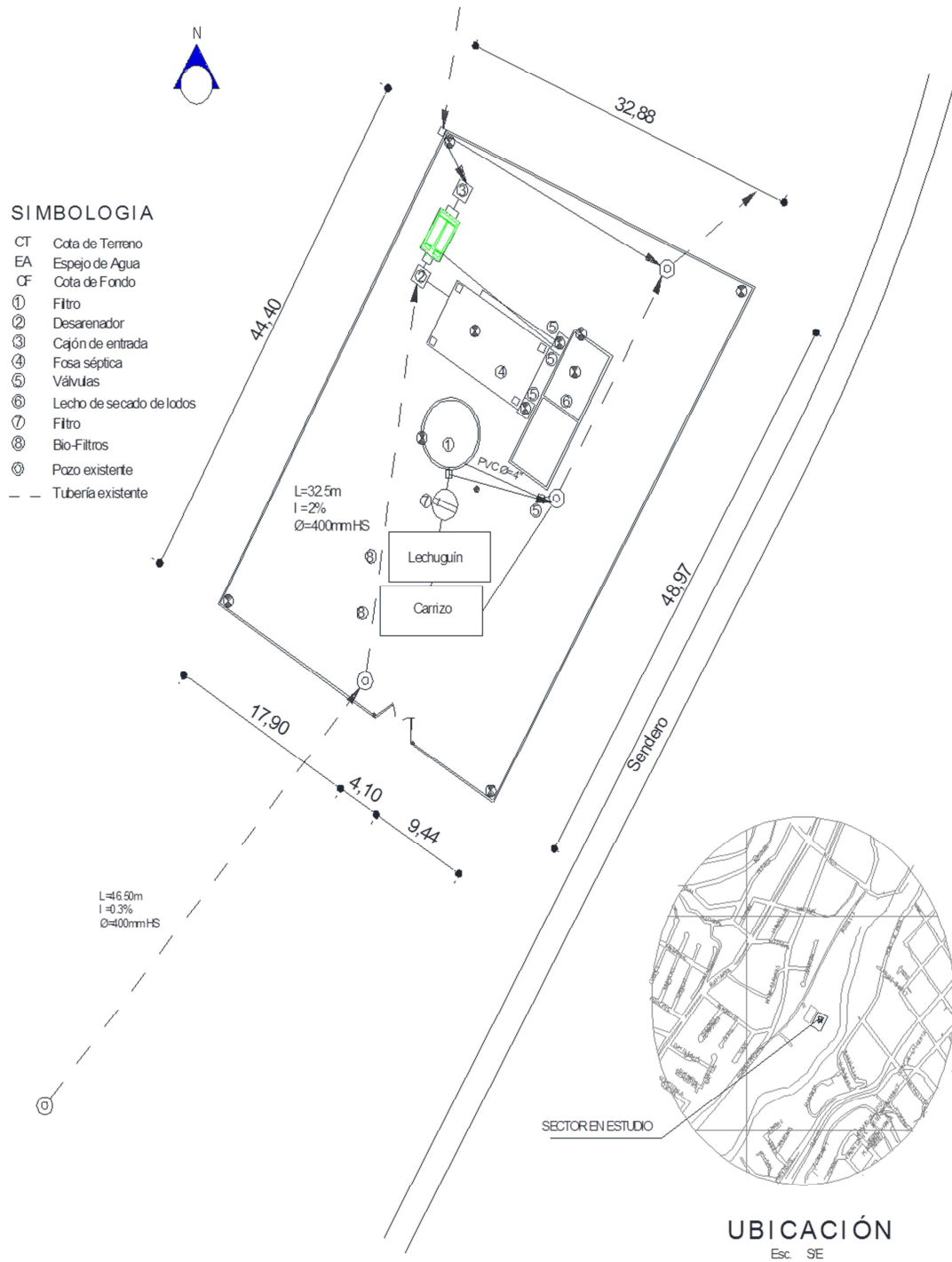
**Imagen 2.-** Planta de tratamiento “El Peral”, humedales instalados para tratamiento de 1 ltr/seg de agua contaminada



**Fuente:** Departamento técnico de la EMAPA. 2013

**Elaborado por:** Ingeniero Marco Antonio Viteri Briones

**Imagen 3.-** Planta de tratamiento “El Peral”, humedales instalados para tratamiento de 3 ltr/seg de agua contaminada



**Fuente:** Departamento técnico de la EMAPA. 2013  
**Elaborado por:** Ingeniero Marco Antonio Viteri Briones



**Imagen 4.-** Ingreso de aguas contaminadas



**Fuente:** “Planta de tratamiento “El Peral”

**Elaborado por:** Ingeniero Marco Antonio Viteri Briones 2013

**Imagen 5.-** Preparación de humedal



**Fuente:** “Planta de tratamiento “El Peral”

**Elaborado por:** Ingeniero Marco Antonio Viteri Briones 2013

**Imagen 6.-** Plantación de carrizo-humedal de carrizo



**Fuente:** “Planta de tratamiento “El Peral”

**Elaborado por:** Ingeniero Marco Antonio Viteri Briones 2013

**Imagen 7.-** Plantación de lechuguín-humedal de lechuguín



**Fuente:** “Planta de tratamiento “El Peral”

**Elaborado por:** Ingeniero Marco Antonio Viteri Briones 2013

**Imagen 8.-** toma de muestras Lechiuguín-Carrizo



**Fuente:** “Planta de tratamiento “El Peral”

**Elaborado por:** Ingeniero Marco Antonio Viteri Briones 2013

**Consultas realizadas en la página web de la Universidad Técnica de Ambato**

<http://repo.uta.edu.ec/bitstream/handle/123456789/1939/MSc.%2024pdf?sequence=1>

[http://repo.uta.edu.ec/bitstream/handle/123456789/1666/TU\\_HOT68.pdf?sequence=1](http://repo.uta.edu.ec/bitstream/handle/123456789/1666/TU_HOT68.pdf?sequence=1)

[http://repo.uta.edu.ec/bitstream/handle/123456789/1655/TU\\_HOT57.pdf?sequence=1](http://repo.uta.edu.ec/bitstream/handle/123456789/1655/TU_HOT57.pdf?sequence=1)

<http://repo.uta.edu.ec/bitstream/handle/123456789/2610/MA-ECO-953.pdf?sequence=1>

<http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/6387/1/T-ESPEL-CDT-0986.pdf>

<http://repo.uta.edu.ec/bitstream/handle/123456789/6636/BQ%2045.pdf?sequence=1>