

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO



## FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS

CENTRO DE ESTUDIOS DE POSGRADO

MAESTRÍA EN PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA

---

**TEMA: "FITOREMEDIACIÓN DE LAS AGUAS DEL CANAL  
DE RIEGO LATACUNGA – SALCEDO – AMBATO  
MEDIANTE HUMEDALES VEGETALES A NIVEL DE  
PROTOTIPO DE CAMPO SALCEDO –COTOPAXI"**

---

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN  
PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL GRADO ACADÉMICO DE  
MAGÍSTER EN PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA

**AUTOR:** Ing. César Germán Pozo Yépez

**DIRECTOR:** Ing. Ph.D. José Ramiro Velasteguí Sánchez

Ambato-Ecuador

2012

Al Consejo de Posgrado de la UTA.

El tribunal receptor de la defensa del trabajo de investigación con el tema: **"FITOREMEDIACIÓN DE LAS AGUAS DEL CANAL DE RIEGO LATACUNGA-SALCEDO-AMBATO MEDIANTE HUMEDALES VEGETALES A NIVEL DE PROTOTIPO DE CAMPO SALCEDO –COTOPAXI"**, presentado por: él Ing. César Germán Pozo Yépez y conformado por: Ing. Mg. Fernando Álvarez Calvache, Ing. M.B.A. Lenín Garcés Espinoza, Ing. Mg. Víctor Poveda Proaño, Miembros del Tribunal; Director del trabajo de investigación Ing. Ph.D. José Ramiro Velasteguí Sánchez y presidido por: Ing. M.B.A. Romel Rivera Carvajal, Presidente del Tribunal; Ing. Mg. Juan Garcés Chávez Director del CEPOS – UTA, una vez escuchada la defensa oral el tribunal aprueba y remite el trabajo de investigación para uso y custodia en las bibliotecas de la UTA.

.....  
Ing. M.B.A. Romel Rivera Carvajal  
Presidente del Tribunal de Defensa

.....  
Ing. Mg. Juan Garcés Chávez  
DIRECTOR CEPOS

.....  
Ing. Ph.D. José Velasteguí Sánchez  
Director de Trabajo de Investigación

.....  
Ing. Mg. Fernando Álvarez Calvache  
Miembro del Tribunal

.....  
Ing. M.B.A. Lenín Garcés Espinoza  
Miembro del Tribunal

.....  
Ing. Mg. Víctor Poveda Proaño  
Miembro del Tribunal

## AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

La responsabilidad de las opiniones, comentarios y críticas emitidas en el trabajo de investigación con el tema: **"FITOREMEDIACIÓN DE LAS AGUAS DEL CANAL DE RIEGO LATACUNGA-SALCEDO-AMBATO MEDIANTE HUMEDALES VEGETALES A NIVEL DE PROTOTIPO DE CAMPO SALCEDO –COTOPAXI"**, nos corresponde exclusivamente a: Ing. César Germán Pozo Yépez, Autor; Ing. Ph.D. José Ramiro Velasteguí Sánchez, Director del trabajo de investigación; y el patrimonio intelectual del mismo a la Universidad Técnica de Ambato.

.....  
Ing. César Germán Pozo Yépez

Autor

.....  
Ing. Ph.D. José Velasteguí Sánchez

Director

## **DERECHOS DEL AUTOR**

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este trabajo de investigación o parte de él un documento disponible para su lectura, consulta y proceso de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los Derechos de mi trabajo de investigación, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de esta, dentro de las regulaciones de la Universidad.

.....  
Ing. César Germán Pozo Yépez

Autor

## DEDICATORIA

*El trabajo de investigación  
dedico con mucho afecto y  
cariño a mi familia que es la  
razón de mi superación  
profesional y personal.*

*César Pozo*

## **AGRADECIMIENTO**

*Mi eterno reconocimiento a la Universidad Técnica de Ambato, a la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos, al Ingeniero Ramiro Velasteguí Ph.D. como Director de la Investigación y al Centro de posgrado sus catedráticos que con sabia experiencia y conocimiento científico supieron inculcar en mi persona el deseo de investigar.*

# ÍNDICE GENERAL

## Contenido

PORTADA	i
AL CONSEJO DE POSGRADO DE LA UTA	II
AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN	III
DERECHOS DEL AUTOR	IV
DEDICATORIA	V
AGRADECIMIENTO	VI
ÍNDICE GENERAL	VII
RESUMEN	XVIII
SUMMARY	XIX
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	3
EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	3
1.1 TEMA	3
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
1.2.1 Contextualización	3
1.2.2 Análisis Crítico	7
1.2.3 Prognosis	8
1.2.4 Formulación Del Problema	9
1.2.5 Preguntas Directrices	9
1.2.6 Delimitación	10
1.3 JUSTIFICACIÓN	10

1.4	OBJETIVOS	13
1.4.1	Objetivo General	13
1.4.2	Objetivos Específicos	13
	CAPÍTULO II	14
	MARCO TEÓRICO	14
2.1	ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS	14
2.2	FUNDAMENTACIÓN FILOSÓFICA	20
2.3	FUNDAMENTACIÓN LEGAL	21
2.3.1	Criterios Generales para la Descarga de Afluentes	23
2.3.1.1	Normas generales para descarga de efluentes, tanto al sistema de alcantarillado, como a los cuerpos de agua	23
2.3.1.2	Normas de las Descargas de Efluentes al Sistema de Alcantarillado Público	25
2.3.2	Requisitos de Calidad de Agua para Preservación de Flora y Fauna	27
2.3.3	Descargas de los Residuos Líquidos	28
2.3.4	Normas de Descarga a un Cuerpo de Agua	28
2.3.5	Uso y Calidad del Agua	29
2.3.5.1	Agua para Riego	29
2.3.5.2	Agua para Pos Cosecha y Consumo Humano	30
2.3.5.3	Agua para Lavado	30
2.3.6	Ley de Prevención Y Control De La Contaminación Ambiental	31
2.3.6.1	De la Prevención y Control de la Contaminación de las Aguas	31

2.4	CATEGORÍAS FUNDAMENTALES	33
2.4.1	Variable Independiente	34
2.4.1.1	Aguas Contaminadas del Canal de Riego Latacunga-Salcedo-Ambato	34
2.4.1.2	Aguas Residuales	34
2.4.1.2.1	Tratamiento de Aguas Residuales en Procesos	36
2.4.1.3	Agente Contaminante	36
2.4.4.1	Ambiente Contaminado	38
2.4.2	Variable Dependiente	38
2.4.2.1	Fitoremediación	38
2.4.2.2	Caracterización De Las Aguas	41
2.4.2.2.1	Análisis Físico – Químicos	41
2.4.2.2.2	Análisis Microbiológicos	49
2.4.2.3	Humedales: Carrizo y Lechuguines	51
2.4.2.3.1	Humedal Vegetal	51
2.4.3.2	El Carrizo	52
2.4.2.3.3	EL Lechuguín	54
2.4.2.4	Descontaminación de las Aguas del Canal de Riego Latacunga-Salcedo-Ambato	56
2.5	HIPÓTESIS	59
2.6	SEÑALAMIENTO DE VARIABLES	59
2.6.1	Variable Dependiente	59
2.6.2	Variable Independiente	59
	CAPÍTULO III	60
	METODOLOGÍA	60
3.1	MODALIDAD BÁSICA DE LA INVESTIGACIÓN	60

3.1.1	Investigación Documental Bibliográfica	60
3.1.2	Investigación de Campo	60
3.1.3	Investigación Experimental o de Laboratorio	60
3.2	NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN	61
3.2.1	Método Inductivo	61
3.2.2	Método Exploratorio	61
3.2.3	Método Experimental	62
3.3	POBLACIÓN Y MUESTRA	62
3.4	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	64
3.4.1	Variable Independiente	64
3.4.2	Variable Dependiente	65
3.5	PLAN DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN	66
3.5.1	Diseño Experimental	71
3.6	PLAN DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN	74
	CAPÍTULO IV	75
	ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	75
4.1	ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS	75
4.1.1	Resultados de los Análisis Realizados en el Humedal Vegetal de Lechuguín	76
4.1.2	Resultados de los Análisis Realizados en el Humedal Vegetal de Carrizo	77
4.2	INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	78
4.3	VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS	113
4.4	VALIDACION DE LA EFECTIVIDAD DE LOS HUMEDALES INVESTIGADOS	115
4.5	ANÁLISIS ECONÓMICO DE LAS TECNONOLOGÍAS	115

EMPLEADAS		
CAPÍTULO V		117
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		117
5.1	CONCLUSIONES	117
5.2	RECOMENDACIONES	118
CAPÍTULO VI		120
PROPUESTA		120
6.1	TEMA	120
6.2	DATOS INFORMATIVOS	120
6.3	ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA	121
6.4	JUSTIFICACIÓN	127
6.5	OBJETIVOS	128
6.5.1	OBJETIVO GENERAL	128
6.5.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	129
6.6	ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD	129
6.7	FUNDAMENTACIÓN	130
6.7.1	Tratamiento de Aguas Residuales	130
6.7.2	Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales	131
6.8	METODOLOGÍA	133
6.9	ADMINISTRACIÓN	135
6.10	PREVISIÓN DE LA EVALUACIÓN	135
BIBLIOGRAFÍA		136
ANEXOS		142
ANEXO A		142
Diagrama del Área Experimental		142

ANEXO B	143
Esquema Humedales Vegetales	143
ANEXO C	144
Resultados de los Análisis	144
Agua de Riego del Canal Latacunga-Salcedo-Ambato. Laboratorio del CESTTA-ESPOCH	144
ANEXO C-1	
Análisis del agua del canal sin tratamiento	144
ANEXO C-2	
Lecho vegetal: lechuguín ( Retención: 2 días)	146
1ANEXO C-3	
Lecho vegetal: lechuguín ( Retención: 4 días)	148
ANEXO C-4	
Lecho vegetal: carrizo (Retención: 2 días)	150
ANEXO C-5	
Lecho vegetal: carrizo (Retención: 4 días)	152
ANEXO D	
Imágenes	154
ANEXO D-1	
Canal de Riego Latacunga- Salcedo- Ambato	154
ANEXO D-2	
Humedal Vegetal de Carrizo	155
ANEXO D-3	
Humedal Vegetal de Carrizo	156

ANEXO D-4	
Humedal Vegetal de Lechuguín	157
ANEXO D-5	
Humedal Vegetal de Lechuguín	158
ANEXO D-6	
Humedal Vegetal de Carrizo y Lechuguín	159
GLOSARIO DE TÉRMINOS	160

## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA N° 1	Calidad Ambiental	4
TABLA N° 2	Los requisitos de calidad de agua para este tipo de uso se establecen en el art. 21	19
TABLA N° 3	Límites con respecto a la salinidad.	19
TABLA N° 4	Parámetros para la Descarga a un Cuerpo de Agua.	29
TABLA N° 5	Caracterización del agua por el valor de la conductividad	44
TABLA N° 6	Operacionalización de la variable Independiente	64
TABLA N° 7	Operacionalización de la variable Dependiente	65
TABLA N° 8	Factores de Estudio	71
TABLA N° 9	Tratamiento	72
TABLA N° 10	Parámetros	73
TABLA N° 11	Factores para Aplicación de Fitoremediación	75
TABLA N° 12	Resultados de Lechuguín	76
TABLA N° 13	Resultados de Carrizo	77
TABLA N° 14	Análisis de Varianza para el Potencial de Hidrogeno del Agua del Canal de Riego Latacunga-Salcedo-Ambato ramal la Argentina.	79
TABLA N° 15	Prueba: LSD Fisher $\alpha= 0.05$ para la interacción.	80
TABLA N° 16	Análisis de Varianza para la Dureza del Agua (mg/L) del Canal de Riego Latacunga-Salcedo-Ambato ramal la Argentina	83
TABLA N° 17	Prueba: LSD Fisher $\alpha= 0.05$ LECHO VEGETAL	84
TABLA N° 18	Prueba: LSD Fisher $\alpha= 0.05$ TIEMPO	84
TABLA N° 19	Análisis de Varianza para los Sulfatos (mg/L) del Agua del Canal de Riego Latacunga-Salcedo-Ambato ramal la Argentina	87
TABLA N° 20	Prueba: LSD Fisher $\alpha= 0.05$ TIEMPO	88
TABLA N° 21	Análisis de Varianza para el Amonio del Agua (mg/L)	91

del Canal de Riego Latacunga-Salcedo-Ambato  
ramal la Argentina.

TABLA Nº 22	Análisis de Varianza para la Conductividad Eléctrica (uS/cm) del Agua del Canal de Riego Latacunga Salcedo Ambato ramal la Argentina	94
TABLA Nº 23	Prueba: LSD Fisher alfa= 0.05 INTERACCIÓN	95
TABLA Nº 24	Análisis de Varianza para el DBO (mg/L) del Agua del Canal de Riego Latacunga-Salcedo-Ambato ramal la Argentina.	100
TABLA Nº 25	Análisis de Varianza para el DQO del Agua del Canal de Riego Latacunga-Salcedo-Ambato ramal la Argentina.	104
TABLA Nº 26	Prueba: LSD Fisher alfa= 0.05 LECHO VEGETAL	105
TABLA Nº 27	Prueba: LSD Fisher alfa= 0.05 TIEMPO (DÍAS)	105
TABLA Nº 28	Análisis de Varianza para los Coliformes Fecales del Agua del Canal de Riego Latacunga-Salcedo-Ambato ramal la Argentina.	109
TABLA Nº 29	Prueba: LSD Fisher alfa= 0.05 TIEMPO (DÍAS)	110
TABLA Nº 30	Análisis Económico de las Tecnologías Empleadas	115
TABLA Nº 31	Calidad Ambiental del Rio Cutuchi	121
TABLA Nº 32	Análisis Económico de la Propuesta	134

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA N° 1	Relación Causa-Efecto	7
FIGURA N° 2	Categorías Fundamentales.	33
FIGURA N° 3	Efecto del lecho vegetal y el tiempo sobre el pH del Agua del	81
FIGURA N° 4	Límites de confianza para el pH del Agua del Canal de Riego Latacunga-Salcedo-Ambato ramal la Argentina, según los factores en estudio.	82
FIGURA N° 5	Efecto del lecho vegetal y el tiempo sobre la Dureza del Agua del Canal de Riego Latacunga-Salcedo-Ambato ramal la Argentina.	85
FIGURA N° 6	Límites de confianza para la Dureza del Agua del Canal de Riego Latacunga-Salcedo-Ambato ramal la Argentina, según los factores en estudio.	86
FIGURA N° 7	Efecto del lecho vegetal y el tiempo sobre los Sulfatos del Agua del Canal de Riego Latacunga-Salcedo-Ambato ramal la Argentina.	89
FIGURA N° 8	Límites de confianza para los Sulfatos del Agua del Canal de Riego Latacunga-Salcedo-Ambato ramal la Argentina, según los factores en estudio.	90
FIGURA N° 9	Efecto del lecho vegetal y el tiempo sobre el Amonio del Agua del Canal de Riego Latacunga-Salcedo-Ambato ramal la Argentina.	92
FIGURA N° 10	Efecto del lecho vegetal y el tiempo sobre el Amonio del Agua del Canal de Riego Latacunga-Salcedo-Ambato ramal la Argentina.	93
FIGURA N° 11	Efecto del lecho vegetal y el tiempo sobre la Conductividad Eléctrica del Agua del Canal de Riego Latacunga Salcedo Ambato ramal la Argentina.	96
FIGURA N° 12	Límites de confianza para la Conductividad del Agua	97

	del Canal de Riego Latacunga-Salcedo-Ambato ramal la Argentina, según los factores en estudio.	
FIGURA N° 13	Clasificación de las aguas de riego basada en el riego de salinidad.	98
FIGURA N° 14	Efecto del lecho vegetal y el tiempo sobre la Demanda Bioquímica de Oxígeno del Agua del Canal de Riego Latacunga-Salcedo-Ambato ramal la Argentina.	101
FIGURA N° 15	Límites de confianza para la Demanda Bioquímica de Oxígeno del Agua del Canal de Riego Latacunga-Salcedo-Ambato ramal la Argentina, según los factores en estudio.	102
FIGURA N° 16	Efecto del lecho vegetal y el tiempo sobre la Demanda Química de Oxígeno del Agua del Canal de Riego Latacunga-Salcedo-Ambato ramal la Argentina.	106
FIGURA N° 17	Límites de confianza para la Demanda Química de Oxígeno del Agua del Canal de Riego Latacunga-Salcedo-Ambato ramal la Argentina, según los factores en estudio.	107
FIGURA N° 18	Efecto del lecho vegetal y el tiempo sobre el contenido de Coliformes Fecales del Agua del Canal de Riego Latacunga-Salcedo-Ambato ramal la Argentina.	110
FIGURA N° 19	Límites de confianza para los Coliformes Fecales del Agua del Canal de Riego Latacunga-Salcedo-Ambato ramal la Argentina, según los factores en estudio.	111
FIGURA N° 20	Eficiencia de las Respuestas Experimentales según los Humedales	114

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**CENTRO DE ESTUDIOS DE POSGRADO**  
**MAESTRÍA EN PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA**

**“FITOREMEDIACIÓN DE LAS AGUAS DEL CANAL DE RIEGO  
LATACUNGA-SALCEDO-AMBATO MEDIANTE HUMEDALES  
VEGETALES A NIVEL DE PROTOTIPO DE CAMPO SALCEDO –  
COTOPAXI”**

**RESUMEN**

El trabajo de investigación científica asume los lineamientos del Paradigma Crítico Propositivo, porque la investigación es cualitativa y cuantitativa, aplicando una investigación de campo, bibliográfica y descriptiva que coadyuva a interpretar las características del problema y la formulación de la propuesta, que hacen más sólido el trabajo investigativo, el trabajo es fruto de un proceso de consulta, discusión y recopilación de información en la Universidad técnica de Ambato y en mismo campo de investigación en enero 2011 a septiembre 2011, es necesario considerar que los sistemas valorativos son multidimensionales e históricos. En la actualidad existe la relación indisoluble entre la investigación y el desarrollo sustentable de las personas para tener una calidad de vida, razón fundamental para la realización del trabajo formativo para la vida, para hacerle frente a las exigencias del presente milenio.

**DESCRIPTORES DE LA TESIS.-** Fitoremediación. Humedales vegetales Aprendizaje significativo. Investigación. Percepciones. Operaciones racionales.

**TECHNICAL UNIVERSITY OF AMBATO**

**POSGRADUATE STUDY CENTER**

**MASTER OF CLEANER PRODUCTION**

**"PHYTOREMEDIATION OF THE WATER IRRIGATION IN THE DUCT  
OF LATACUNGA-SALCEDO- AMBATO THROUGH WETLAND AT  
LEVEL OF FIELD PROTOTYPE IN SALCEDO-COTOPAXI"**

**SUMMARY**

The Scientific Research assumes the guidelines of the Critical Propositive paradigm, because the research is qualitative and quantitative. It uses a field research, bibliographic and descriptive literature which contributes to interpret the characteristics of the problem and the formulation of the proposal that make the research work more solid.

The work is the result of a process of consultation, discussion and data collection at the Technical University of Ambato, and in the same research field from January 2011 to September 2011. It is important to consider that the value systems are multidimensional and historical.

Today, there is an indissoluble relationship between research and sustainable people developments that allow them to accomplish a quality life that is a fundamental reason for carrying out the educational work and deal with the requirements of this millennium.

**THESIS DESCRIPTORS :** Phytoremediation. Wetland. Meaningful learning Research. Perceptions. Rational operations.

## INTRODUCCIÓN

El tema de investigación “Fitoremediación de las aguas del canal de riego Latacunga-Salcedo-Ambato mediante humedales vegetales a nivel de prototipo de campo Salcedo-Cotopaxi”

El trabajo de investigación está dividido en seis capítulos:

El primer Capítulo enfoca: el problema, planteamiento del problema, contextualización, macro, meso y micro; un árbol de problemas con su correspondiente análisis crítico, la prognosis, las interrogantes de la investigación, delimitación del objeto de la investigación, los objetivos, y por supuesto la justificación.

En el segundo capítulo se identifica los antecedentes investigativos, las fundamentaciones, filosófica, sociológica, axiológica, con soporte y aportes de diferentes autores de bibliografía especializada.

Con respecto al tercer capítulo que es la metodología, se abordan los siguientes temas: modalidad básica de la investigación, tipos de investigación, población y muestra, Operacionalización de variables que son soporte del marco teórico, técnicas e instrumentos, recolección de la información, procesamiento de la información y análisis e interpretación de resultados.

En el Capítulo cuarto se desarrolla el análisis e interpretación de los resultados de las técnicas e instrumentos de investigación utilizados en la investigación realizada en el canal de riego Latacunga-Salcedo-Ambato

En el Capítulo quinto se determina conclusiones y recomendaciones a las que se ha llegado en el estudio, y que conducen a la previsión de la propuesta.

En el Capítulo sexto se elabora la propuesta que será: "Fitoremediación de las aguas del canal de riego Latacunga Salcedo Ambato utilizando humedales vegetales primero de Lechuguín (*Eichhornia crassipes*) y luego de Carrizo (*Arundo donax*) en Salcedo Ramal la Argentina"

Finalmente se encuentra la bibliografía y los anexos.

# CAPÍTULO I

## EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

### 1.1 TEMA

**“FITOREMEDIACIÓN DE LAS AGUAS DEL CANAL DE RIEGO LATACUNGA – SALCEDO – AMBATO MEDIANTE HUMEDALES VEGETALES A NIVEL DE PROTOTIPO DE CAMPO SALCEDO – COTOPAXI”**

### 1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

#### 1.2.1 Contextualización.

##### - Contextualización Macro

En Colombia y América Latina el problema de la contaminación de las fuentes de agua por el vertimiento de aguas residuales es cada vez mayor además de la baja cobertura en el tratamiento y el abandono de los sistemas implementados. Es prioritario entonces desarrollar metodologías encaminadas a aumentarla sostenibilidad de los sistemas de tratamiento de aguas residuales domésticas y así como disminuir el impacto ocasionado por los vertimientos de agua contaminada (**VILLEGAS, 2009**)

Las pequeñas comunidades enfrentan un problema mayor dado que sus condiciones socioculturales, económicas, ambientales y técnicas, limitan la implementación de alternativas de tratamiento altamente tecnificadas las cuales son usadas comúnmente en las grandes ciudades del país. Por esta razón se debe buscar alternativas de tratamiento de aguas residuales adaptables a las pequeñas comunidades que incluya un

proceso de selección de tecnología que considere sus condiciones particulares (VILLEGAS, 2009).

### **-Contextualización Meso**

La mala calidad de las aguas es un problema muy serio ya que son utilizadas por los agricultores en el cultivo de diversos productos agrícolas, tanto para consumirlos en propiedad como para ser comercializados en los mercados del centro del país. El agua contaminada del Río Cutuchi usada para riego afecta principalmente a la Salud Pública, ya que los efluentes descargados en esta cuenca, por todos sus actores contiene grasas, aceites un alto contenido de materia orgánica lo que hace que los niveles de DBO Y DQO estén fuera del límite permitido, como se indica en el siguiente cuadro:

### **CALIDAD AMBIENTAL DEL RÍO CUTUCHI.**

**Tabla N°1** Calidad Ambiental

<b>VALOR</b>	<b>CALIDAD</b>	<b>DETRIMENTO*</b>
0-300	Mala	70% - 100%
300-500	Regular	50% - 70%
500-700	Buena	30% - 50%
700-900	Muy buena	10% - 30%
900-1000	Excelente	0% - 10%

**Fuente:** CESA, 2003

**Elaborado por:** César Pozo

\* Valor a dimensional, que engloba al DBO<sub>5</sub> y DO

DBO<sub>5</sub> Demanda bioquímica de oxígeno al quinto día.

DO demanda de oxígeno.

Los datos registrados demuestran que más del 70% del agua presenta mala calidad y solo un 10% tiene excelente calidad y, que se ubica en las nacientes o inicio de las fuentes, ya que a medida que el

agua circula a los sectores inferiores de la cuenca, se contamina progresivamente.

### **-Contextualización Micro**

Las aguas del Río Cutuchi están altamente contaminadas ya que en todo su cauce desde el sector de Laso Provincia de Cotopaxi recibe efluentes de aguas servidas, fábricas, establos, hospitales, mataderos, entre otros, sin ningún tratamiento previo, para luego formar el canal de riego Latacunga- Salcedo-Ambato a partir del sector sur de la ciudad de Latacunga.

El problema de la contaminación se agrava en dicho momento ya que recibe un volumen diario de 30.000 m<sup>3</sup> de aguas servidas de uso doméstico, aguas residuales de algunas fábricas de alimentos, entre estas lecheras y cárnicas; del Hospital General, del Hospital del seguro social, camal municipal a más de la contaminación por actividades agrícolas **(CNRH, CODERECO, COHIEC, 2002)**.

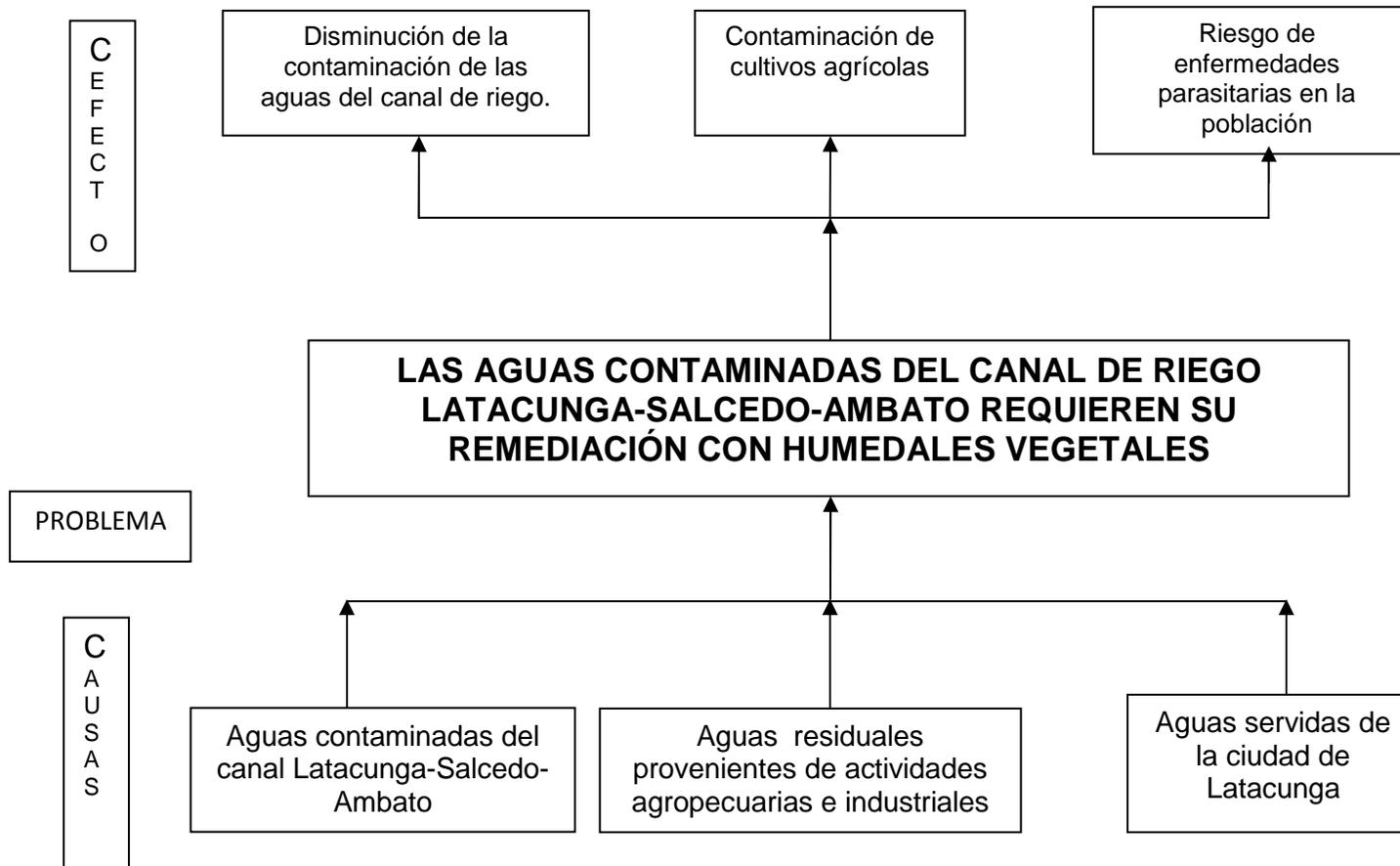
Según el Consejo Nacional de Recursos Hídricos **(CNRH, 2002)**. El Río Cutuchi a la altura de la Ciudad de Latacunga tiene un caudal medio anual de 5.2 m<sup>3</sup>/seg equivalente a 164 millones de metros cúbicos (MMC). El consumo de agua es de 400 millones de metros cúbicos (MMC) para 24.000 ha de Área cultivada.

Las aguas del río Cutuchi, luego que pasan la zona urbana de la ciudad de Latacunga son captadas por los sistemas de riego: Latacunga – Salcedo – Ambato y Jiménez – Cevallos, estas aguas no son aptas para ningún uso, sin embargo, los agricultores riegan sus sembríos con estas aguas; los productos de estos sembríos luego son transportados para la venta en ciudades tales como: Latacunga, Ambato, Riobamba e incluso Quito y Guayaquil **(CESA, 2003)**.

En general las industrias alimenticias usan una gran cantidad de agua para sus procesos y por ende generan una buena cantidad de agua residual que son vertidas directamente al río Cutuchi.

### 1.2.2 Análisis Crítico

Figura N°1: Relación Causa-Efecto



Fuente: César Pozo

Elaborado por: César Pozo

Las aguas contaminadas del canal Latacunga-Salcedo-Ambato 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.

Las principales causas que provocan la contaminación de las aguas del río Cutuchi son las aguas residuales y servidas que se descargan directamente a esta cuenca sin ningún tratamiento, de las industrias, de las plantaciones agrícolas, de establos ganaderos, de hospitales y camales.

El problema se agudiza aún más cuando las aguas servidas de la ciudad de Latacunga y los poblados aledaños se descargan al Cutuchi sin ninguna remediación; para luego estas aguas contaminadas captar 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 producto final hortalizas, legumbres, tubérculos, frutas, entre otros, contaminados que son consumidos por un gran número de habitantes.

### **1.2.3 Prognosis**

Si no se ejecuta la investigación se perdería la oportunidad de demostrar que se puede tratar las aguas contaminadas del canal de riego Latacunga-Salcedo-Ambato con humedales vegetales que son de bajo costo y cualquier entidad, institución, gremio, lo podría aplicar.

El problema a investigar es trascendental e importante por cuanto la aplicación del mismo permitirá encontrar una solución adecuada para el

desarrollo del agro del centro del país, teniendo como consecuencia favorable cultivos descontaminados.

#### **1.2.4 Formulación del Problema**

¿Cómo incide la remediación con humedales vegetales en las aguas del canal de riego Latacunga-Salcedo-Ambato?

#### **1.2.5 Preguntas Directrices.**

¿Qué contaminantes físico – químicos, orgánicos y microbiológicos contienen las aguas del canal de riego Latacunga-Salcedo-Ambato?

¿Cuáles son los dos humedales vegetales que se van a diseñar para la fitoremediación en las aguas del canal de riego Latacunga-Salcedo-Ambato en el ramal la Argentina?

¿Cuál de los dos humedales investigados es el más efectivo?

¿Qué factores se toma en cuenta para el análisis económico?

### 1.2.6 Delimitación

<b>Área:</b>	<b>Ambiental</b>
<b>Sub área:</b>	Agua
<b>Sector:</b>	Contaminación de aguas
<b>Subsector:</b>	Fitoremediación de aguas contaminadas
<b>Ubicación de la investigación:</b>	El estudio se lo desarrollará en uno de los ramales del canal de riego Latacunga – Salcedo-Ambato, en el sector La Argentina
<b>Delimitación Temporal:</b>	Enero 2011 a septiembre 2011

### 1.3 JUSTIFICACIÓN

Es necesario tener las aguas de regadío descontaminadas, ya que se utilizan en alrededor de 24000 hectáreas de una zona eminentemente agrícola situada en la provincia del Cotopaxi y Tungurahua de gran producción y en algunos casos hasta para consumo humano, se requiere realizar la investigación para conocer sus causas ,sus efectos y plantear alternativas de solución.

La Política de Aguas (2005), indica que las aguas del río Cutuchi están contaminadas, presentan valores superiores a los mínimos aceptables de agentes orgánicos como la presencia de bacterias Coliformes (*Eschenchia* y *Aerobacter aerogenes*) Que son aeróbicas por lo tanto consumen oxígeno y sobre todo son trasmisoras de enfermedades infecciosas como: gastrointestinales y la piel de los seres humanos.

El 6 de julio del 2004 se publica por parte del CODERECO (Corporación de Desarrollo Regional de Cotopaxi), que el río Cutuchi es un río muerto y que los Alcaldes de ese entonces no participan para poder buscar posibles soluciones.

Actualmente la contaminación del río Cutuchi por el gobierno nacional es considerada como un problema de Salud Pública a nivel nacional.

Según la Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo Senplades, cerca del 45% de la producción de hortalizas y legumbres de la zona central del país es irrigada por el Cutuchi que es uno de los afluentes del Pastaza.

Este porcentaje de producción según la institución se comercializa en los principales centros de acopio del Ecuador, por esta razón es imprescindible implementar un plan para descontaminar sus aguas.

En Ecuador la problemática detectada en la gestión hídrica es que las jurisdicciones política-administrativas no coinciden con los límites territoriales de las cuencas, siendo que la cuenca hidrográfica no es solo una unidad de planificación, sino que además constituye una unidad de manejo básico.

**CHOQUEVILCA, (1998).** Indica que gran parte de las decisiones institucionales y privadas, que afectan a la administración del agua, no consideran las interrelaciones ambientales y es escasa la coordinación a nivel técnico-interinstitucional.

La problemática es grande tiene efectos multiplicadores negativos en el ámbito territorial de la cuenca, que se manifiestan principalmente en:

Descarga indiscriminada de efluentes agroindustriales de alguna florícolas al río.

- Regadío con efluentes contaminados por parte de los productores de la zona.
- Inexistencia de tratamiento de efluentes sanitarios en toda la cuenca.
- Existencia parcial de alcantarillados técnicamente construidos por parte de los centros poblados y el arrojado indiscriminado de los residuos sólidos urbanos.
- Ausencia de controles de cantidad y calidad del uso del recurso hídrico y la falta de aplicación de la legislación existente.
- El beneficio es importante ya que se mejorará directamente la calidad de vida de los agricultores y usuarios del canal de riego.

Por tales razones es sumamente necesario plantear este proyecto que contribuya a la calidad ambiental y salud de los habitantes de la zona que utilizan las aguas del canal Latacunga-Salcedo-Ambato provenientes del río Cutuchi.

## **1.4 OBJETIVOS**

### **1.4.1 Objetivo General**

- Realizar un estudio de fitoremediación en las aguas del canal de riego Latacunga-Salcedo-Ambato mediante humedales vegetales a nivel de prototipo de campo en Salcedo–Cotopaxi.

### **1.4.2 Objetivos Específicos.**

- Determinar los niveles de los contaminantes físicos- químicos, orgánicos y microbiológicos de las aguas del canal Latacunga – Salcedo – Ambato antes y después de los humedales.
- Diseñar dos humedales vegetales a nivel de prototipo de campo, en base a Carrizo (*Arundo donax*) y Lechuguín (*Eichhornia crassipes*) para la Fitoremediación de las aguas del canal Latacunga-Salcedo-Ambato en el sector de la Argentina.
- Validar la efectividad de los humedales investigados.
- Realizar un estudio económico de las tecnologías empleadas.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS**

El Consejo Provincial, los Municipios y el Ministerio del Ambiente a partir del 2008 y 2009 que se puso en vigencia la nueva Constitución de la República y La Ley COOTAD respectivamente; que están en la micro cuenca del río Cutuchi y donde se captan las aguas para el canal de riego Latacunga-Salcedo-Ambato son las instituciones encargadas de preservar y controlar la calidad de estas aguas que luego van a ser usadas para regar un número considerable de hectáreas de terrenos fértiles cuyas producciones de hortalizas, legumbres, entre otras, van a ser expandidas en los principales mercados del centro del país.

El estudio reporta que las aguas residuales que generan fábricas, agroindustrias y las aguas servidas de algunos centros poblados y con más incidencia las aguas servidas de la ciudad de Latacunga que van directamente al Río Cutuchi sin ningún tratamiento; lo cual determina las consecuencias negativas al medio ambiente y por ende al ecosistema. Además que va haber incidencia en la salud de sus pobladores y particularmente en los niños que es el grupo humano más vulnerable.

La Contaminación de las aguas causada por las actividades del hombre es un fenómeno ambiental de importancia, se inicia desde los primeros intentos de industrialización, para transformarse en un problema generalizado, a partir de la revolución industrial, iniciada a comienzos del siglo XIX.

Los procesos de producción industrial iniciados en esta época requieren la utilización de grandes volúmenes de agua para la

transformación de materias primas, siendo los efluentes de dichos procesos productivos, vertidos en los cauces naturales de agua (ríos, lagos) con desechos contaminantes.

Con toda la materia orgánica que llevan consigo estas aguas que van a regar los suelos van a enriquecerlos; pero al mismo tiempo se tendrá cultivos contaminados por la proliferación de bacterias y microorganismos que afectarán a la salud.

**Desechos Orgánicos.** 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.

**Desechos Inorgánicos.** En este grupo están incluidos ácidos, bases, 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.

Las grasas que acarrean las aguas son perturbadoras de las aguas corrientes por su lenta degradación, la película que forman sobre el agua impiden la oxigenación de esta, lo cual hace que se limite el poder auto depurador del cuerpo hídrico **LARA, J (1999)**.

**MAINE, M (2001).** La Fitoremediación con humedales vegetales son sistemas de tratamiento naturales en los cuales se producen procesos físicos, químicos y bacteriológicos por interacción del agua, el suelo, las plantas, los microorganismos y la atmósfera, los mismos que

son aprovechados para dar tratamiento a las aguas residuales. Son sistemas de tratamiento que utilizan plantas acuáticas para el tratamiento de aguas residuales.

**LARA, J (1999).** Indica que los pantanos tienen tres funciones básicas que los hacen tener un potencial para el tratamiento de aguas residuales, éstas son:

- Fijar físicamente los contaminantes en la superficie del suelo y la materia orgánica
- Utilizar y transformar los elementos por medio de los microorganismos.
- Lograr niveles de tratamiento consistentes con un bajo consumo de energía y bajo mantenimiento.

Existen dos tipos de sistemas de humedales, de flujo libre y sub superficial. En el primero la vegetación está parcialmente sumergida en el agua, mientras que en el segundo el agua residual es tratada a medida que fluye lateralmente a través de un medio poroso, grava y/o arena.

El pantano de flujo sub superficial tiene ventajas respecto al otro sistema, como las relaciones biológicas se deben al crecimiento de los microorganismos, el lecho de grava tendrá mayores tasas de reacción y por tanto requiere de un área menor, esto resulta importante ante las restricciones de área que se tienen en los sitios de tratamiento.

Como el nivel del agua está por debajo de la superficie del medio granular no está expuesto, con lo que se evitan posibles problemas de vectores como mosquitos, que si pueden presentarse en los sistemas de flujo libre en algunos lugares. Por otro lado, no presentan inconvenientes

con el acceso de personas, así como se evitan problemas en climas fríos, puesto que esta capa presta mayor protección térmica.

En cuanto al rendimiento de los humedales, se puede decir que pueden tratar con eficiencia niveles altos de  $\text{DBO}_5$ , sólidos suspendidos y nitrógeno, con rendimientos superiores al 80%.

El problema está en que si hay exceso de nutrientes crecen en abundancia las plantas y otros organismos. Más tarde, cuando mueren, se pudren y llenan el agua de malos olores y le dan un aspecto nauseabundo, disminuyendo drásticamente su calidad. El proceso de putrefacción consume una gran cantidad del oxígeno disuelto y las aguas dejan de ser aptas para la mayor parte de los seres vivos. El resultado final es un ecosistema casi destruido.

Cuando el aporte de fósforo es alarmante se produce la acumulación de este elemento dentro de las algas que lo utilizarán posteriormente para multiplicarse, produciéndose una proliferación vegetal excesiva. Este efecto condiciona, además, que el fósforo deje de ser el factor limitante pasando a serlo el nitrógeno, lo que provoca la aparición de algas cianofíceas en superficie capaces de fijar dicho elemento a partir del aire atmosférico.

Cuando se da la proliferación de algas, llega un momento en el que el sistema se colapsa y no quedan nutrientes disponibles para que las algas sigan desarrollándose. A este hecho hay que unir la proliferación en superficie de las cianofíceas, creando una capa superficial que impide la penetración natural de luz y el intercambio de oxígeno con la atmósfera. De esta forma, estos organismos no pueden seguir viviendo y mueren.

El agua se vuelve turbia y verdosa, y aparecen bacterias aerobias que consumen el oxígeno de las aguas para oxidar la materia orgánica, la materia vegetal.

Esto conlleva una disminución alarmante de los niveles de oxígeno disuelto en el sistema acuático y por lo tanto, la muerte de otros seres vivos, como los peces, por asfixia. Se llega, por tanto, a condiciones anaerobias y se desarrollan procesos fermentativos de los cuales se origina SH<sub>2</sub> (sulfhídrico) y NH<sub>3</sub> (amoníaco), responsables de mal olor en estos sistemas acuáticos **(LARA, J. 1998)**.

La base legal para la producción de la calidad de las aguas en el Ecuador se fundamenta en el Artículo 22 de la Ley de Aguas, que establece: “Prohíbese la contaminación de las aguas que afecte a la salud humana o al desarrollo de la flora o de la fauna”, y designa para la aplicación de esta política al ex INERHI, hoy Consejo Nacional de Recursos Hídricos, en colaboración con el Ministerio de Salud Pública y de las demás Entidades Estatales **LEY DE AGUAS (1972)**.

En este sentido, el **CNRH, (2002)**, como Autoridad Nacional del Agua ha recopilado ciertas normas básicas de calidad y pretende establecer ciertos lineamientos fundamentales para avanzar hacia una verdadera gestión administrativa de la calidad de los recursos hídricos en el Ecuador, de manera que le permitan establecer una planificación de la calidad de los recursos hídricos a largo plazo.

### **Requisitos de Calidad de Agua para Uso Pecuario.**

**CNRH, (2002)**. Se entiende por uso pecuario del agua, su utilización para el abrevadero de animales, así como para otras actividades conexas y complementarias que establezcan los organismos competentes.

**Tabla No. 2** Los requisitos de calidad de agua para este tipo de uso se establecen en el art. 21:

PARÁMETRO	EXPRESADO COMO	UNIDAD	VALOR MÁXIMO PERMISIBLE
Aluminio	A	mg/l	5.00
Arsénico	As	mg/l	0.20
Boro	B	mg/l	5.00
Cadmio	Cd	mg/l	0.05
Cinc	Zn	mg/l	25.00
Cobre	Cu	mg/l	0.50
Cromo	Cr <sup>+6</sup>	mg/l	1.00
Mercurio	Hg	mg/l	0.01
Nitratos + Nitritos	N	mg/l	10.00
Nitritos	N-nitritos	mg/l	1.00
Plomo	Pb	mg/l	0.05
Sólidos disueltos	SDT	mg/l	3.000.00

**Fuente:** Consejo Nacional de Recursos Hídricos (CNRH, 2002)

Se debe observar los siguientes límites superiores con respecto a la salinidad, para que el agua no cause disturbios fisiológicos sobre los animales.

**Tabla No. 3** Límites con respecto a la salinidad.

ANIMAL	LÍMITE DE CONCENTRACIÓN mg/l
Pollos	2,860.00
Cerdos	4,290.00
Caballos	6,435.00
Vacas lecheras	7,150.00
Vacas de Carne	10,000.00
Ovejas Adultas	12,900.00

**Fuente:** Consejo Nacional de Recursos Hídricos (CNRH, 2002)

Los datos de la contaminación que sufre la provincia de Tungurahua, a causa de la polución que está presente en los ríos que irrigan nuestros campos, fue motivo de dos reportajes que aparecieron en el Diario El Comercio, los días 27 y 29 de septiembre de 2.009. La región, ocupa las aguas de los ríos: Ambato, Pachanlica, Patate y Cutuchi, que ingresa a través del Canal Latacunga-Salcedo-Ambato para regar los sembríos.

El Río Ambato, recibe la descarga de las aguas servidas que producen más de “120.000 habitantes”. A esto se añade los residuos de 65 curtiembres; los deshechos que producen las fábricas de alimentos; los detritos de tres cromadoras; de 105 lubricadoras de 30 lavadoras de vehículos.

El líquido de este río contiene: boro, cromo, cal, ácido fórmico, sulfato de amonium, aceites, grasas, fungicidas, pesticidas, sosa caustica, sulfato cúprico, ácido sulfúrico, fosfatos, cromo y Coliformes. Con esta agua, se riegan 300 hectáreas de cultivos.

Las aguas de estos afluentes, en su conjunto son utilizadas, para producir: arvejas, cebolla colorada, col, coliflor, fréjol, papas, remolacha, tomate riñón, tomate de árbol, brócoli, choclos, lechuga, culantro, perejil, apio, zanahoria, maíz, aguacates y otras frutas, pastos y alfalfa, entre otros. Estos son los productos que la sociedad consume día a día. Del volumen de esta producción, entregan el “70% a Quito, Guayaquil, Cuenca, la Sierra Central y las Provincias Amazónicas” (CNRH, 2002).

## **2.2 FUNDAMENTACIÓN FILOSÓFICA**

El concepto de paradigma, admite pluralidad de significados y diferentes usos, aquí nos referimos a un conjunto de creencias y

actitudes, como una visión del mundo “compartida” por un grupo de científicos que implica una metodología determinada.

El paradigma es un esquema teórico, o una vía de percepción y comprensión del mundo, que un grupo de científicos ha adoptado.

En esta investigación se aplicó el paradigma Crítico propositivo en razón de que se critica el problema planteado en la descontaminación de las aguas del canal de riego además que identifica el potencial de cambio, emancipación de los sujetos, a partir del análisis de la realidad; a fin de proponer una innovación biológica que permita disminuir el nivel de contaminación. Es decir evidenciando que la práctica es teoría en acción **(LARA, 2009)**.

Este trabajo investigativo está basado en la fundamentación epistemológica, en comprender, identificar y remediar los impactos ambientales, mediante un análisis cualitativo y cuantitativo que permite un desarrollo productivo adecuado y reducir los riesgos sobre la población humana.

La fitoremediación con humedales vegetales permite mejorar las aguas del canal de riego en mención y lo que se va a tener como resultados el mejoramiento del entorno ambiental y de hecho la salubridad de los habitantes del sector, donde se va a cultivar productos agrícolas sanos y descontaminados.

## **2.3 FUNDAMENTACIÓN LEGAL**

La normativa Legal desde mucho tiempo atrás ha existido, lo que ha pasado es que las Instituciones encargadas no las han aplicado.

## **La Constitución Nacional de la República del Ecuador del 2008**

El artículo 411 establece que: El Estado garantizará la conservación, recuperación y manejo integral de los recursos hídricos, cuencas hidrográficas y caudales ecológicos asociados al ciclo hidrológico. Se regulará toda actividad que pueda afectar la calidad y cantidad de agua, y el equilibrio de los ecosistemas, en especial de las fuentes y zonas de recarga de agua.

La sostenibilidad de los ecosistemas y el consumo humano serán prioritarios en el uso y aprovechamiento del agua.

El artículo 412 manifiesta que: La autoridad a cargo de la gestión del agua será responsable de su planificación, regulación y control. Esta autoridad cooperará y se coordinará con la que tenga a su cargo la gestión ambiental para garantizar el manejo del agua con un enfoque ecosistémico.

El artículo 395 de la Constitución de la República del Ecuador del 2008 en el literal 2 dice que las políticas de gestión ambiental se aplicarán de manera transversal y serán de obligatorio cumplimiento por parte del Estado en todos sus niveles y por todas las personas naturales o jurídicas en el territorio nacional.

El artículo 396 del mismo cuerpo legal en su inciso segundo y tercero claramente manifiesta que la responsabilidad por daños ambientales es objetiva. Todo daño al ambiente, además de las sanciones correspondientes, implicará también la obligación de restaurar integralmente los ecosistemas e indemnizar a las personas y comunidades afectadas.

Cada uno de los actores de los procesos de producción, distribución, comercialización y uso de bienes o servicios asumirá la responsabilidad directa de prevenir, cualquier impacto ambiental, de mitigar y reparar los daños que han causado, y de mantener un sistema de control ambiental permanente.

A nivel Cantonal también existen ordenanzas (**MUNICIPIO DE SALCEDO, 2004**) para la protección ambiental, es decir la fundamentación legal es sumamente amplia para poder aplicarla y preservar la Cuenca del río Cutuchi.

### **2.3.1 Criterios Generales para la Descarga de Afluentes**

#### **2.3.1.1 Normas generales para descarga de efluentes, tanto al sistema de alcantarillado, como a los cuerpos de agua TULAS, (2010)**

El regulado deberá mantener un registro de los efluentes generados, indicando el caudal del efluente, frecuencia de descarga, tratamiento aplicado a los afluentes, análisis de laboratorio y la disposición de los mismos, identificando el cuerpo receptor. Es mandatorio que el caudal reportado de los efluentes generados, sea respaldado con datos de producción

Los parámetros de descarga hacia el sistema de alcantarillado y cuerpos de agua (dulce y marina), los valores de los límites máximos permisibles, corresponden a promedios diarios. La Entidad Ambiental de Control deberá establecer la normativa complementaria en la cual se establezca:

La frecuencia de monitoreo, el tipo de muestra (simple o compuesta), el número de muestras a tomar y la interpretación estadística de los resultados que permitan determinar si el regulado cumple o no con los límites permisibles fijados en la presente normativa para descargas a sistemas de alcantarillado y cuerpos de agua.

Se prohíbe la utilización de cualquier tipo de agua, con el propósito de diluirlos afluentes líquidos no tratados.

Las municipalidades de acuerdo a sus estándares de Calidad Ambiental deberán definir independientemente sus normas, mediante ordenanzas, considerando los criterios de calidad establecidos para el uso o los usos asignados a las aguas. En sujeción a lo establecido en el Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación

Se prohíbe toda descarga de residuos líquidos a las vías públicas, canales de riego y drenaje o sistemas de recolección de aguas lluvias y aguas subterráneas. La Entidad Ambiental de Control, de manera provisional mientras no exista sistema de alcantarillado certificado por el proveedor del servicio de alcantarillado sanitario y tratamiento e informe favorable de ésta entidad para esa descarga, podrá permitir la descarga de aguas residuales a sistemas de recolección de aguas lluvias, por excepción, siempre que estas cumplan con las normas de descarga a cuerpos de agua.

Las aguas residuales que no cumplan previamente a su descarga, con los parámetros establecidos de descarga en esta Norma, deberán ser tratadas mediante tratamiento convencional, sea cual fuere su origen: público o privado. Por lo tanto, los sistemas de tratamiento deben ser modulares para evitar la falta absoluta de tratamiento de las aguas residuales en caso de paralización de una de las unidades, por falla o mantenimiento.

Los laboratorios que realicen los análisis de determinación del grado de contaminación de los efluentes o cuerpos receptores deberán haber implantado buenas prácticas de laboratorio, seguir métodos normalizados de análisis y estar certificados por alguna norma internacional de laboratorios, hasta tanto el organismo de acreditación ecuatoriano establezca el sistema de acreditación nacional que los laboratorios deberán cumplir.

Los sistemas de drenaje para las aguas domésticas, industriales y pluviales que se generen en una industria, deberán encontrarse separadas en sus respectivos sistemas o colectores

Se prohíbe descargar sustancias o desechos peligrosos (líquidos-sólidos-semisólidos) fuera de los estándares permitidos, hacia el cuerpo receptor, sistema de alcantarillado y sistema de aguas lluvias.

Se prohíbe la descarga de residuos líquidos sin tratar hacia el sistema de alcantarillado, o hacia un cuerpo de agua, provenientes del lavado y/o mantenimiento de vehículos aéreos y terrestres, así como el de aplicadores manuales y aéreo; recipientes, empaques y envases que contengan o hayan contenido agroquímicos u otras sustancias tóxicas

#### **2.3.1.2 Normas de las Descargas de Efluentes al Sistema de Alcantarillado Público TULAS, (2010)**

Se prohíbe descargar en un sistema público de alcantarillado, cualquier sustancia que pudiera bloquear los colectores o sus accesorios, formar vapores o gases tóxicos, explosivos o de mal olor, o que pudiera deteriorar los materiales de construcción en forma significativa. Esto incluye las siguientes sustancias y materiales, entre otros:

- a. Fragmentos de piedra, cenizas, vidrios, arenas, basuras, fibras, fragmentos de cuero, textiles, etc. (los sólidos no deben ser descargados ni aún después de haber sido triturados).
- b. Resinas sintéticas, plásticos, cemento, hidróxido de calcio.
- c. Residuos de malta, levadura, látex, bitumen, alquitrán y sus emulsiones de aceite, residuos líquidos que tienden a endurecerse.
- d. Gasolina, petróleo, aceites vegetales y animales, hidrocarburos clorados, ácidos, y álcalis.
- e. Fosgeno, cianuro, ácido hidrazoico y sus sales, carburos que forman acetileno, sustancias comprobadamente tóxicas.

El proveedor del servicio de tratamiento de la ciudad podrá solicitar a la Entidad Ambiental de Control, la autorización necesaria para que los regulados, de manera parcial o total descarguen al sistema de alcantarillado efluentes, cuya calidad se encuentre por encima de los estándares para descarga a un sistema de alcantarillado, establecidos en la presente norma. El proveedor del servicio de tratamiento de la ciudad deberá cumplir con los parámetros de descarga hacia un cuerpo de agua, establecidos en esta Norma.

Los responsables (propietario y operador) de todo sistema de alcantarillado deberán dar cumplimiento a las normas de descarga contenidas en esta Norma. Si el propietario, (parcial o total) o el operador del sistema de alcantarillado es un municipio, éste no podrá ser sin excepción, la Entidad Ambiental de Control para sus instalaciones. Se evitará el conflicto de interés.

Las normas locales para descargas serán fijadas considerando los criterios de calidad establecidos para el uso o los usos asignados a las aguas. Las normas guardarán siempre concordancia con la norma técnica nacional vigente, pudiendo ser únicamente igual o más restrictiva y deberán contar con los estudios técnicos y económicos que lo justifiquen.

En los tramos del cuerpo de agua en donde se asignen usos múltiples, las normas para descargas se establecerán considerando los valores más restrictivos de cada uno de los parámetros fijados para cada uno

Los municipios serán las autoridades encargadas de realizar los monitoreos a la calidad de los cuerpos de agua ubicados en su jurisdicción, llevando los registros correspondientes, que permitan establecer una línea base y de fondo que permita ajustar los límites establecidos en esta Norma en la medida requerida.

### **2.3.2 Requisitos de Calidad de Agua para Preservación de Flora y Fauna. RPCCA (1999)**

De acuerdo al mencionado reglamento se tiende por uso del agua para preservación de flora y fauna su empleo en sus actividades destinadas a mantener la vida natural de los ecosistemas asociados, sin causar alteraciones sensibles en ellos, o para actividades que permitan la reproducción, supervivencia, crecimiento, extracción y aprovechamiento de especies bioacuáticas en cualquiera de sus formas, tal como en los casos de pesca y acuicultura

### **2.3.3 Descargas de los Residuos Líquidos.**

En el Reglamento a la Ley para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental (**RPCCA, 1999**) se indican las siguientes disposiciones relacionadas con las descargas de residuos líquidos:

ART. 29: Se prohíbe toda descarga de residuos líquidos a las vías públicas, canales de riego y drenaje o sistemas de recolección de aguas lluvias y acuíferos, de conformidad con lo dispuesto en el código de la salud, la ley de Aguas y su Reglamento y la Ley para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental y el presente Reglamento.

ART. 31: Se prohíbe la utilización de aguas naturales de las redes públicas o privadas y las de aguas lluvias, con el propósito de diluir los efluentes líquidos no tratados.

ART. 33: Se prohíbe la infiltración de efluentes industriales no tratado

ART. 41: Los sedimentos, lodos y sustancias sólidas provenientes de sistemas de potabilización de aguas y de tratamiento de desechos y otras tales como cenizas, cachaza, bagazo y similares, no deberán disponerse en cuerpos de aguas superficiales, subterráneas, marinas, sistemas de alcantarillado.

### **2.3.4 Normas de Descarga a un Cuerpo de Agua. RPCCA (1999)**

Se entiende por “cuerpo de agua” todo río, cauce, acuífero o depósito de agua natural o artificial que sea susceptible de recibir directa o indirectamente la descarga de aguas residuales.

En el Art. 43 del RPCCA, se añaden las normas mínimas que deberá cumplir toda descarga a un cuerpo de agua:

**Tabla No.4: Parámetros para la Descarga a un Cuerpo de Agua.**

PARÁMETROS	EXPRESADO COMO	VALOR MÁXIMO PERMISIBLE
Potencial de Hidrógeno	pH	5 – 9
Temperatura	°C	< 35
Material flotante		Ausencia
Grasas y aceites		Ausencia
Sólidos suspendidos, Domésticos o industriales		Remoción > 80 % en carga.
Demanda Bioquímica de Oxígeno para desechos domésticos o industriales	DBO <sub>5</sub>	Remoción > 80 % en carga.

**Fuente:** Consejo Nacional de Recursos Hídricos (CNRH, 2002)

### 2.3.5 Uso y Calidad del Agua. CNRH (2002)

#### 2.3.5.1 Agua para Riego.

El productor para acceder a la certificación deberá presentar los resultados de análisis físico, químico y microbiológico y demostrar la calidad del agua de riego en cada finca. Las muestras deberán ser tomadas en la finca cada dos años.

- a. Será potestad del Comité el solicitar análisis en casos necesarios. Los resultados no deberán rebasar los límites máximos permisibles de contaminantes especificados.
- b. Si los análisis presentados demuestran que el agua está bajo del límite permitido (50% del máximo), en caso del sistema de riego por

aspersión deberán tomarse medidas correctivas que garanticen la calidad sanitaria de los productos comestibles y eviten las siguientes condiciones:

- El contacto de la parte comestible con agua de riego ( ejemplo acelgas, lechuga, brócoli, fresas, entre otras) sea evitada; y,
  - El riego que facilite la acumulación o retención de agua en hojas o superficies rugosas de las frutas y hortalizas. (ejemplo riego por aspersión y nebulización).
- c. Se prohibirá usar aguas residuales (aguas sucias, servidas, aguas negras) no tratadas para el riego.

#### **2.3.5.2 Agua para Pos Cosecha y Consumo Humano CNRH, (2002).**

- a. Se usará sólo agua segura, que cumpla con las especificaciones microbiológicas, físico químicas y organolépticas.
- b. Si existe dudas sobre la calidad del agua, se realizarán análisis en un laboratorio del Ministerio de Salud Pública o en otro autorizado por el mismo.
- c. Se limpiará regularmente las instalaciones en donde se almacena el agua con tales fines.

#### **2.3.5.3 Agua para Lavado CNRH, (2002)**

- a. En el lavado se deberá utilizar agua que cumpla con las especificaciones microbiológicas y físico químicas, establecidas.

- b. El agua de las tinas de lavado, se cambiará al inicio de las actividades diarias, así como cuando se determine la acumulación de suciedad y sólidos sedimentables.
- c. El uso de agua reciclada en los procesos de lavado y enfriamiento, sólo se dará cuando ésta se someta a tratamiento y se asegure la reducción de contaminantes biológicos, químicos y físicos.
- d. Par el lavado de las frutas y hortalizas, será necesario medir y controlar la temperatura, el tiempo de contacto con el agua de lavado.
- e. En la medida de lo posible, se deberá utilizar productos biodegradables para la limpieza y desinfección de los equipos, maquinarias, utensilios, así como de los productos.

### **2.3.6 Ley de Prevención Y Control De La Contaminación Ambiental (LPCCA, 2004).**

En los artículos que se cita a continuación de esta Ley, se determina que hay que cumplir con esta normativa para la prevención y control ambiental

#### **2.3.6.1 De la Prevención y Control de la Contaminación de las Aguas**

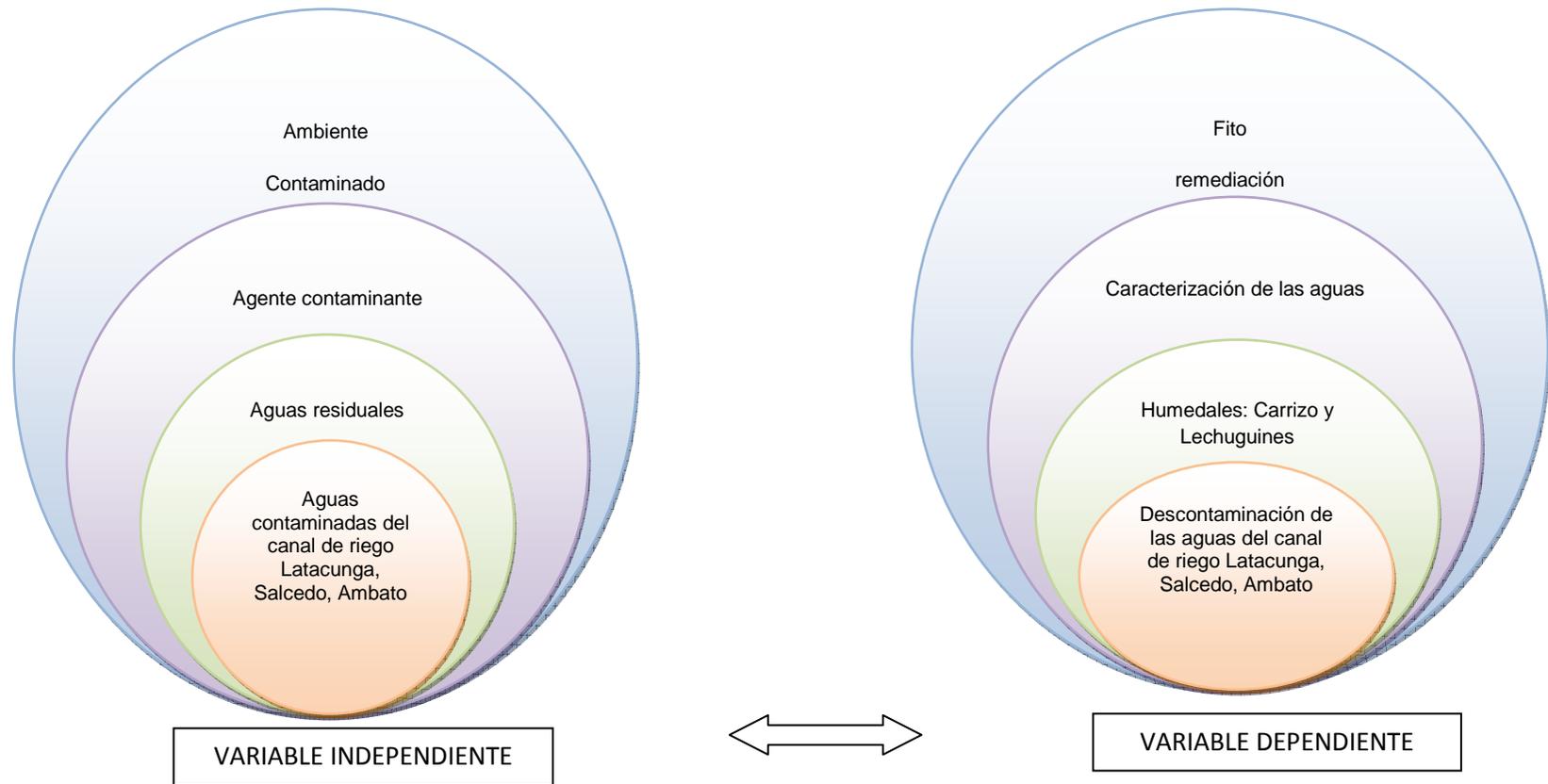
Art. 6.- Queda prohibido descargar, sin sujetarse a las correspondientes normas técnicas y regulaciones, a las redes de alcantarillado, o en las quebradas, acequias, ríos, lagos naturales o artificiales, o en las aguas marítimas, así como infiltrar en terrenos, las aguas residuales que contengan contaminantes que sean nocivos a la salud humana, a la fauna, a la flora y a las propiedades.

Art. 7.- El Consejo Nacional de Recursos Hídricos, en coordinación con los Ministerios de Salud y del Ambiente, según el caso, elaborarán los proyectos de normas técnicas y de las regulaciones para autorizar las descargas de líquidos residuales, de acuerdo con la calidad de agua que deba tener el cuerpo receptor.

Art. 8.- Los Ministerios de Salud y del Ambiente, en sus respectivas áreas de competencia, fijarán el grado de tratamiento que deban tener los residuos líquidos a descargar en el cuerpo receptor, cualquiera sea su origen.

Art. 9.- Los Ministerios de Salud y del Ambiente, en sus respectivas áreas de competencia, también, están facultados para supervisar la construcción de las plantas de tratamiento de aguas residuales, así como de su operación y mantenimiento, con el propósito de lograr los objetivos de esta Ley.

## 2.4 CATEGORÍAS FUNDAMENTALES



**Figura N° 2** Categorías Fundamentales.

**Elaborado por:** César Pozo

## **2.4.1 Variable Independiente**

### **2.4.1.1 Aguas Contaminadas del Canal de Riego Latacunga – Salcedo – Ambato.**

La Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua define como aguas contaminadas todas aquellas que tienen presencia de agentes contaminantes en concentraciones y permanencia superiores o inferiores a las establecidas en la legislación vigente capaz de deteriorar su calidad **(TULAS LIBRO VI, 2010)**.

Las aguas del Río Cutuchi están altamente contaminadas ya que en todo su cauce desde el sector de Laso Provincia del Cotopaxi recibe efluentes de aguas servidas, fábricas, hospitales, establos, mataderos, etc., sin ningún tratamiento previo, para luego formar el canal de riego Latacunga-Salcedo-Ambato a partir del sector sur de la ciudad de Latacunga.

El problema de agrava en dicho momento ya que recibe un volumen diario de 30.000 m<sup>3</sup> de aguas servidas de uso doméstico, aguas residuales de algunas fabricas de alimentos, entre estas lecheras y cárnicas; del Hospital General y del Seguro Social, camal municipal a más de la contaminación por actividades agrícolas **(CNRH, CODERECO, COHIEC, 2002)**

### **2.4.1.2 Aguas Residuales.**

La Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua. El agua Residual es una agua de composición variada proveniente de las descargas de usos municipales, industriales, comerciales o de servicios, pecuarios, domésticos, incluyendo

fraccionamiento y en general de cualquier otro uso, que hayan sufrido degradación en su calidad original (**TULAS, LIBRO VI, 2010**)

**MARSILLI. A, (2005)** Las aguas residuales procedentes de las instalaciones de fábricas, hospitales, clínicas y de uso diario del hombre pueden registrar un contenido orgánico y una demanda biológica (DBO) y química (DQO) de oxígeno considerables. Asimismo, esto puede contribuir a la existencia de grandes cargas orgánicas en las aguas residuales.

Las aguas residuales también pueden contener ácidos, álcali y detergentes con cierto número de ingredientes activos y desinfectantes, incluidos compuestos de cloro, peróxido de hidrógeno y amonio cuaternario.

Las aguas residuales también pueden presentar una notable carga microbiológica además de virus y bacterias patógenas.

Se recomienda las siguientes técnicas para prevenir la contaminación de la corriente de aguas residuales: Evitar, fugas, cambios excesivos y paradas) mediante la adopción de buenos procedimientos y mantenimiento de las instalaciones.

Instalar mallas para reducir o evitar la introducción de materiales sólidos en el sistema de drenaje de las aguas residuales, de aguas de proceso y aguas contaminadas debe mantenerse separado en las áreas de proceso y verterse directamente en una planta de tratamiento y/o sistema de alcantarillado municipal. Los conductos y depósitos contarán con su propio sistema de drenaje, implementándose los procedimientos adecuados para el vertido del producto antes o a la vez que los procedimientos de limpieza. De conformidad con los requisitos sanitarios, reciclar las aguas de proceso, incluidos los condensados originados en

los procesos de evaporación, para los sistemas de precalentamiento y recuperación de calor y los procesos de calefacción y refrigeración, reduciendo así el consumo de agua y energía.

Adoptar las mejores prácticas para la limpieza de las instalaciones, empleando para ellos sistemas manuales o automatizados de limpieza in situ y sustancias químicas y/o detergentes aprobados cuyo impacto ambiental sea mínimo y cuyo uso sea compatible con los procesos subsiguientes de tratamiento de aguas residuales.

#### **2.4.1.2.1 Tratamiento de Aguas Residuales en Procesos.**

Las técnicas empleadas para tratar las aguas residuales de procesos industriales incluyen filtros de grasa, espumaderas o separadores de aceite / agua para separar los sólidos flotantes; la ecualización de flujo y carga; la sedimentación destinada a reducir los sólidos en suspensión mediante el empleo de clarificadores; el tratamiento biológico, normalmente aeróbico, para reducir la materia orgánica soluble (DOB); la eliminación de nutrientes biológicos para reducir el nitrógeno y el fósforo; la cloración de los efluentes siempre que sea necesario realizar la desinfección; la deshidratación y eliminación de residuos, en algunos casos, podrá realizarse el compostaje o aplicar en el terreno residuos de aguas residuales previamente tratadas y de calidad aceptable. Puede ser necesario implementar controles de ingeniería adicionales para contener y neutralizar los olores molestos opcionales de tratamiento que contribuyen a un incremento de los niveles en las aguas residuales.

#### **2.4.1.3 Agente Contaminante**

La Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua. Manifiesta que es llamado también contaminante o

pululante, y es toda sustancia, elemental o molecular, natural o de síntesis artificial, o aporte energético o de materia ionizante, que es incorporado a los ambientes naturales, artificializados y/o antrópicos, como residuos de actividades humanas, de cualquier naturaleza, es decir lo que contamina **(TULAS, LIBRO VI, 2010)**.

La Producción Más Limpia es, según el PNUMA (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente), la aplicación continua de una estrategia ambiental preventiva integrada a los procesos, a los productos y a los servicios para aumentar la eficiencia total y reducir los riesgos a los seres humanos y al ambiente

La reducción de los impactos ambientales, en la salud durante el total de su ciclo de vida, implica la incorporación de las preocupaciones ambientales en el diseño y entrega de los servicios. Describe un acercamiento preventivo a la gestión ambiental. No es ni una definición legal ni científica que se pueda diseccionar, analizar o someter a disputas teóricas. Es un amplio término que abarca lo que algunos países e instituciones llaman: ecoeficiencia, minimización de residuos, prevención de la contaminación, o productividad verde, aunque también incluye algo extra. Por lo que hay que:

- Reducir el volumen de residuos que se generan.
- Ahorrar recursos y materias primas.
- Ahorrar costos de tratamiento.
- Innovar en tecnología.
- Mejorar los procesos.
- Implementar buenas prácticas operativas.
- Reutilización y reciclaje.

El enfoque hacia la gestión del medio ambiente requiere un planteamiento jerárquico para las prácticas de manejo de contaminantes.

Solamente cuando las técnicas de prevención han sido adoptadas se puede usar las opciones de reciclaje. Sólo cuando los residuos son reciclados tanto como sea posible debe considerarse el tratamiento de residuos.

#### **2.4.1.4 Ambiente Contaminado**

La Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua. Es aquel ambiente que por efecto de acciones del hombre y / o las mujeres, la concentración de un elemento, sustancia o intensidad de energía aportada exceda el nivel máximo permisible para ese elemento, sustancia o energía. Asunto que se pretende definir en normas de calidad ambiental. Es el ambiente donde se ha sobrepasado la capacidad para reciclar los contaminantes, por lo que puede desencadenarse efectos negativos (**TULAS, LIBRO VI 2010**).

Hay que incentivar para que se dé campañas de capacitación sobre los impactos de aguas residuales y los efectos de las aguas residuales en la flora y fauna que existen en dichas aguas. Para que de esta manera todos tengan conocimiento de la forma como se deben manejar las aguas residuales y así tener un ambiente sano y saludable.

#### **2.4.2 Variable Dependiente**

##### **2.4.2.1 Fitoremediación**

La Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua expresa que la Fitoremediación es la descontaminación de los suelos, la depuración de las aguas residuales o la limpieza del aire interior, usando plantas vasculares, además que es una tecnología de bajo costo (**TULAS, LIBRO VI 2010**).

El término fitoremediación hace referencia a una serie de tecnologías que se basan en el uso de plantas para limpiar o restaurar ambientes contaminados, como aguas, suelos, e incluso aire. Es un término relativamente nuevo, acuñado en 1991. Se compone de dos palabras, fito que en griego significa planta o vegetal, y remediar (del latín *remediare*), que significa poner remedio al daño, o corregir o enmendar algo. Fitoremediación significa remediar un daño por medio de plantas o vegetales.

De manera más completa, la fitoremediación puede definirse como una tecnología sustentable que se basa en el uso de plantas para reducir insitu la concentración o peligrosidad de contaminantes orgánicos e inorgánicos de suelos, sedimentos, agua, y aire, a partir de procesos bioquímicos realizados por las plantas y microorganismos asociados a su sistema de raíces que conducen a la reducción, mineralización, degradación, volatilización y estabilización de los diversos tipos de contaminantes **(NÚÑEZ, 2004)**.

**CUSATO (2002)** considera que la fitoremediación es una tecnología innovadora para el tratamiento de residuos tóxicos- sólidos o líquidos- con el objeto de recuperar suelos y aguas contaminadas en todo el mundo.

También despierta interés, para los fines descritos, el sistema de asociación de plantas con los organismos de la rizósfera, con base en sus formas de vida, las plantas utilizadas en los sistemas de fitoremediación 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 (*Phragmites australis*), platanillo (*Sagitaria latifolia*) y tule (*Thypa dominguensis*).

**Flotantes:** se subdividen en dos grupos:

**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*).

**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 (*Phyllospadix torreyi*) (MEAS, 2004).

Cualquiera que sea el sistema, este consiste en una o más lagunas poco profundas en las que se cultivan plantas tolerantes, predomina la presencia de micrófitos en lugar de algas; entonces el agua residual es tratada principalmente por el metabolismo bacteriano y la sedimentación física

## **2.4.2.2 Caracterización De Las Aguas**

Es necesario conocer los contaminantes presentes con el fin de aplicar un tratamiento adecuado que evite la degradación y contaminación de los cauces es lo que se conoce como caracterización.

### **2.4.2.2.1 Análisis Físico – Químicos**

Estos índices permiten la comparación, si son obtenidos por el mismo método matemático analítico, entre diferentes muestras de aguas tomadas en distintos lugares y épocas. También consiguen de forma rápida y resumida obtener otros resultados, tales como realizar el estudio de la evolución del estado de una determinada agua a lo largo del tiempo, y comprobar la adecuada o no política de gestión ambiental de dicha agua:

#### **a. Temperatura**

Se deberá medir al momento de la toma de muestra para lo cual se introducirá un termómetro en la muestra hasta una profundidad determinada (25 cm) y se esperara hasta que la lectura sea constante. 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 20°C, facilita así el desarrollo de una fauna bacteriana y una flora autóctona, ejerciendo una acción amortiguadora frente a la temperatura ambiente, tanto en verano como en invierno, y en cualquier tipo de tratamiento biológico. La temperatura afecta a parámetros o características tales como:

- Solubilidad de gases y sales. (Ley de Henry y Curvas de solubilidad)

- Cinética de las reacciones químicas y bioquímicas, aumento de la velocidad de reacción con la temperatura. (Ley de Vant'Hoff)
- Desplazamientos de equilibrios químicos, un aumento de la temperatura los desplaza en el sentido en que son endotérmicos. (Principio de Le Chatelier).
- Tensión superficial.
- Desarrollo de organismos presentes en el agua.

La influencia más interesante va a ser la disminución de la solubilidad del Oxígeno al aumentar la temperatura, y la aceleración de los procesos de putrefacción (**OROZCO, 2005**).

#### **b. Potencial Hidrógeno**

El pH del agua pura es de 7 a 25°C. Como consecuencia de la presencia de ácidos y bases y de la hidrólisis de las sales disueltas, el valor del pH puede disminuir o aumentar. La presencia de sales de bases fuertes y ácidos débiles como  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  incrementa el pH. Sales de bases débiles y ácidos fuertes como  $\text{CaCl}_2$  produce disminución del mismo.

El pH causa destrucción de la vida acuática a niveles de  $\text{pH} < 4$  de todos los vertebrados, muchos invertebrados y microorganismos, así como la mayoría de las plantas superiores, con aguas con  $\text{pH} < 6$  pueden causar graves corrosiones en cañerías, buques, embarcaderos y otras estructuras, si el agua rebasa los límites de pH entre 4,5 y 9 causa problemas al suelo y destrucción de las cosechas. Un agua ácida ( $\text{pH} < 4,5$ ) aumenta la solubilidad de sales de hierro, aluminio, magnesio y otros metales que pueden resultar tóxicos para las plantas. Un pH muy

básico puede inmovilizar algunos oligoelementos esenciales (**OROZCO, 2005**).

#### **c. Sólidos Disueltos Totales**

El término sólidos hace alusión a materia suspendida o disuelta, en un medio acuoso. La determinación de sólidos disueltos totales mide específicamente el total, de residuos sólidos filtrables (sales y residuos orgánicos) a través de una membrana con poros de 2.0 micras o más pequeños. Los sólidos disueltos pueden afectar, adversamente la calidad de un cuerpo de agua o un efluente de varias formas. Agua para el consumo humano, con un alto contenido de sólidos disueltos, son por lo general de mal agrado para el paladar y pueden inducir una reacción fisiológica adversa en el consumidor.

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).

#### **d. Conductividad**

Se denomina conductividad de un agua a la aptitud de esta para transmitir la corriente eléctrica y es lo contrario de la resistencia, definida como la conductancia de una columna de agua comprendida entre dos electrodos metálicos de 1cm<sup>2</sup> de superficie y separados el uno del otro por 1cm.

La conductividad depende de la actividad y tipo de los iones disueltos y de la temperatura a la que se realiza la medida, debiéndose

referir a la temperatura de 20°C. La unidad de medición utilizada comúnmente es el

Siemens/cm (S/cm), con una magnitud de 10 elevado a -6, es decir micro Siemens/cm ( $\mu\text{S/cm}$ ), o en 10 elevado a -3, es decir, mili Siemens (mS/cm) **(HERRERA, 2010)**

**Tabla N°5** Caracterización del agua por el valor de la conductividad

CALIDAD DEL AGUA	Pura	Poco Contaminada	Contaminada	Muy Contaminada	Excesivamente Contaminada
CONDUCTIVIDAD (us/cm)	<280	280 - 430	430-600	600-860	>860

**Fuente:** Herrera, 2010

#### e. **Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)**

Es la cantidad de oxígeno disuelto requerido por los microorganismos para la oxidación aerobia de la materia orgánica biodegradable presente en el agua. El DBO 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.

La DBO es el parámetro más usado para medir la calidad de aguas residuales y superficiales, para determinar la cantidad de oxígeno requerido para estabilizar biológicamente la materia orgánica del agua, para diseñar unidades de tratamiento biológico, para evaluar la eficiencia de los procesos de tratamiento y para fijar las cargas orgánicas permisibles en fuentes receptoras **(ROMERO, 2002)**.

#### f. **Demanda Química de Oxígeno\* (DQO)**

La demanda química de oxígeno es la cantidad de oxígeno consumido por las materias orgánicas existentes en el agua y oxidables en condiciones operatorias definidas. De hecho, la medida corresponde a una estimación de la materia oxidable presente en el agua, cualquiera que sea su origen orgánico o mineral (hierro ferroso, nitritos, amoníaco, sulfuros y cloruros). La DQO está en función de las características de la materia presente, de sus proporciones respectivas, de las posibilidades de oxidación, etc. Por lo que es bien evidente que la reproducibilidad de los resultados y su interpretación no podrán ser satisfactorias más que en las condiciones de metodología bien definidas y estrictamente respetadas.

Se ha establecido en algunos casos una relación tosca entre la DBO y la DQO pero como la oxidación química y oxidación biológica son procesos diferentes pueden diferir mucho en los resultados.

- $DBO_5 / DQO < 0,2$  indican la presencia predominante de contaminantes de naturaleza orgánica no biodegradable.
- $DBO_5 / DQO > 0,6$  señalan la presencia predominante de contaminación orgánica de naturaleza biodegradable (**ROMERO, 2002**).

#### g. **Nitrógeno total**

Varios compuestos de nitrógeno son nutrientes esenciales. Su presencia en las aguas en exceso es causa de eutrofización. 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 Kjendahl) que incluye el nitrógeno orgánico y el amoniacal. El contenido en nitratos y nitritos se da por separado. Tienen un papel fundamental en el deterioro de las masas acuáticas. Su

presencia en las aguas residuales es debida a los detergentes y fertilizantes, principalmente. El nitrógeno orgánico también es aportado a las aguas residuales a través de las excretas humanas.

La forma predominante de nitrógeno en aguas residuales domesticas frescas es el nitrógeno orgánico; las bacterias rápidamente descomponen el nitrógeno orgánico en nitrógeno amoniacal y, si el medio es aerobio, en nitritos y nitratos. El predominio de los nitratos indica que el residuo se ha estabilizado con respecto a su demanda de oxígeno. Los nitratos, sin embargo, utilizados por las algas y otros organismos acuáticos para formar proteínas y, por ello, puede necesitarse la remoción del nitrógeno para prevenir dichos crecimientos.

En los intestinos humanos el nitrato es reducido a nitrito, absorbido por el torrente sanguíneo y causante de la metahemoglobina infantil o de la formación de nitrosaminas, las cuales son cancerígenas (**AGUILAR, 2001**).

#### **h. Fósforo total**

El fósforo, como el nitrógenos, es nutriente esencial para la vida. El fósforo disuelto en el agua puede proceder de ciertas rocas o del lavado de los suelos, así como de fertilizantes utilizados en agricultura o detergentes. El fósforo es un elemento muy importante para el desarrollo vegetal, pero de igual manera, un exceso de fósforo en las aguas puede desencadenar problemas de eutrofización (**MEDINA, 2006**)

El fósforo total incluye distintos compuestos como diversos orto fosfatos, poli fosfatos y fósforo orgánico. La determinación se hace convirtiendo todos ellos en ortofosfatos que son los que se determinan por análisis químico. El fósforo puede encontrarse en las aguas residuales disuelto o en partículas, ya sea en compuestos orgánicos o inorgánicos.

Para liberar el fósforo que está combinado en la materia orgánica, es preciso someter la muestra de agua a un proceso de digestión ácida. Tras la digestión, el fósforo está en forma de orto fosfatos, que se determinan por métodos colorimétricos.

#### **i. Detergentes**

Los detergentes después de ser utilizados en la limpieza doméstica e industrial son arrojados a las alcantarillas de las aguas residuales y se convierten en fuente de contaminación del agua.

Los detergentes producen espumas y añaden fosfato al agua (eutrofización). Disminuyen mucho el poder auto depurador de los ríos al dificultar la actividad bacteriana. También interfieren en los procesos de floculación y sedimentación en las estaciones depuradoras.

Los detergentes son semejantes a los jabones porque tienen en su molécula un extremo iónico soluble en agua y otro extremo no polar que desplaza a los aceites. Los detergentes tienen la ventaja, sobre los jabones, de formar sulfatos de calcio y de magnesio solubles en agua, por lo que no forman coágulos al usarlos con aguas duras. Además como el ácido correspondiente de los sulfatos ácidos de alquilo es fuerte, sus sales (detergentes) son neutras en agua.

Los detergentes son productos que se usan para la limpieza y están formados básicamente por un agente tensoactivo que actúa modificando la tensión superficial disminuyendo la fuerza de adhesión de las partículas (mugre) a una superficie; por fosfatos que tienen un efecto ablandador del agua y floculan y emulsionan a las partículas de mugre, y algún otro componente que actúe como solubilizante, blanqueador, bactericida, perfumes, abrillantadores ópticos (tinturas que dan a la ropa el aspecto de limpieza), etc.

Los detergentes son productos químicos sintéticos que se utilizan en grandes cantidades para la limpieza doméstica e industrial y que actúan como contaminantes del agua al ser arrojados en las aguas residuales.

El poder contaminante de los detergentes se manifiesta en los vegetales acuáticos inhibiendo el proceso de la fotosíntesis originando la muerte de la flora y la fauna acuáticas. A los peces les produce lesiones en las branquias, dificultándoles la respiración y provocándoles la muerte.

#### **j. Color**

El agua 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. Se debe diferenciar el color aparente, que es el que presenta el agua bruta, del denominado color verdadero, que es el que se presenta cuando se ha eliminado la materia en suspensión.

El color de los efluentes urbanos produce ciertos efectos sobre las aguas de aplicación cuando se siguen sistemas agrarios de tratamiento de las aguas residuales. Generalmente, la coloración es indicadora de la concentración y composición de las aguas contaminadas, y puede variar del gris al negro. En la medida que éste es más intenso, la capacidad de absorción de energía solar es mayor, y ello redundará en una ligera elevación de la temperatura del suelo (**SEOANEZ, 2007**).

#### **k. Olor**

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 muy fuertes al agua, aunque estén en muy pequeñas concentraciones **(SEOANEZ, 2007)**

#### **2.4.2.2.2 Análisis Microbiológicos**

Los índices biológicos, tienen en general una metodología analítica más dificultosa, permiten sin embargo, un estudio de la influencia real de la contaminación de las aguas sobre el ecosistema acuático. De forma paralela al estudio de índices físico-químicos para valorar la contaminación de un agua, se ha desarrollado una metodología basada en el factor biológico de las aguas, que tiene el gran interés de ser un factor integrador de todos los restantes que afectan a la calidad. Se basa en determinar la influencia de la contaminación en la composición y estructura de las comunidades biológicas que viven en las aguas y los cambios que se producen en las mismas.

##### **a. Índice de Coliformes Totales**

Su hábitat natural es el intestino humano y su presencia en el río indica contaminación cloacal. Para que el agua sea potable no debe tener más de 2/100 ml (dos bacterias cada 100 mililitros) y para que un río sea factible de potabilizar no puede superar los 5.000/ml.

Los microorganismos comprenden todas las bacterias en forma de bacilos aerobios y anaerobios facultativos, gran Negativos no esporulados, que pueden desarrollarse en inhibición del crecimiento y fermentan la lactosa con la producción de ácido y gas a una temperatura de 35°C en un periodo de 24 a 48 horas **(ROMERO, 2007)**.

Los microorganismos que están presentes en las aguas residuales son muy diversos, sin embargo, la determinación del número más probable de microorganismos (NMP) Coliformes Fecales y Coliformes Totales en 100 ml de muestra da un indicio del grado de contaminación del agua residual. El Método de Numero Más Probable (NMP) es una estrategia eficiente de estimación de densidades poblacionales especialmente cuando una evaluación cuantitativa de células individuales no es factible.

La técnica se basa en la determinación de presencia o ausencia (pos o neg) en réplicas de diluciones consecutivas de atributos particulares de microorganismos presentes en muestras de agua **(SOLEIDAD, 2009)**.

#### **b. Índice de Coliformes fecales**

Comprende todas las bacterias en forma de bacilos aerobios y anaerobios facultativos gran Negativos no esporulados, que pueden desarrollarse en presencia de sales biliares u otros agentes tenso activos con similares propiedades de inhibición del crecimiento y fermentan lactosa con la producción de ácido y gas a una temperatura de  $44.5\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0.2^{\circ}\text{C}$  en menos de  $24 \pm 2$  horas.

En aguas residuales se usa el ensayo de Coliformes fecales como indicador de contaminación, los cuales constituyen los mejores indicadores de la presencia posible de patógenos. Dentro del grupo de Coliformes se considera a *Escherichia coli* de origen fecal exclusivamente, y por ello es el organismo indicador preferido de contaminación fecal. Un indicador más secundario, que se determine habitualmente, son los estreptococos fecales, cuya presencia es fácil de detectar (aunque en menor número que los Coliformes) en aguas recientemente contaminadas **(ROMERO, 2007)**.

### **2.4.2.3 Humedales: Carrizo y Lechuguines**

#### **2.4.2.3.1 Humedal Vegetal**

Es un sistema de tratamiento de agua residual (Estanque o Cauce) poco profundo construido por el hombre en el que se han sembrado plantas acuáticas. Estas especies vegetales nos ayudan a la descontaminación por medio de microorganismos de la rizósfera de las plantas acuáticas y absorción de los componentes del agua residual.

La descontaminación de las aguas residuales urbanas, industriales, lluvias y agrícolas es uno de los retos ecológicos más importantes hoy en día. La denominada "fitodepuración" aprovecha la capacidad de reducir o eliminar contaminantes de algunas plantas presentes en los humedales, por medio de una serie de procesos físicos, químicos y biológicos.

Existen una serie de plantas acuáticas que ejercen una depuración directa de sustancias contaminantes, como nitratos y fosfatos o microorganismos patógenos. Los carrizos, juncos, enneas o esparganios son plantas acuáticas de los humedales capaces de degradar la materia orgánica del entorno; en este sentido, actúan a manera de filtro, como sumidero de sedimentos y precipitados, y como motor biogeoquímico que recicla y transforma nutrientes.

Los humedales artificiales suelen consistir en estanques o canales de poca profundidad, normalmente de menos de un metro, donde se ubican las especies vegetales acuáticas encargadas de los procesos naturales de depuración; estas instalaciones cuentan además con canalizaciones y sistemas de aislamiento del suelo para no contaminar los ecosistemas adyacentes.

Básicamente se diferencian 2 tipos básicos de humedales artificiales, según el tipo de planta y la localización de su sistema radicular (el conjunto de las raíces): enraizadas en el suelo del humedal (sistemas de flujo superficial) o en lechos de grava o arena por los que se hace circular el agua residual (sistema subsuperficial).

Las ventajas de los humedales artificiales son diversas, entre las cuales se pueden citar: integración en el medio ambiente de manera natural, por lo que su impacto visual es bajo; capacidad depuradora eficaz de aguas residuales con contaminación principalmente orgánica; así como costos bajos y un mantenimiento sencillo.

Su uso es especialmente adecuado para el tratamiento de aguas residuales de pequeñas poblaciones, que suelen ofrecer un bajo costo del terreno y mano de obra poco tecnificada. Asimismo, el aumento de estos sistemas naturales de depuración puede dar lugar a una importante actividad agrícola futura, basada en el desarrollo de cultivos específicos de este tipo de plantas (NÚÑEZ, 2004).

#### **2.4.3.2 El Carrizo (*Arundo donax*)**

Es una planta cuyas raíces ayudan a la eliminación de microorganismos patógenos, retención de nutrientes y remoción de minerales.

Es una planta herbácea interesante que actúa de forma tapizante, con sus rizomas es un sistema natural efectivo.

Esta especie protege a 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.

Nombre común: Carrizo, caña común, caña brava, junco gigante falso bambú, bardiza, caña cañavera, caña común, caña gigante, caña grande de huertas, caña licera, caña macho, caña silvestre, caña vana, cañavera, caña vulgar, cañizo, guisopo(inflorescencia).lata, licera.

Descripción Botánica y Morfológica: *Arundo donax* la caña común o caña brava es una especie de planta herbácea perteneciente a la familia Poaceae; planta semejante al bambú, del que se diferencia porque cada nudo sale una única hoja que envaina el tallo.

Es una planta que alcanza hasta 6m de altura, tiene tallo grueso y hueco. Las hojas lanceoladas son largas de 5-7 cm que envuelven el tallo en forma de láminas verdes brillante y de 30 a 60 cm de largo; panícula hasta de 1 m de largo o más, con ramas ascendentes, muy delgadas, con las flores laxamente dispuestas, de hasta 30 cm de largo; espiguillas de 10 a 14 mm de largo, estrechas, glumas glabras, frágiles; lemas(incluyendo los dientes y aristas) frágiles, los pelos suaves, blanquecinos, de 6 a 8 mm de largo; anteras de 3 mm de largo. Floración, final del verano y otoño. Crece cerca del agua con raíz larga y rastrera.

## **Taxonomía:**

Clasificación Científica.

Reino: Plantae  
División: Magnoliophyta  
Clase: Liliopsida  
Orden: Poales  
Familia: Poaceae  
Subfamilia: Arundinoideae  
Tribu: Arundineae  
Género: *Arundo*  
Especie: *donax*  
Nombre binomial: *Arundo donax*

**Arundo:** nombre latino antiguo de la “caña”.

**donax:** nombre latino y griego de una especie de “caña”, que en principio se usó como nombre genérico, pero que resultó ser sinónimo de *Arundo* (JORDÁN, 2006).

### **2.4.2.3.3 EL LECHUGUÍN (*Eichhornia crassipes*)**

Pertenece a la familia de las Pontederiáceas es una especie flotante de raíces sumergidas, carece de tallo aparente, provista 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 parece una vejiga llena de aire, mediante la que el vegetal puede mantenerse sobre la superficie acuática.

La biomasa muerta de Lechuguín es una buena alternativa para el tratamiento de aguas residuales contaminadas con  $\text{Cr}^{6+}$  y  $\text{Pb}^{+}$  debido a su bajo costo y su alta eficiencia.

La planta se extiende lateralmente hasta recubrir toda la superficie del agua y llega a medir entre 0,5 y 1,2 m desde la parte superior hasta la raíz, es la octava planta con crecimiento m.as rápido del mundo **(OBANDO, 2006)**.

### **Reproducción.**

Su reproducción es asexual y sexual. Sus flores son atractivas y grandes de color violeta claro, agrupadas en espigas.

Se reproduce por propagación vegetativa, las semillas suelen ser una importante fuente de rebrote una vez que son eliminadas las plantas adultas.

Según un estudio científico dos plantas madres producen 300 plantas hijas en 23 días y 12000 en 4 meses **(MARIDUEÑA, L. 1997)**.

### **Parámetros de crecimiento.**

Los factores que afectan su crecimiento son:

1. Eficiencia de utilización de la energía solar por parte de la planta.
2. La composición del agua en materia de nutrientes.

**Taxonomía.**

Reino:	Vegetal
División:	Spermatophytas
Subdivisión:	Angiospermae
Clase:	Monocotyledoneae (1 cotiledón)
Subclase:	Lihidae
Orden:	Pontederiales
Familia:	Pontederiaceae
Género:	<i>Eichhornia</i>
Especie:	<i>crassipes</i>

**Fuente:** By A, W. Pieter. Department of Agricultural.  
Research of Royal Tropical Institute Amsterdam.

**2.4.2.4 Descontaminación de las Aguas del Canal de Riego  
Latacunga – Salcedo – Ambato.**

Se refiere a reducir los contaminantes del vertido y convertirlo en inocuo para el medio ambiente, existen varios métodos de tratamiento para este fin.

Los sistemas que utilizan plantas macrofitas acuáticas se basan en un Monocultivo o policultivo de plantas superiores (macrofitas) dispuestas en Lagunas, tanques o canales poco profundos. Aunque realizan normalmente tratamientos terciarios del agua que reciben, pueden incluso llegar a realizar tratamientos secundarios. Las propias plantas suministran el oxígeno al proceso de descontaminación que se realiza en el sistema radicular. Las propias plantas degradan, absorben y asimilan en sus tejidos los contaminantes, pero también proporcionan una extensa superficie donde se posibilita el crecimiento bacteriano y se filtran los elementos sólidos en suspensión (**POLÍTICA DE AGUAS, 2005**).

Los diferentes sistemas de descontaminación que utilizan macrofitas acuáticas se clasifican en:

Sistema de macrofitas emergentes de flujo superficial: este sistema y el siguiente utilizan plantas enraizadas y tolerantes al encharcamiento. Suelen ser vivaces y sus hojas se secan en invierno, rebrotando en primavera a partir de rizomas, como los carrizos (*Phragmites* sp.), juncos (*Scirpus* sp.) o eneas (*Typha* sp.) En los sistemas de flujo superficial la eliminación de contaminantes se produce por reacciones que tienen lugar en el agua y en la zona superior de contacto, ya que por las raíces circula una escasa cantidad de agua residual, por lo que su potencial de descontaminación es muy restringido (**POLÍTICA DE AGUAS, 2005**).

Sistema de macrofitas emergentes de flujo subsuperficial Similar al anterior, utiliza una capa de grava o de suelo por donde circula el agua por gravedad. Se obliga a pasar toda el agua residual por las raíces, lo que incrementa enormemente el rendimiento depurativo. Su mayor inconveniente es la rápida colmatación del terreno con el paso de los años, ya sea por las propias raíces y rizomas o por los sólidos sedimentados. Eliminar los contaminantes significa entonces destruir el sistema (**POLÍTICA DE AGUAS, 2005**).

Sistema de macrofitas flotantes: utilizan especies que son flotantes de forma natural, como las lentejas de agua (*Lemna*, *Wolffia*, *Spirodella*) el helecho (*Azolla* sp. ), el Jacinto de agua (*Eichornia crassipes*), o los nenúfares (*Victoria regia*). Estos sistemas tienen la ventaja de que el contacto entre las raíces y el agua residual es total y presenta una gran superficie. Sin embargo, estas especies no alcanzan un gran tamaño y su producción de biomasa es limitada, lo cual reduce su valor depurativo absoluto, aunque absorben grandes cantidades de nitrógeno y fósforo.

Sin embargo, son muy efectivos cuando las concentraciones de materia orgánica y de sólidos disueltos son bajas (**POLÍTICA DE AGUAS, 2005**).

Sistema de Filtro de Macrofitas en Flotación: este sistema utiliza macrofitas de tipo emergente, que de forma natural se encuentran enraizadas en el terreno, pero que aquí se transforman artificialmente en flotantes. Se trata de un método novedoso que combina las ventajas de los sistemas flotantes y los de macrofitas emergentes, eliminando o reduciendo sus inconvenientes.

El sistema es capaz de realizar un tratamiento terciario de los efluentes secundarios de sistemas de depuración convencionales eliminando elementos eutrofizantes, especialmente fósforo y nitrógeno. Efectúa un tratamiento secundario descomponiendo la materia orgánica por medio de los microorganismos adheridos al sistema radicular de las plantas, y también favorece la disminución de sólidos en suspensión al quedarse adheridos en el entramado de raíces.

Algunas especies de plantas emergentes tienen la capacidad de absorber cantidades importantes de metales pesados o descomponer fenoles, por lo que el sistema es también válido para tratar vertidos industriales. La profundidad de los mismos varía entre los 25 y 75 cm. Las plantas deben ser en lo posible autóctonas de la región y se disponen de tal forma que sus raíces, rizomas, y parte del tallo, se encuentren sumergidos.

Se ha trabajado especialmente con carrizos (*Phragmites sp.*), esparganios (*Sparganium sp.*), juncos (*Scirpus*, *Schoenus*), lirio de agua (*Iris pseudocorus*) y espadañas o enneas (*Typha sp.*). Al crecer flotando, estas especies forman una densa esponja de raíces y rizomas que ocupan todo el volumen del vaso (laguna o canal), y obligan a que el agua circule por esta maraña de vegetación, que actúa a su vez de

soporte de los microorganismos que degradan la materia orgánica. Las hojas, paralelamente, bombean oxígeno a las raíces, lo que favorece el proceso de degradación de los contaminantes (**POLÍTICA DE AGUAS, 2005**).

## **2.5 HIPÓTESIS**

La utilización de la tecnología de fitoremediación mediante dos tipos de humedales vegetales permitirán lograr cierta descontaminación de las aguas del canal de riego Latacunga-Salcedo-Ambato.

## **2.6 SEÑALAMIENTO DE VARIABLES**

### **2.6.1 VARIABLE INDEPENDIENTE**

Aguas contaminadas del canal de riego Latacunga-Salcedo-Ambato.

### **2.6.2 VARIABLE DEPENDIENTE**

Descontaminación de las aguas del canal de riego Latacunga-Salcedo – Ambato con la utilización de humedales vegetales.

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA**

#### **3.1 MODALIDAD BÁSICA DE LA INVESTIGACIÓN**

En el trabajo de investigación se utilizó las siguientes modalidades de investigación:

##### **3.1.1 Investigación Documental Bibliográfica**

Tiene el propósito de conocer, comparar, ampliar, profundizar y deducir diferentes enfoques, teorías, conceptualizaciones y criterios de diversos autores sobre una cuestión determinada, basándose en documentos (fuentes primarias), o en libros, revistas, periódicos y otras publicaciones (fuentes secundarias).

##### **3.1.2 Investigación de Campo**

Es el estudio sistemático de los hechos en el lugar en que se producen los acontecimientos.

En esta modalidad el investigador toma contacto en forma directa con la realidad, para obtener información de acuerdo con los objetivos de la investigación.

##### **3.1.3 Investigación Experimental o de Laboratorio.**

Es el estudio en que se manipula la variable independiente para observar los efectos en la respectiva variable dependiente, con el propósito de precisar la relación causa – efecto.

Estos estudios son por lo general, considerados como los que mayor validez tienen en sus resultados.

Para desarrollar la investigación utilizó en primera instancia la investigación bibliográfica documental para fortalecer el marco teórico basándose en estudios ya realizados para establecer el plan de tesis, posteriormente se utilizó la investigación de campo para la recolección de muestras de las aguas de canal de riego Latacunga-Salcedo-Ambato y posteriormente se empleó la investigación experimental o de laboratorio para evaluar la calidad del agua y tener los resultados suficientes para poder establecer la propuesta de solución a la problemática.

### **3.2 NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN.**

Para la investigación se consideró los niveles o tipos de investigación, puesto que cada uno de ellos tiene sus propias características que se articulan con los objetivos. Por lo tanto se utilizó:

#### **3.2.1 Método Inductivo.**

Es el que parte de los datos particulares para llegar a conclusiones generales.

#### **3.2.2 Método Exploratorio.**

Se produce porque no se cuentan con suficientes datos acerca del objeto de estudio. La investigación pretende construir ese objeto a partir de una primera exploración. Normalmente acaba con el planteamiento de una hipótesis.

También puede haber objetos exploratorios formando parte previa de la investigación: planificar una etapa explorativa a la que van a suceder otras con otros objetivos y son:

- Generar hipótesis.
- Reconocer variables de interés investigativo.
- Sondar un problema poco investigado o desconocido en un contexto particular.

### **3.2.3 Método Experimental.**

Consiste en comprobar, medir las variaciones o efectos que sufre una situación cuando ellas se introducen una nueva causa dejando las demás causas en igual estudio.

## **3.3 POBLACIÓN Y MUESTRA**

En esta investigación se considera a la población al agua del canal Latacunga-Salcedo-Ambato cuyo ramal pasa por el sector la Argentina.

Las muestras para determinar los parámetros Físico-Químicos, orgánicos y microbiológicos del agua del canal serán tomadas antes que entren a la Fitoremediación con los dos humedales vegetales por separado y después de pasar por los mismos.

Se realizó tres muestreos:

La primera muestra fue tomada para su respectivo análisis sin ningún tratamiento, lo que servirá para conocer en qué condiciones está el agua del canal de riego Latacunga-Salcedo-Ambato.

Luego las primeras muestras fueron tomadas al cabo de 4 días en agua detenida tanto en el humedal de Lechuguín como en el humedal de Carrizo, y dependiendo de los resultados de los análisis, se decidirá luego de cuantos días deberán tomarse las segundas y terceras muestras.

Se va a tener un total de 7 muestras que son tomadas en tres ocasiones.

### 3.4 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

#### 3.4.1 Variable Independiente: Aguas Contaminadas del Canal de Riego Latacunga-Salcedo-Ambato.

**Tabla N°6** Operacionalización de la variable independiente.

LO ABSTRACTO		LO OPERATIVO		
CONCEPTUALIZACIÓN	CATEGORÍAS	INDICADORES	ITEM BÁSICO	TECNICAS E INSTRUMENTOS
Las aguas del canal de riego Latacunga - Salcedo-Ambato están altamente contaminadas; con las aguas residuales de las industrias, de hospitales, aguas servidas que se vierten directamente al río Cutuchi sin tratamiento alguno.	Aguas residuales y servidas descargadas directamente al canal de riego	Tipos de contaminación	¿El tratamiento aplicado es suficiente?	Análisis: -Físico Químicos -Microbiológicos

**Fuente:** César Pozo

**Elaborado por:** César Pozo

**3.4.2 Variable dependiente:** Descontaminación de las aguas del canal de riego Latacunga-Salcedo-Ambato con humedales vegetales.

**Tabla N°7** Operacionalización de la variable dependiente.

LO ABSTRACTO		LO OPERATIVO		
CONCEPTUALIZACIÓN	CATEGORÍAS	INDICADORES	ITEM BÁSICO	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
La descontaminación de las aguas del canal de riego se realizó utilizando la tecnología de Fitoremediación con humedales vegetales de dos especies durante 2 y 4 días de retención; y se evaluó los parámetros principales para determinar la efectividad de la remediación aplicada.	<p>Parámetros Físico-Químicos.</p> <p>Parámetros Microbiológicos</p>	<p>-Turbidez</p> <p>-pH</p> <p>-Conductividad</p> <p>-Sólidos suspendidos totales</p> <p>-Sólidos Sedimentables</p> <p>-Dureza total</p> <p>-Sulfatos</p> <p>-Nitratos</p> <p>-Amonio</p> <p>-DBO<sub>5</sub></p> <p>.DQO</p> <p>-Coliformes fecales</p> <p>-Coliformes totales</p> <p>-Materia orgánica</p>	<p>¿Hay cambios relevantes en los parámetros Físico-Químicos?</p> <p>¿Qué tiempo de retención y con qué especie de humedal vegetal se obtiene el parámetro se más bajo en la caracterización Microbiológica?</p>	<p>-APHA 2130 B</p> <p>-APHA 4500 H</p> <p>-APHA 2510</p> <p>-APHA 2540 D</p> <p>-APHA 2540 B</p> <p>-APHA 2340 C</p> <p>-APHA 4500 SO<sub>4</sub> 2-E</p> <p>-APHA 4500 NO<sub>3</sub> –E</p> <p>-EPA N° 350.2</p> <p>-APHA 5210 B</p> <p>-APHA 5220 D</p> <p>-APHA 9222D,9221</p> <p>-APHA 9222,9221</p> <p>-Oxidación Húmeda</p>

**Fuente:** César Pozo

**Elaborado por:** César Pozo

### 3.5 PLAN DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

La información para poder identificar los contaminantes físico-químicos, orgánicos y microbiológicos de las aguas del canal Latacunga-Salcedo-Ambato se obtiene en el lugar de la experimentación ramal la Argentina, primeramente se toma la muestra base, sin ningún tratamiento; luego las primeras muestras son tomadas al cabo de 4 días en agua retenida tanto en el humedal de Lechuguín como en el de carrizo y , dependiendo de los resultados de los análisis se decide luego de cuántos días deben tomarse las segundas y terceras muestras.

Los parámetros a ser evaluados son las respuestas experimentales.

La toma de las muestras se hace como indica y requiere uno de los laboratorios acreditados por la OAE, entre los que tenemos:

LAB-CESTTA de la Escuela Superior Politécnica del Chimborazo Riobamba.

Los datos obtenidos se analizan mediante la utilización de un diseño de un solo factor completamente aleatorizado.

La información y datos para el diseño de los humedales vegetales se obtiene de la consulta de otros trabajos y bibliografía consultada, entre los cuales podemos citar a la experiencia realizada por **LARA JAIME 1999**, “Depuración de aguas residuales municipales con humedales artificiales”, al trabajo también realizada por **TORRES SANDRA 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”, al trabajo realizado por

**LLAGAS W 2006**, “Diseño de Humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales”.

El Lechuguín llamado también Jacinto de Agua se introdujo en los Estados Unidos desde Venezuela. Las potencialidades de esta planta fueron descubiertas por Sir. Albert Howard en 1920. Este brillante científico especializado en agricultura, realizó estudios sobre la planta en India y publicó artículos relacionados con el aprovechamiento de ésta en la descontaminación de las aguas residuales.

Los principales mecanismos de descontaminación del Jacinto de agua que actúan sobre las aguas residuales son los siguientes:

**Eliminación de sólidos en suspensión:** Los sólidos se eliminan por sedimentación, decantación, filtración y degradación a través del conjunto que forma el sustrato del humedal con las raíces y rizomas del Jacinto de agua o Lechuguín.

**Eliminación de materia orgánica:** La eliminación de la materia orgánica del agua es realizada por los microorganismos que viven adheridos al sistema radicular de la planta que reciben el oxígeno a través de un sistema de aireación muy especializado. Una parte de la aireación del agua también se realiza por difusión del oxígeno del aire a través de la superficie del agua. También se elimina una parte de la materia orgánica por sedimentación.

**Eliminación de nitrógeno:** El nitrógeno se elimina por diversos procesos: absorción directa de la planta y, en menor medida, por fenómenos de nitrificación-desnitrificación y amonificación, realizados por bacterias.

Eliminación de fósforo: El fósforo se elimina por absorción por el lechuguín, absorción sobre las partículas de arcilla y precipitación de fosfatos insolubles, principalmente con Fe y Al, en suelos ácidos y con calcio en suelos básicos.

Eliminación de microorganismos patógenos: Por filtración y adsorción en partículas de arcilla, acción predatoria de otros organismos (bacteriófagos y protozoos), toxicidad por antibióticos producidos por las raíces y por la radiación UV contenida en los rayos solares.

Trazas de metales: Tienen una alta afinidad por adsorción y complejación con materia orgánica y pueden ser acumulados en los humedales. También existen transformaciones microbianas y asimilación por la planta, mediante la raíz, la cual atrapa y fija entre sus tejidos concentraciones hasta de 1000 veces superiores a las del agua que las rodea (**ESPAÑA, 2006**).

El Carrizo es utilizado como un humedal vegetal con flujo subsuperficial, puede considerarse como un reactor biológico tipo “proceso biopelícula sumergida”. El agua entra por uno de sus extremos, y reparte, atravesando la zona de grava, haciendo visitable el humedal e impidiendo la proliferación de moscas y mosquitos.

Este tipo de helófitos entre los más usados es justamente son los carrizos, estos son capaces de transportar oxígeno desde los tallos y hojas hacia sus raíces y rizomas, pero en los humedales de flujo subsuperficial la cantidad de oxígeno aportada es muy pequeña en comparación con la demanda de las aguas residuales.

### **Ventajas:**

- Este tipo de plantas pueden ser utilizadas como bombas extractoras de bajo costo para descontaminar las aguas.
- Algunos procesos degradativos ocurren en forma más rápida con plantas que con microorganismos.
- Es un método apropiado para descontaminar superficies grandes o para finalizar la descontaminación de áreas restringidas en plazos largos.

### **Limitaciones:**

- El proceso se limita a la profundidad de penetración de las raíces o aguas poco profundas.
- Los tiempos de procesos pueden ser largos.
- La biodisponibilidad de los compuestos o metales es un factor limitante en la captación.

El Carrizo puede incorporar las sustancias contaminantes mediante distintos procesos:

- **Proceso de remoción físico:**

El humedal vegetal es capaz de proporcionar una alta eficiencia física en la remoción de contaminantes asociado con material particulado.

- **Proceso de remoción biológico:**

La remoción biológica es quizá el camino más importante para la remoción de contaminantes en los humedales vegetales, extensamente reconocido para la remoción de contaminantes en estos humedales es la

captación de la planta estos contaminantes que también son formas de nutrientes para ellas, tales como nitratos, amonio y fosfato, y que son fácilmente tomados por este tipo de humedal.

- Proceso de remoción químico:

El proceso más importante es la adsorción, que da lugar a la retención a corto plazo o a la inmovilización a largo plazo de varias clases de contaminantes **(MAINE, 2001)**.

#### **Detalles del Dispositivo Experimental:**

El humedal de Carrizo (*Arundo donax*) tiene una dimensión de:

Altura: 0.80 m.

Ancho: 1.60 m.

Largo: 4.00 m.

Volumen total: 5.12 m<sup>3</sup>

El humedal de Lechuguín (*Eichhornia crassipes*) tiene una dimensión de:

Altura: 0.80 m.

Ancho: 1.60 m.

Largo: 4.00 m.

Volumen total: 5.12 m<sup>3</sup>.

El esquema del Dispositivo Experimental de Campo se presenta en el Anexo 2

Para la validación de los humedales investigados se analiza los datos obtenidos de los análisis de laboratorio aplicando un diseño experimental.

### 3.5.1 Diseño Experimental

Se aplica el siguiente diseño experimental:

Diseño de un Solo Factor Completamente Aleatorizado.

#### **Factores en estudio para aplicación de Fitoremediación en las aguas contaminadas del canal Latacunga- Salcedo- Ambato ramal La Argentina.**

En los factores de estudio se toma en cuenta que, tanto en el caso del humedal vegetal de Lechuguín como en el de Carrizo el agua permanece retenida.

Este estudio se lo realiza en época seca en razón de que en este periodo de tiempo el agua del canal de riego tiene menos dilución de sus contaminantes por causas de las lluvias.

**Tabla No. 8** Factores en Estudio

<b>FACTORES</b>	<b>NIVELES</b>
<b>A: vegetal para fitoremediación</b>	a0: Lechuguín
	a1: carrizo
<b>B: tiempo de acción</b>	b0: 0 días
	b1: 4 días
	b2: 8 días
	b3: 12 días

**Fuente:** César Pozo

**Elaborado por:** César Pozo

## Tratamientos

Los tratamientos resultantes de la correlación de los factores de estudio en el desarrollo del método para Fitoremediación son:

**Tabla N°9** Tratamiento

Nº	TRATAMIENTOS	FACTORES DE ESTUDIO	
	CODIFICACION	VEGETAL PARA FITORREMEDIAACION	TIEMPO DE ACCION
1	aobo	Lechuguín	día 0
2	aob1	Lechuguín	día 4
3	aob2	Lechuguín	día 8
4	aob3	Lechuguín	día 12
5	a1b0	carrizo	día 0
6	a1b1	carrizo	día 4
7	a1b2	carrizo	Día 8
8	a1b3	carrizo	día 12

**Fuente:** César Pozo

**Elaborado por:** César Pozo

Los parámetros a ser evaluados son las respuestas experimentales.  
Y son los siguientes:

**Tabla N° 10 PARÁMETROS**

<b>PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS:</b>	<b>UNIDADES</b>
Turbidez	UTN
pH	
Conductividad	uS/cm
Sólidos totales/suspendidos	mg/L
Sólidos sedimentables	mg/L
Dureza	mg/L
Sulfato	mg/L
Nitrato	mg/L
Amonio	mg/L
<b>PARÁMETROS ORGÁNICOS</b>	<b>UNIDADES</b>
DB0 5 días	mg/L
DQO	mg/L
Materia orgánica	%
<b>PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS</b>	<b>UNIDADES</b>
Coliformes fecales	NMP/100
Coliformes totales	NMP/100

**Fuente:** César Pozo

**Elaborado por:** César Pozo

### **3.6 PLAN DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN**

Para el procesamiento, análisis de la información se recolecta los datos, los mismos que son Analizados mediante el diseño completamente al azar (DCA), con lo cual se comprueba o se rechaza la hipótesis planteada que la Fitorremediación con humedades vegetales contribuirá a la descontaminación de las aguas del canal Latacunga-Salcedo- Ambato ramal La Argentina.

El paquete Computarizado que se utiliza para analizar estadísticamente los datos es Excel 2007 o Statgraphics.

## CAPÍTULO IV

### ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

#### 4.1 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

**Tabla N° 11** Factores para Aplicación de Fitoremediación

FACTORES	NIVELES
<b>A: vegetal para fitoremediación</b>	a0: Lechuguín
	a1: carrizo
<b>B: tiempo de acción</b>	b0: 0 días
	b1: 2 días
	b2: 4 días

**Fuente:** César Pozo

**Elaborado por:** César Pozo

En la presente investigación el tiempo de acción, es decir el tiempo que permanece el agua de riego retenida en el humedal vegetal de Carrizo y de Lechuguín es de cero, dos y cuatro días como se puede observar en el análisis como se indica en las tablas N.º 12 Y N.º13

Se determina que el agua del canal de riego Latacunga-Salcedo-Ambato en el cuarto día que permanece retenida, en el humedal vegetal de Lechuguín todos los parámetros planteados está en los límites permisibles al ser comparados como indica el TULAS. De esta manera se comprueba la hipótesis planteada en la presente investigación.

#### 4.1.1 Resultados de los Análisis Realizados en el Humedal Vegetal de Lechuguín

Tabla N°12 Resultados de Lechuguín

PARAMETROS	UNIDAD	METODO NORMA	RESULTADO	RESULTADO	RESULTADO	LIMITE PERMISIBLE
			0 DIAS	2 DIAS	4 DIAS	
TURBIEDAD	UTN	APHA2130B	2,13	2,91	0,93	
POTENCIAL HIDROGENO	-	APHA4500H	8,08	7,79	7,53	5-9
CONDUCTIVIDAD ELECTRICA	Us/cm	APHA2510	705	574	734	-
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	mg/L	APHA2540D	<50	<50	<50	100
SOLIDOS SEDIMENTABLES	mg/L	APHA2540B	0,9	0,1	0,1	1,0
DUREZA TOTAL	mg/L	APHA2340C	240	290	301	-
SULFATOS	mg/L	APHA4500 SO42-E	26	28	29	1000
NITRATOS	mg/L	APHA4500-NO3-E	1,5	1,4	1,2	-
AMONIO	mg/L	EPA Water Waste No.350.2,1974	0,42	<0,1	0,37	-
DBO5	mg/L	APHA5210B	20	10	4	100
DQO	mg/L	APHA5220D	35	40	16	250
COLIFORMES FECALES	UCF/100 ml	APHA9222D,9221	400000	700	100	2500
COLIFORMES TOTALES	UCF/100 ml	APHA9222,9221	>1X10 <sup>6</sup>	8100	2100	5000
MATERIA ORGANICA		Oxidación húmeda/Walkley	16	21	9	-

Fuente: CESTTA - ESPOCH

Elaborado por: César Pozo

#### 4.1.2 Resultados de los Análisis Realizados en el Humedal Vegetal de Carrizo

Tabla Nº 13 Resultados de Carrizo

PARAMETROS	UNIDAD	METODO NORMA	RESULTADO	RESULTADO	RESULTADO	LIMITE PERMISIBLE
			0 DIAS	2 DIAS	4 DIAS	
TURBIEDAD	UTN	APHA2130B	2,13	10.17	9.22	
POTENCIAL HIDROGENO	-	APHA4500H+	8,08	8.48	8.76	5-9
CONDUCTIVIDAD ELECTRICA	Us/cm	APHA2510	705	698	878	-
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	mg/L	APHA2540D	<50	<50	<50	100
SOLIDOS SEDIMENTABLES	mg/L	APHA2540B	0,9	0.2	0,1	1,0
DUREZA TOTAL	mg/L	APHA2340C	240	334	335	-
SULFATOS	mg/L	APHA4500 SO42-E	26	28	32	1000
NITRATOS	mg/L	APHA4500- NO3-E	1,5	1,4	1,8	-
AMONIO	mg/L	EPA Water Waste No.350.2,197 4	0,42	0,24	0,85	-
DBO5	mg/L	APHA5210B	20	10	8	100
DQO	mg/L	APHA5220D	35	41	35	250
COLIFORMES FECALES	UCF/100 ml	APHA9222D,9 221	400000	5700	500	2500
COLIFORMES TOTALES	UCF/100 ml	APHA9222,92 21	>1X10 <sup>6</sup>	90000	20000	5000
MATERIA ORGANICA		Oxidación húmeda/Walk ley	16	23	20	-

Fuente: CESTTA -ESPOCH

Elaborado por: César Pozo

## 4.2 INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Al analizar los resultados MICROBIOLÓGICOS se puede determinar que el agua del canal de riego Latacunga-Salcedo-Ambato está altamente contaminada con Coliformes Fecales y Totales. La acción que ejercen los humedales vegetales es efectivo en los parámetros de medidos de Coliformes Fecales y Coliformes totales, siendo el más eficiente el humedal vegetal con Lechuguines ya que se tiene prácticamente el agua en los 4 días de retención totalmente apta para regadío al comparar con los límites permisibles que indica el TULAS.

En el caso del humedal vegetal del carrizo se determina que en los 4 días de retención del agua, tenemos que cumple con el límite permisible que indica el TULAS en el caso de Coliformes fecales y el resto de parámetros estudiados no así con en el parámetro de Coliformes totales.

El resto de parámetros determinados todos se cumplen en el caso de los dos humedales experimentados.

El análisis de la calidad del agua es uno de los factores prioritarios para determinar la factibilidad de establecer la conveniencia o limitación del empleo de agua, con fines de riego de cultivos agrícolas.

Al comparar los resultados obtenidos con otras investigaciones realizadas, utilizando estos lechos vegetales para la descontaminación de las aguas residuales, como es la Investigación realizada por **FIALLOS L, en la Estación el “PERAL” EMAPA-AMBATO (2011)**, también el trabajo realizado por **TORRES S, En La Represa Daniel Palacios PAUTE (2009)**, la investigación de **LARA J, BARCELONA-ESPAÑA (1999)**. Se puede observar que los efectos en forma general son similares en los diferentes parámetros estudiados tales como; Turbiedad, Potencial Hidrógeno, Conductividad Eléctrica, Sólidos Totales, Sólidos

Sedimentables, Dureza, Sulfatos, Nitratos, Amonio, DBO<sub>5</sub>, DQO, Coliformes Fecales, Coliformes Totales, Materia Orgánica.

Los parámetros que determinan la calidad del agua de riego se dividen en tres categorías: químicos, físicos y biológicos. A continuación se discuten las diferentes categorías.

## QUÍMICAS

### pH

El valor pH, es la medida de la concentración de los iones hidrógeno, nos mide la naturaleza ácida o alcalina de la solución acuosa. La mayoría de las aguas naturales tienen un pH entre 6 y 8.

El análisis factorial de varianza determina diferencias significativas tanto en los factores principales (lecho vegetal y tiempo); así como también en la interacción de los mismos, lo que indica que el pH se ve influenciado por la combinación de los factores en estudio (Tabla 14).

**TablaNº14** Análisis de Varianza para el Potencial de Hidrogeno del Agua del Canal de Riego Latacunga Salcedo Ambato ramal la Argentina.

Fuente de Variación	Grados de	Suma de	Cuadrados	F	p-valor
	Libertad	cuadrados	Medios		
Modelo	6	2.11	0.35167	105.74	<0.00
Réplicas	1	0.08333	0.08333	24.99	0.00
Lecho vegetal	1	136.013	136.013	407.96	0.00
Tiempo (días)	2	0.03247	0.016235	4.87	0.07
Lecho vegetal * Tiempo (días)	2	0.63887	0.319435	95.81	0.00
Error	5	0.01667	0.003334		
Total	11	213.147			

**Fuente:** César Pozo

**Elaborado por:** César Pozo

La prueba de comparación múltiple Diferencia Significativa Mínima, aplicada a la interacción de factores; indica que el lecho vegetal, específicamente el lechuguín disminuye el pH y que el tiempo (días) tiene mayor influencia; menor pH (7.53) se alcanza trabajando con lechuguín y 4 días.

**Tabla Nº15 Prueba: LSD Fisher      alfa= 0.05 para la interacción.**

LECHO VEGETAL	TIEMPO (DÍAS)	Medias	GRUPOS HOMOGENEOS
Lechuguín	4	7.53	A
Lechuguín	2	7.79	B
Lechuguín	0	7.98	C
Carrizo	0	8.08	C
Carrizo	2	8.48	D
Carrizo	4	8.76	E

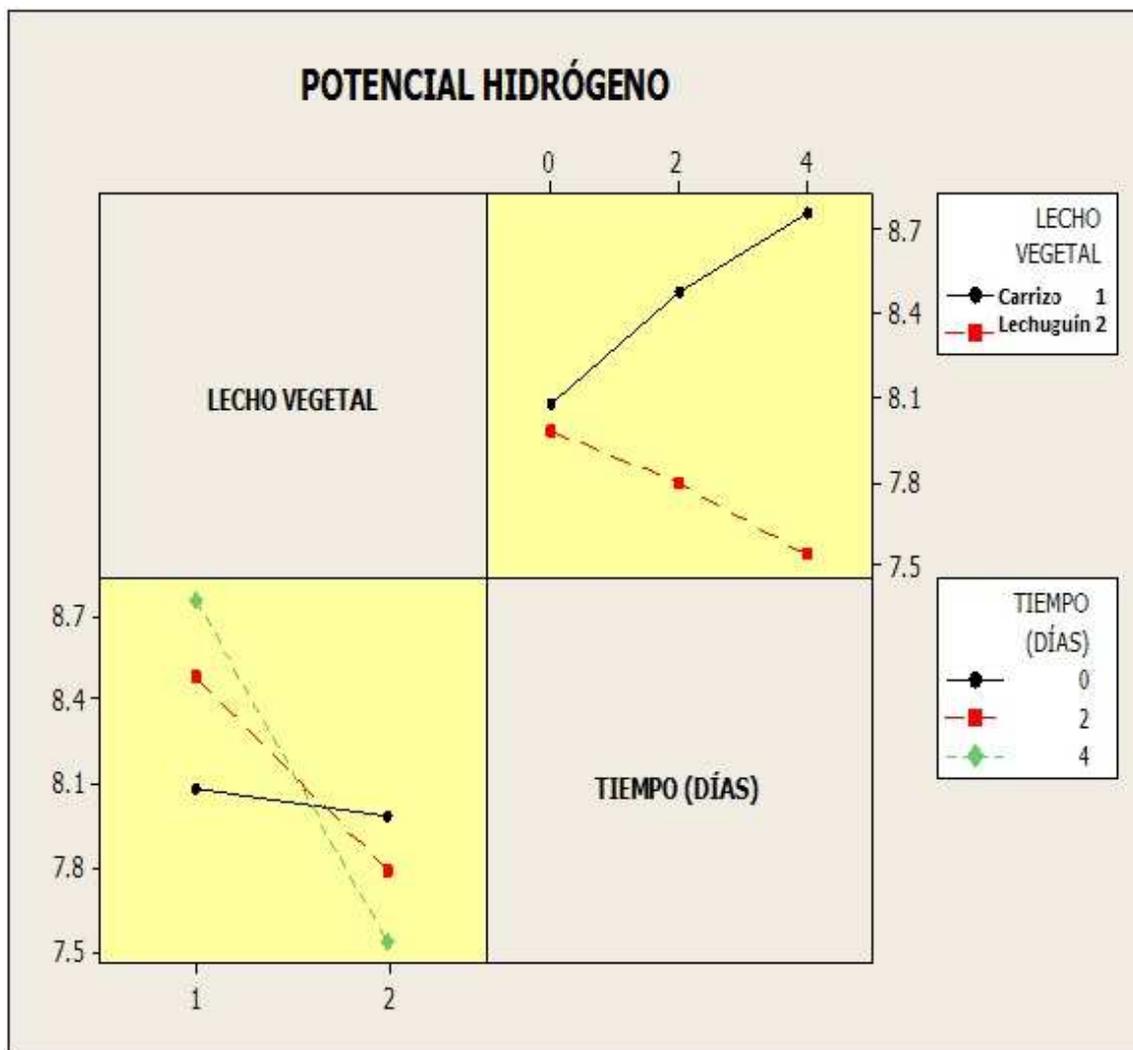
Letras distintas indican diferencia significativa ( $p \leq 0.05$ )

**Fuente:** César Pozo

**Elaborado por:** César Pozo

Nótese en la figura 3 de interacción de factores que el pH conforme transcurre el tiempo, se incrementa con el lecho de carrizo, mientras que sufre un decremento con el lecho vegetal de lechuguín.

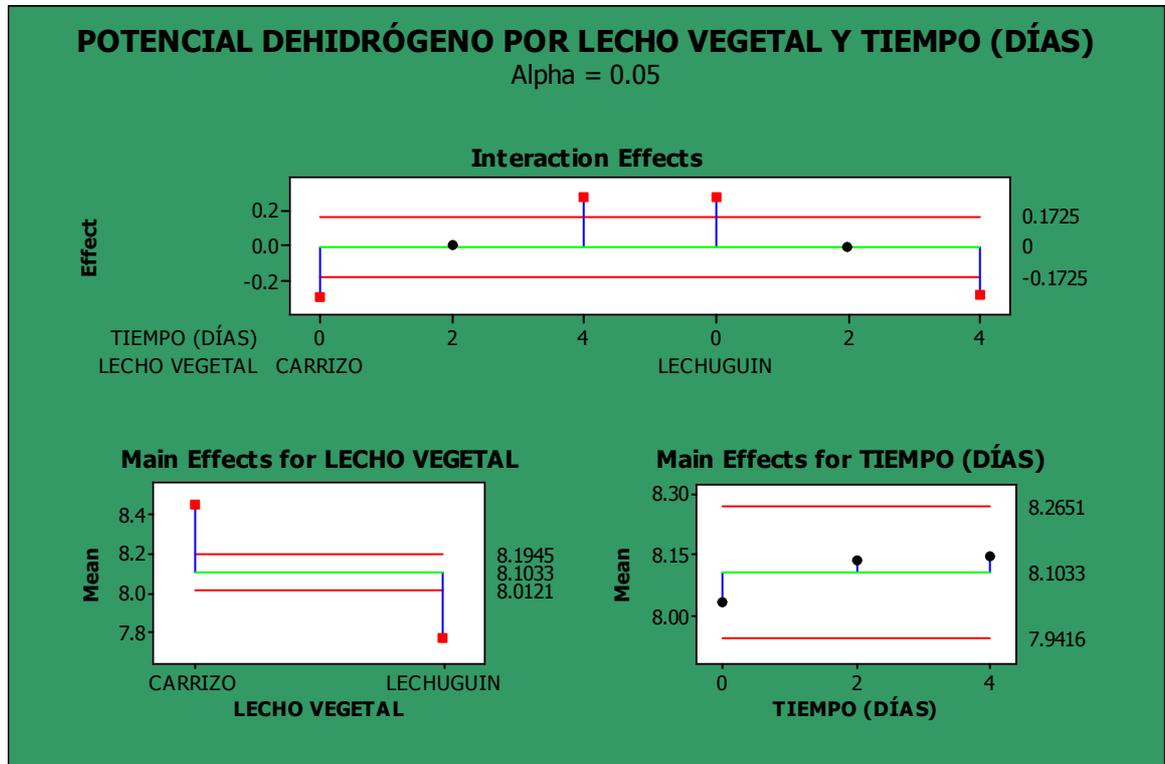
**Figura N°3 Efecto del lecho vegetal y el tiempo sobre el pH del Agua del Canal de Riego Latacunga-Salcedo-Ambato ramal la Argentina.**



**Fuente:** César Pozo

**Elaborado por:** César Pozo

**Figura N°4 Límites de confianza para el pH del Agua del Canal de Riego Latacunga-Salcedo-Ambato ramal la Argentina, según los factores en estudio.**



**Fuente:** César Pozo

**Elaborado por:** César Pozo

### Dureza

La dureza, es debida a la presencia de sales de calcio y magnesio y mide la capacidad de un agua para producir incrustaciones.

Afecta tanto a las aguas domésticas como a las industriales y desde el punto de vista de la ósmosis inversa es uno de los principales parámetros que se deben controlar.

La tabla estándar de ANOVA registra valores probabilístico menores de 0.05 para el lecho vegetal y el tiempo no así para la interacción de los dos, lo que indica que individualmente cada factor ejerce efecto significativo sobre la dureza del agua, pero en combinación el efecto se anula.

**Tabla N°16 Análisis de Varianza para la Dureza del Agua (mg/L) del Canal de Riego Latacunga-Salcedo-Ambato ramal la Argentina**

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados Medios	F	p-valor
Modelo	6	28911.00	4818.50	24.72	0.0014
Réplicas	1	2945.33	2945.33	15.11	0.0116
Lecho vegetal	1	3960.33	3960.33	20.32	0.0064
Tiempo (días)	2	21912.67	10956.33	56.21	0.0004
Lecho vegetal * Tiempo (días)	2	92.67	46.33	0.24	0.7969
Error	5	974.67	194.93		
Total	11	29885.67			

**Fuente:** César Pozo

**Elaborado por:** César Pozo

Un agua de dureza inferior a 60 mg L<sup>-1</sup> de CaCO<sub>3</sub> se considera blanda. Si la dureza es superior a 270 mg L<sup>-1</sup> de CaCO<sub>3</sub>, el agua se considera dura. El agua dura es beneficiosa en agua de riego porque los iones alcalinotérreos tienden a flocular (formar agregados) con las partículas coloidales del suelo y, como consecuencia, aumenta la permeabilidad del suelo al agua (**HERRERA, 2010**)

La prueba de comparación múltiple Diferencia significativa mínima aplicada a cada uno de los factores principales en estudio, v.g., lecho vegetal y tiempo (tablas 17 y 18 respectivamente), establece menor dureza en el agua al trabajar con lechuguín (agua semidura) y mayor con carrizo (agua dura).

Antes del proceso el agua tiene una dureza promedio baja, al utilizar el carrizo y el lechuguín la dureza sufre un incremento sobre los 90 mg/L.

**Tabla N°17 Prueba: LSD Fisher      alfa= 0.05    LECHO VEGETAL**

LECHO VEGETAL	Medias	GRUPOS HOMOGENEOS
Lechuguín	266.67	A
Carrizo	303.00	B

**Fuente:** César Pozo

**Elaborado por:** César Pozo

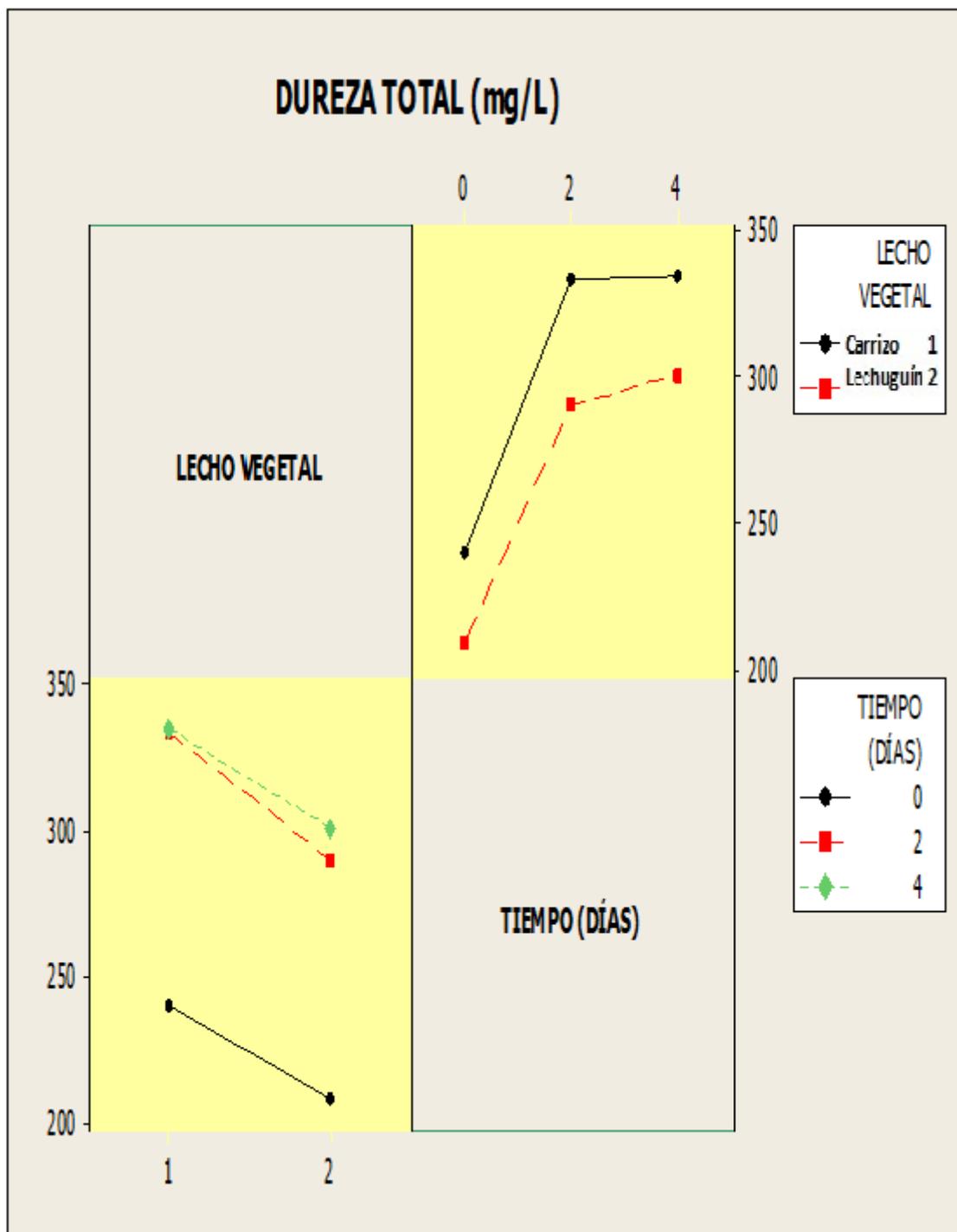
**Tabla N°18 Prueba: LSD Fisher alfa= 0.05    TIEMPO**

TIEMPO (DIAS)	Medias	GRUPOS HOMOGENEOS
0	224.50	A
2	312.00	B
4	318.00	B

**Fuente:** César Pozo

**Elaborado por:** César Pozo

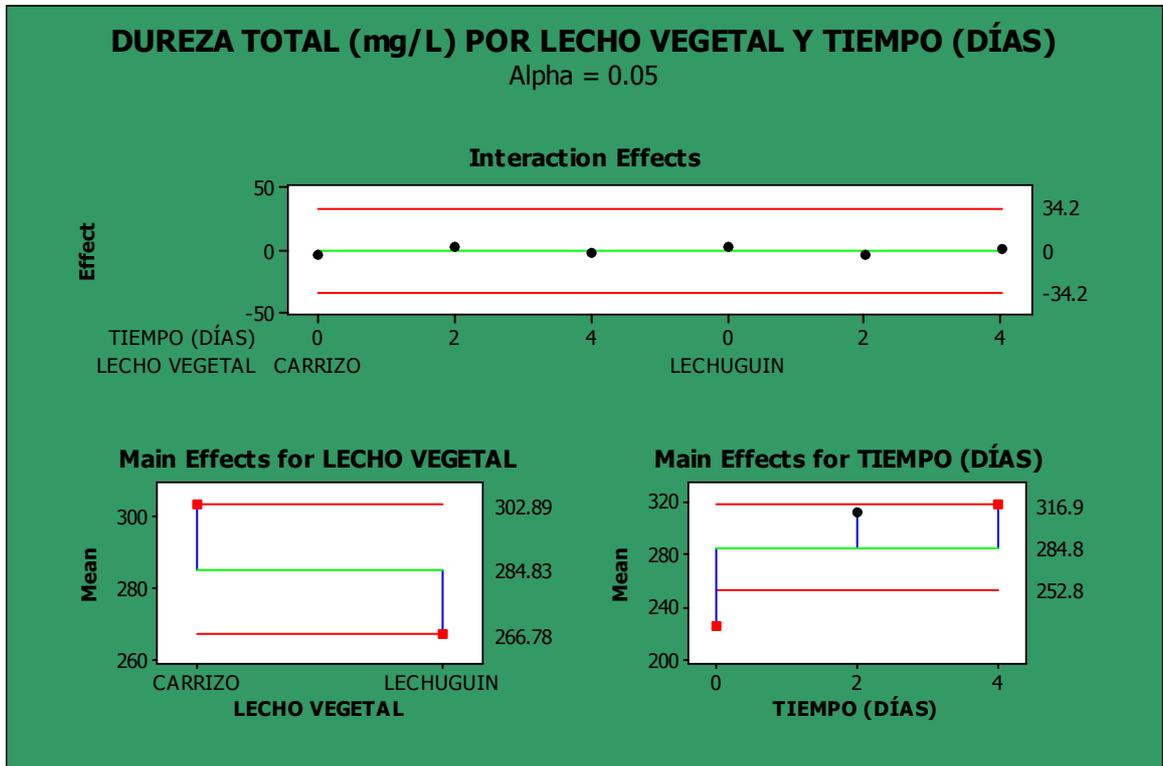
**Figura N°5 Efecto del lecho vegetal y el tiempo sobre la Dureza del Agua del Canal de Riego Latacunga-Salcedo-Ambato ramal la Argentina.**



**Fuente:** César Pozo

**Elaborado por:** César Pozo

**Figura N°6 Límites de confianza para la Dureza del Agua del Canal de Riego Latacunga-Salcedo-Ambato ramal la Argentina, según los factores en estudio.**



**Fuente:** César Pozo

**Elaborado por:** César Pozo

En la Figura 5 y 6, se indica los perfiles de dureza correspondientes a los lechos vegetales y al tiempo, observándose la similitud estadística en dureza de agua para el intervalo de 2 a 4 días en los dos lechos vegetales.

## Componentes Aniónicos

### SULFATOS

Los sulfuros, S=, y el ácido sulfhídrico son muy característicos de medios reductores, pero en general las aguas contienen menos de 1 ppm, su principal característica es que el agua tiene muy mal olor.

El análisis estadístico se llevó a cabo mediante un ANOVA factorial, lecho vegetal y tiempo, los resultados, indican que los distintos tiempos presentan diferencias significativas entre sí exclusivamente. (Tabla 19)

**Tabla N°19** Análisis de Varianza para los Sulfatos (mg/L) del Agua del Canal de Riego Latacunga-Salcedo-Ambato ramal la Argentina

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados Medios	F	p-valor
Modelo	6	258.00	43.00	6.94	0.0253
Réplicas	1	147.00	147.00	23.71	0.0046
Lecho vegetal	1	16.33	16.33	2.63	0.1655
Tiempo (días)	2	86.00	43.00	6.94	0.0361
Lecho vegetal * Tiempo (días)	2	8.67	4.33	0.70	0.5399
Error	5	31.00	6.20		
Total	11	289.00			

**Fuente:** César Pozo

**Elaborado por:** César Pozo

La prueba de comparación múltiple Diferencia Significativa Mínima realizada al tiempo, determina que los sulfatos conforme transcurre el tiempo aumenta en 4 mg/L en dos días y en 2.5 mg/L en cuatro días, independientemente del lecho vegetal que se haya utilizado. (Tabla 20).

**Tabla N°20 Prueba: LSD Fisher  $\alpha= 0.05$  TIEMPO**

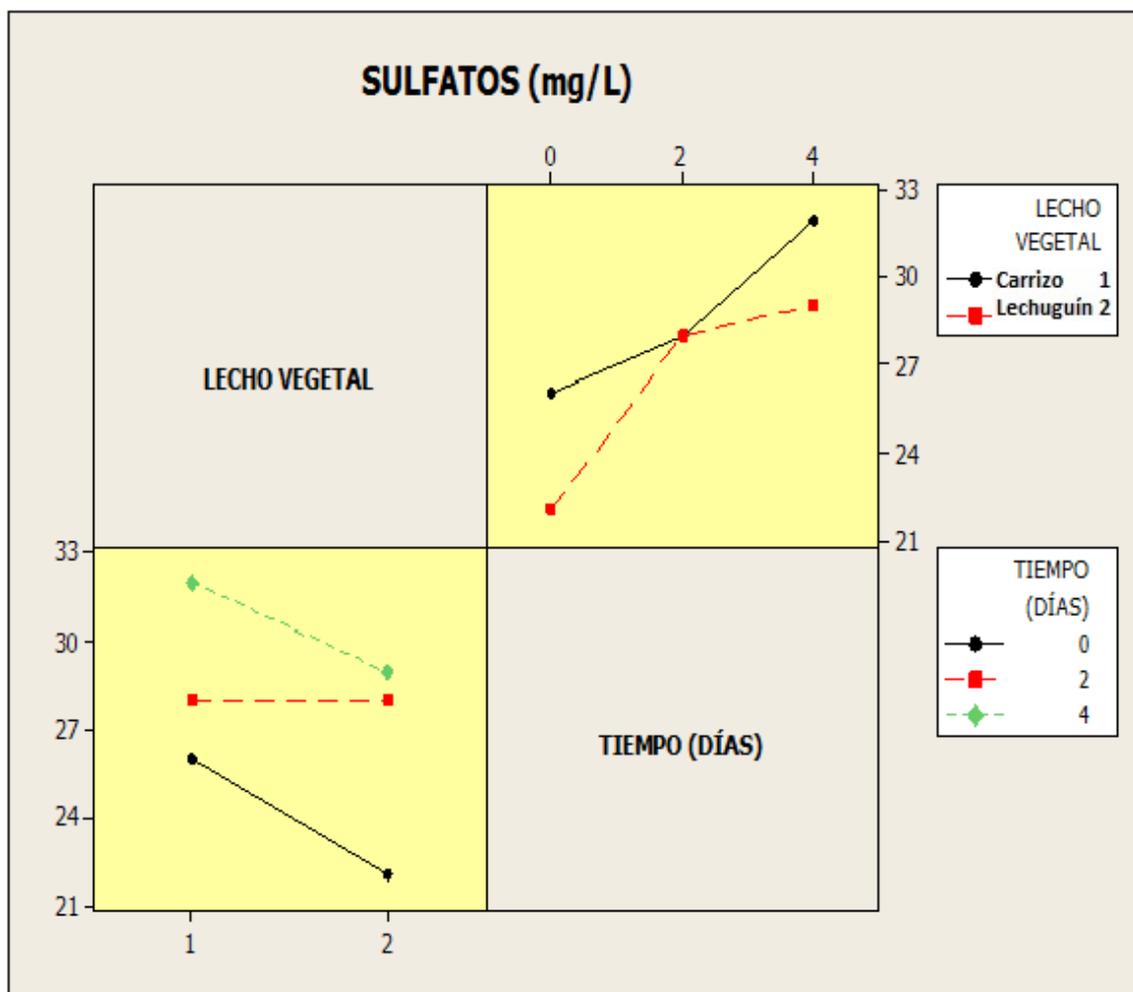
<b>TIEMPO (DIAS)</b>	<b>Medias</b>	<b>GRUPOS HOMOGENEOS</b>
<b>0</b>	24.00	A
<b>2</b>	28.00	A B
<b>4</b>	30.50	B

**Fuente:** César Pozo

**Elaborado por:** César Pozo

Las figuras 7 y 8 permiten comprobar que la combinación de lecho vegetal y tiempo no ejercen modificaciones estadísticamente diferenciables sobre el contenido de sulfatos.

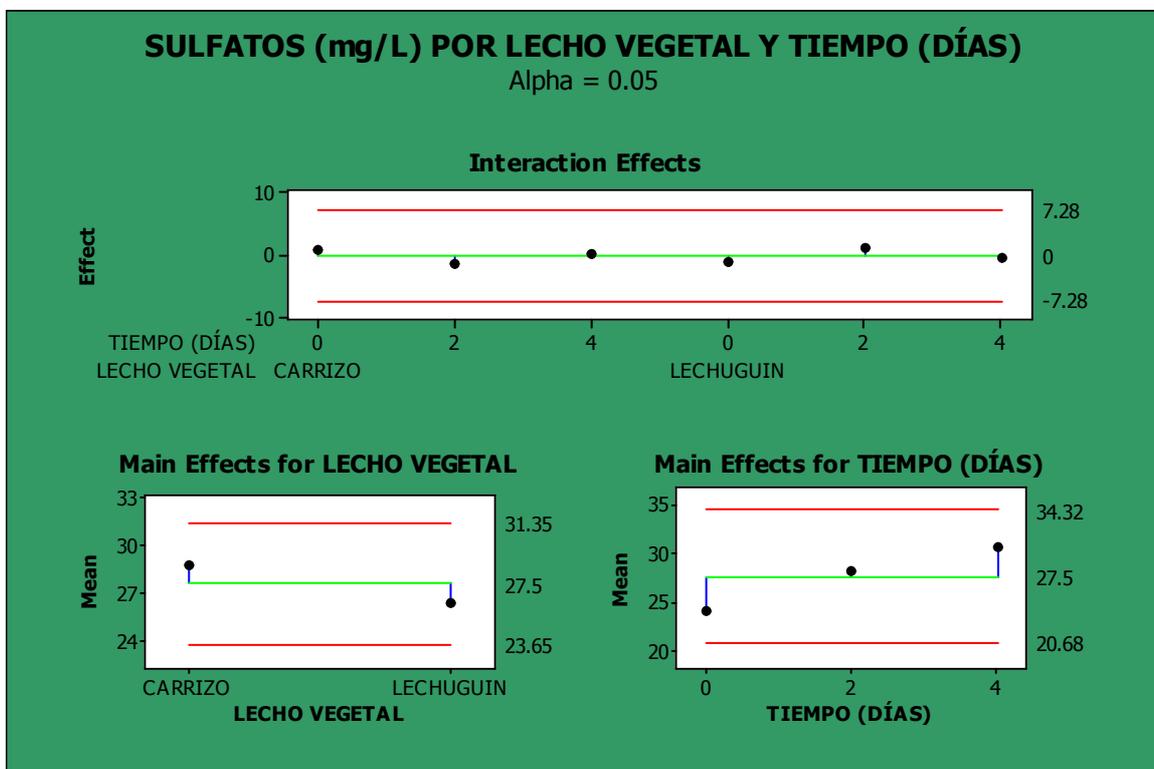
Figura N°7 Efecto del lecho vegetal y el tiempo sobre los Sulfatos del Agua del Canal de Riego Latacunga-Salcedo-Ambato ramal la Argentina.



Fuente: César Pozo

Elaborado por: César Pozo

**Figura N°8 Límites de confianza para los Sulfatos del Agua del Canal de Riego Latacunga-Salcedo-Ambato ramal la Argentina, según los factores en estudio.**



**Fuente:** César Pozo

**Elaborado por:** César Pozo

## AMONIO

Otros problemas severos relacionados a la calidad del agua de riego ocurren con frecuencia como una situación especial. El amonio ( $N-NH_{4+}$ ) pueden causar problemas de un excesivo desarrollo vegetativo, detenimiento y retraso de la madurez.

Analizados mediante ANOVA los resultados de amonio, se encuentra que no existe efecto significativo individual ni en combinación de los factores de estudio (Tabla 21).

**Tabla N°21** Análisis de Varianza para el Amonio del Agua (mg/L) del Canal de Riego Latacunga-Salcedo-Ambato ramal la Argentina.

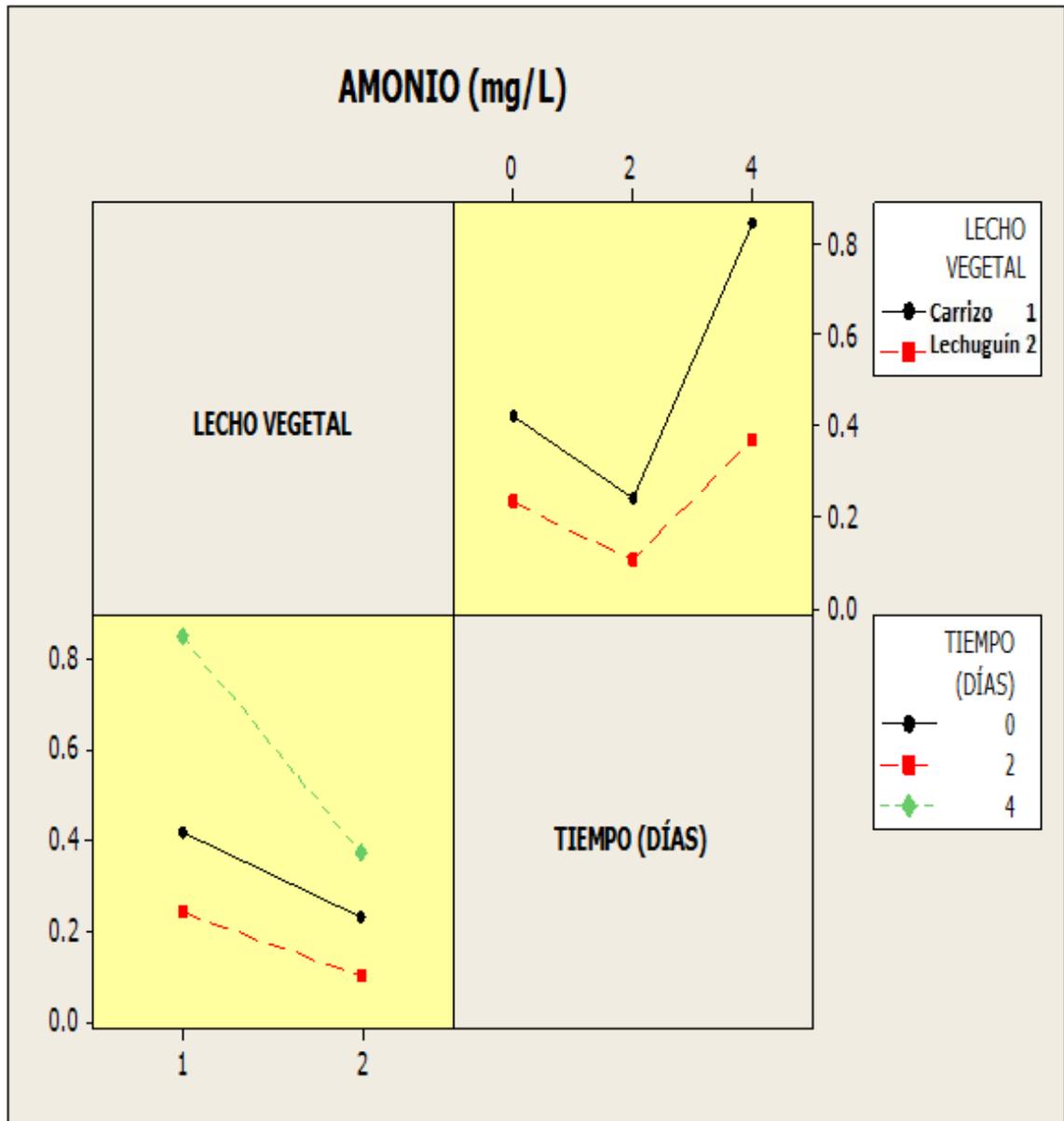
Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados Medios	F	p-valor
Modelo	6	0.96	0.16	4.27	0.0662
Réplicas	1	0.28	0.28	7.37	0.0421
Lecho vegetal	1	0.22	0.22	5.84	0.0604
Tiempo (días)	2	0.40	0.20	5.32	0.0578
Lecho vegetal * Tiempo (días)	2	0.07	0.03	0.90	0.4638
Error	5	0.19	0.04		
Total	11	1.15			

**Fuente:** César Pozo

**Elaborado por:** César Pozo

Nótese en las figuras 9 y 10 la variación de amonio no es estadísticamente significativa.

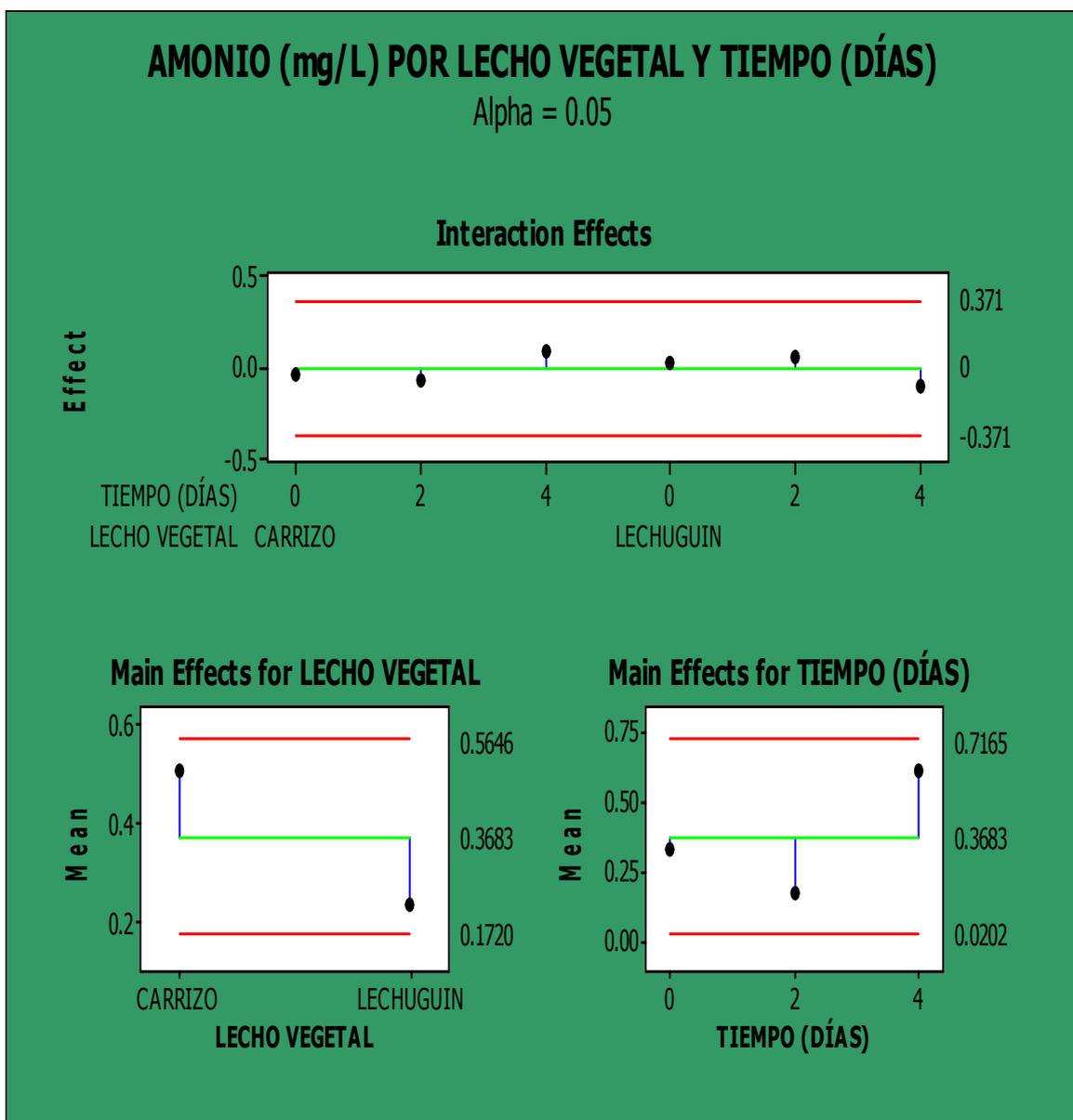
**Figura N°9** Efecto del lecho vegetal y el tiempo sobre el Amonio del Agua del Canal de Riego Latacunga-Salcedo-Ambato ramal la Argentina.



**Fuente:** César Pozo

**Elaborado por:** César Pozo

**Figura N°10** Efecto del lecho vegetal y el tiempo sobre el Amonio del Agua del Canal de Riego Latacunga-Salcedo-Ambato ramal la Argentina.



**Fuente:** César Pozo

**Elaborado por:** César Pozo

## Parámetros físicos

### **Conductividad**

La conductividad eléctrica es la medida de la capacidad del agua para conducir la electricidad, por presencia de materia ionizable presente en el agua. El agua pura prácticamente no conduce la electricidad; por lo tanto la conductividad que se mide es consecuencia de las impurezas presentes en el agua.

El estudio estadístico del efecto de los factores lecho vegetal y tiempo sobre la conductividad del agua (Tabla 22), permite apreciar diferencia significativa ( $p < 0.00$ ) de los factores individuales e interaccionados sobre ésta respuesta experimental.

**Tabla N°22** Análisis de Varianza para la Conductividad Eléctrica (uS/cm) del Agua del Canal de Riego Latacunga-Salcedo-Ambato ramal la Argentina

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F	p-valor
Modelo	6	108929.67	18154.94	37.95	0.0005
Réplicas	1	10800.00	10800.00	22.58	0.0051
Lecho vegetal	1	30603.00	30603.00	63.97	0.0005
Tiempo (días)	2	60792.67	30396.33	63.54	0.0003
Lecho vegetal * Tiempo (días)	2	6734.00	3367.00	7.04	0.0352
Error	5	2392.00	478.40		
Total	11	111321.67			

**Fuente:** César Pozo

**Elaborado por:** César Pozo

La prueba de comparación múltiple Diferencia Significativa Mínima realizada a la interacción de factores, permite apreciar que el valor de la conductividad que corresponde a agua con lecho vegetal de lechuguín transcurridos 2 días es el más bajo de todos los tratamientos, mientras que a los 4 días la conductividad se incrementa en 160 uS/cm. Al trabajar con carrizo se experimenta un apreciable incremento con el tiempo; éste es de 170 uS/cm.

**Tabla N°23 Prueba: LSD Fisher      alfa= 0.05 INTERACCIÓN**

LECHO VEGETAL	TIEMPO (DIAS)	Medias	GRUPOS HOMOGENEOS
Lechuguín	2	574	A
Lechuguín	0	670	B
Carrizo	2	698	BC
Carrizo	0	705	BC
Lechuguín	4	734	C
Carrizo	4	878	D

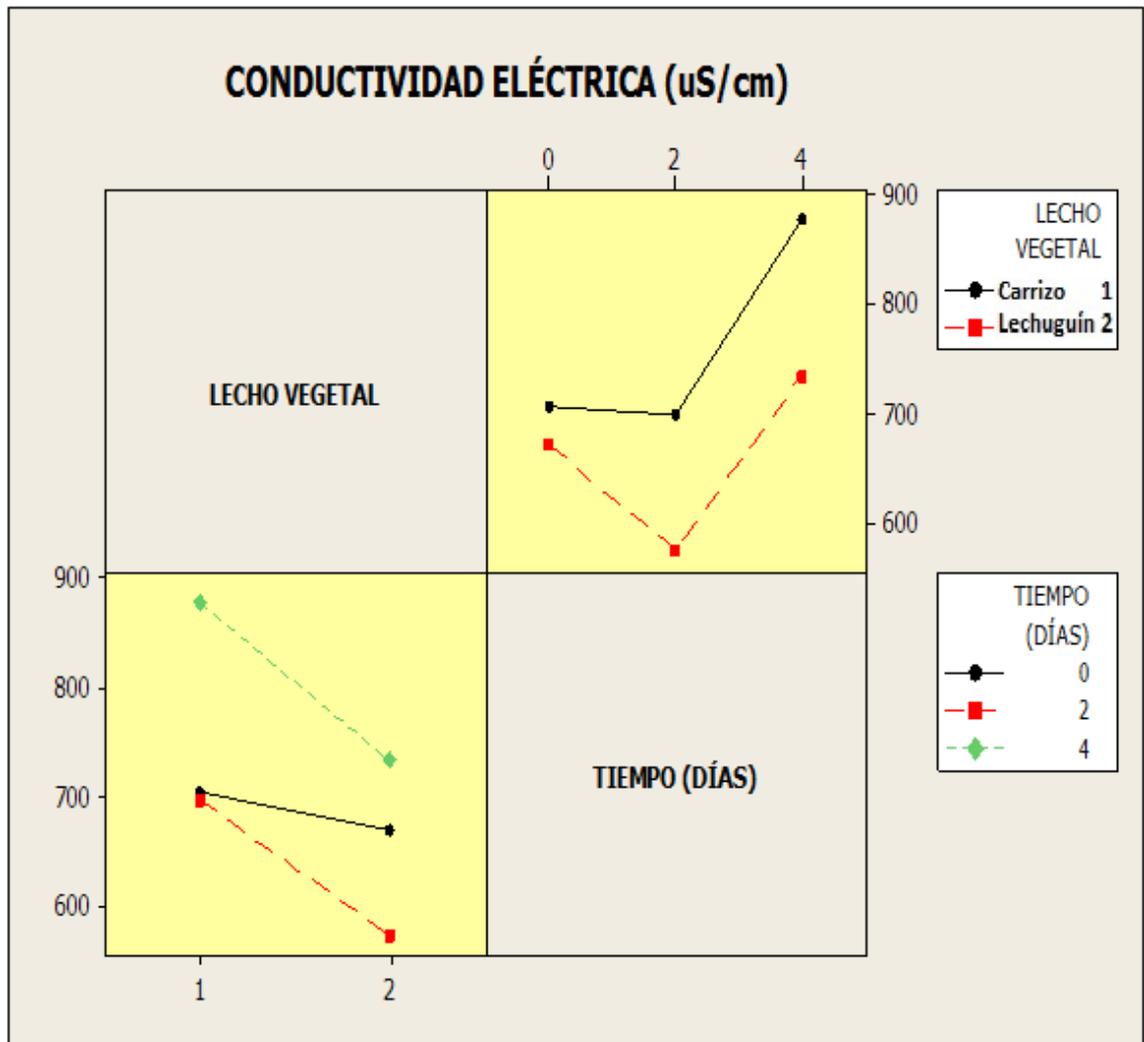
Letras distintas indican diferencia significativa  
( $p \leq 0.05$ )

**Fuente:** César Pozo

**Elaborado por:** César Pozo

En las Figuras 11 y 12, se puede observar la influencia de la combinación lecho vegetal-tiempo sobre la conductividad del agua.

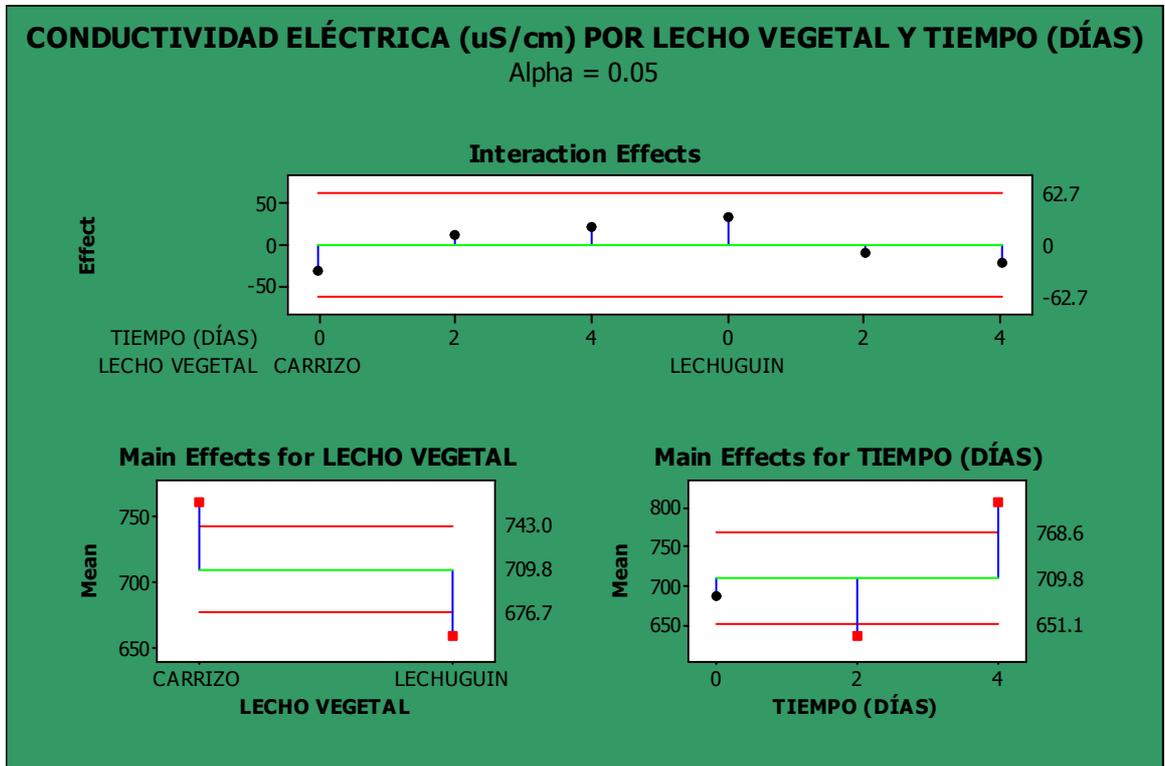
**Figura N°11** Efecto del lecho vegetal y el tiempo sobre la Conductividad Eléctrica del Agua del Canal de Riego Latacunga-Salcedo-Ambato ramal la Argentina.



**Fuente:** César Pozo

**Elaborado por:** César Pozo

**Figura N°12** Límites de confianza para la Conductividad del Agua del Canal de Riego Latacunga-Salcedo-Ambato ramal la Argentina, según los factores en estudio.

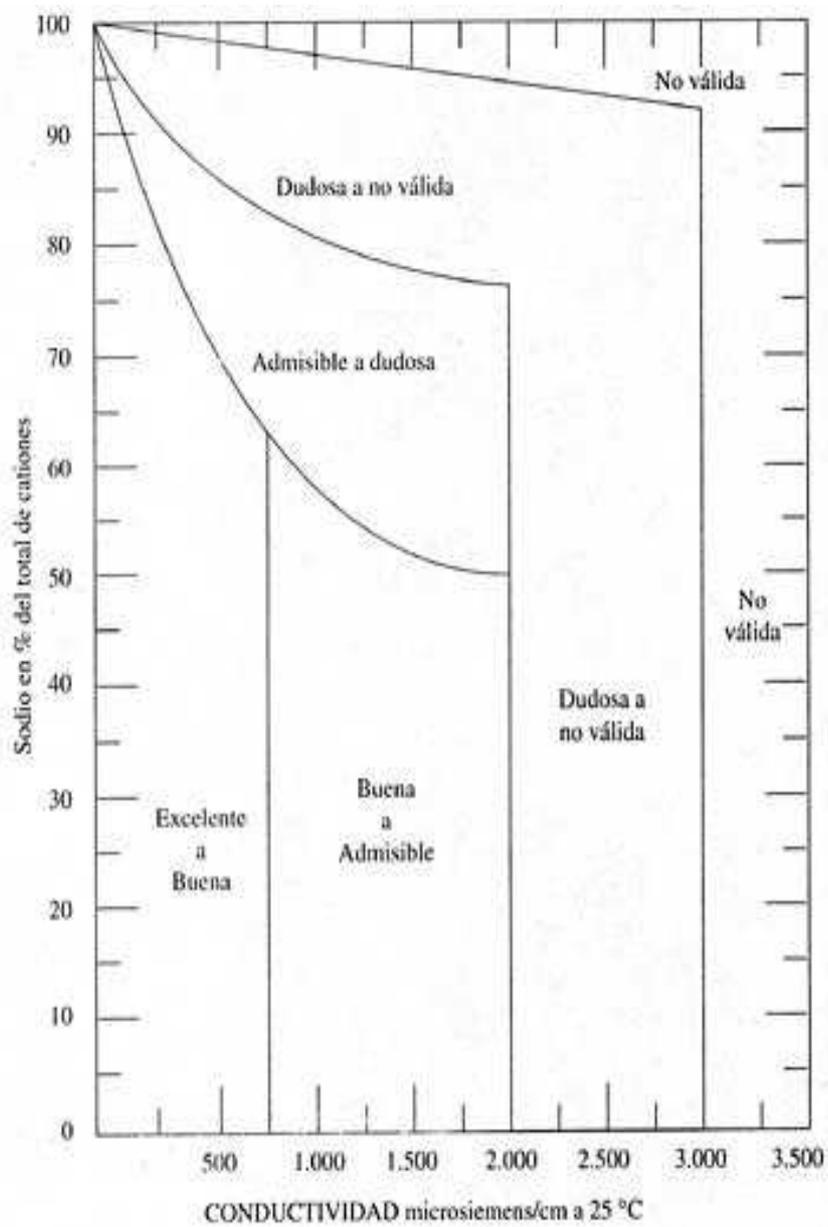


**Fuente:** César Pozo

**Elaborado por:** César Pozo

Según la Clasificación de **CANOVAS 1986** (Figura 13) y de acuerdo a los resultados obtenidos, se puede decir que el agua analizada se encuentra entre buena a admisible.

**Figura N°13** Clasificación de las aguas de riego basada en el riego de salinidad.



Fuente: Cánovas (1986)

## **Parámetros biológicos**

Estos parámetros son indicativos de la contaminación orgánica y biológica; tanto la actividad natural como la humana contribuyen a la contaminación orgánica de las aguas: la descomposición animal y vegetal, los residuos domésticos, detergentes, entre otros.

Este tipo de contaminación es más difícil de controlar que la química o física y además los tratamientos deben estar regulándose constantemente.

### **Demanda Biológica de Oxígeno (DBO)**

Mide la cantidad de oxígeno consumido en la eliminación de la materia orgánica del agua mediante procesos biológicos aerobios, se suele referir al consumo en 5 días ( $DBO_5$ ), también suele emplearse, pero menos el ( $DBO_{21}$ ) de 21 días. Se mide en ppm de  $O_2$  que se consume.

Las aguas subterráneas suelen contener menos de 1 ppm, un contenido superior es sinónimo de contaminación por infiltración freática. En las aguas superficiales es muy variable y dependerá de las fuentes contaminantes aguas arriba. En las aguas residuales domésticas se sitúa entre 100 y 350 ppm.

Los resultados del ANOVA, respecto a los factores en estudio: lecho vegetal y tiempo establece que no existe efecto significativo de los factores sobre la Demanda Bioquímica de Oxígeno tanto en forma individual como combinada.

**Tabla N°24** Análisis de Varianza para el DBO (mg/L) del Agua del Canal de Riego Latacunga-Salcedo-Ambato ramal la Argentina.

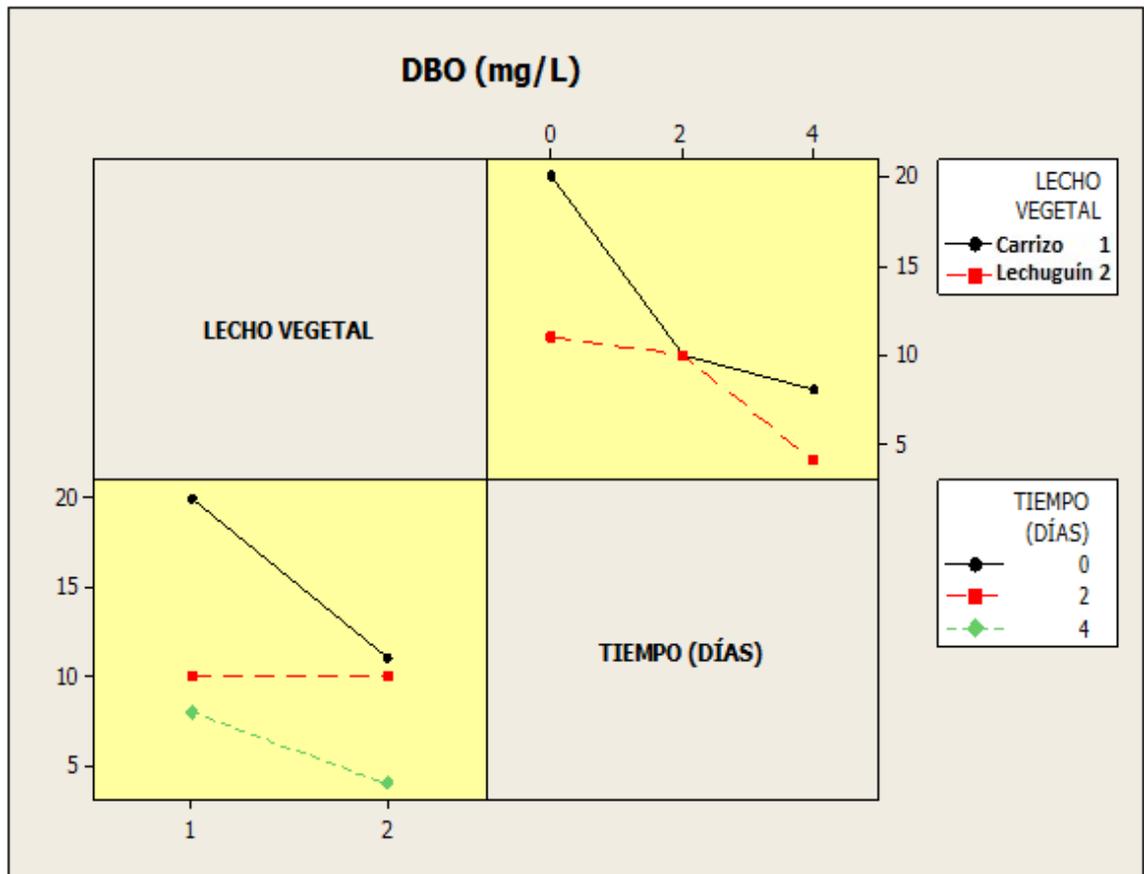
<b>Fuente de Variación</b>	<b>Grados de Libertad</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Cuadrados Medios</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
<b>Modelo</b>	6	455.33	75.89	4.23	0.0674
<b>Réplicas</b>	1	176.33	176.33	9.83	0.0258
<b>Lecho vegetal</b>	1	56.33	56.33	3.14	0.1365
<b>Tiempo (días)</b>	2	182.00	91.00	5.07	0.0626
<b>Lecho vegetal * Tiempo (días)</b>	2	40.67	20.33	1.13	0.3926
<b>Error</b>	5	89.67	17.93		
<b>Total</b>	11	545.00			

**Fuente:** César Pozo

**Elaborado por:** César Pozo

El contenido de DBO presente en el agua del canal de riego Latacunga-Salcedo- Ambato aplicando los diferentes tratamientos presentan variaciones que van de de 2 a 20 mg/L como se puede observar en las figuras 14 y 15.

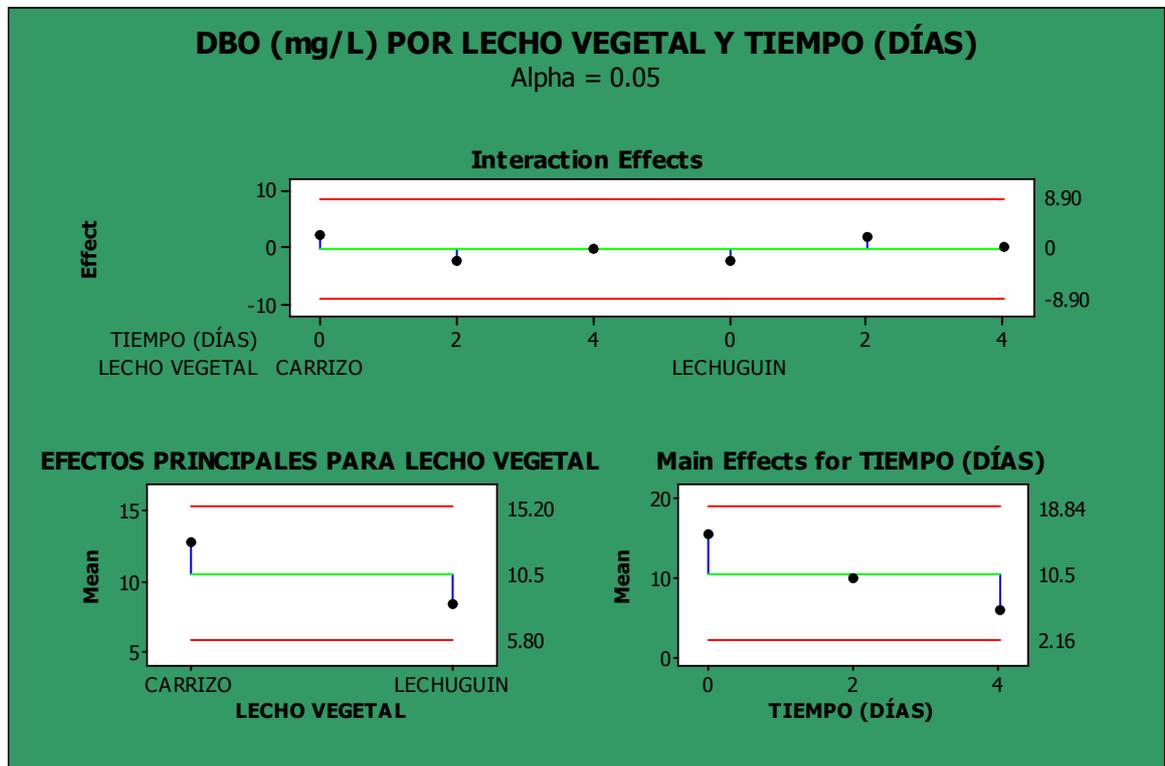
**Figura N°14** Efecto del lecho vegetal y el tiempo sobre la Demanda Bioquímica de Oxígeno del Agua del Canal de Riego Latacunga-Salcedo-Ambato ramal la Argentina.



**Fuente:** César Pozo

**Elaborado por:** César Pozo

**Figura N°15** Límites de confianza para la Demanda Bioquímica de Oxígeno del Agua del Canal de Riego Latacunga-Salcedo-Ambato ramal la Argentina, según los factores en estudio.



**Fuente:** César Pozo

**Elaborado por:** César Pozo

Los valores de  $DBO_5$  se encuentran por debajo del límite permisible desde el inicio de los tratamientos que indica el Texto Unificado de Legislación Ambiental (TULAS). (100mg/L).

En el lecho vegetal de carrizo se determina que existe un decremento conforme el tiempo de retención del agua y así se observa en la figura 15, que a los dos días reporta un valor de (10mg/L) y a los cuatro días de retención un valor de (4mg/L).

En el Lecho vegetal de lechuguín también hay un decremento y es así que a los dos días de retención se reporta un valor de (10mg/L) y a los 4 días un valor de (4mg/L).

Esto demuestra que existe menor cantidad de microorganismos que utilizan oxígeno disuelto para la oxidación aerobia de la materia orgánica biodegradable presente en el agua. A mayor concentración de  $DBO_5$  existe mayor contaminación, con esto se comprueba que el tratamiento aplicado en la descontaminación es eficaz.

### **Demanda Química de Oxígeno (DQO)**

Mide la capacidad de consumo de un oxidante químico, dicromato, permanganato, entre otros, por el total de materias oxidables orgánicas e inorgánicas. Es un parámetro más rápido que el anterior ya que es de medición casi inmediata, la unidad de medida son ppm de  $O_2$ .

Las aguas no contaminadas tienen valores de DQO de 1 a 5 ppm. Las aguas residuales domésticas están entre 260 y 600 ppm.

Hay un índice que indica el vertido, aguas arriba que tenemos en el agua que estamos analizando y es la relación ( $DBO / DQO$ ) si es menor de 0,2 el vertido será de tipo inorgánico y si es mayor de 0,6 se interpretará que aguas arriba tenemos un vertido orgánico.

Después de realizadas los 6 tratamientos de experimentos, se evaluó el contenido de DQO, estos valores son analizados mediante el análisis estadístico factorial para el lecho vegetal (A) y el tiempo (B).

Del análisis de varianza que se presentan en la Tabla 25 se encontró el factor A y B son significativos ( $p < 0.05$ ), mientras que la interacción de los dos factores no lo fue.

**Tabla N°25** Análisis de Varianza para el DQO del Agua del Canal de Riego Latacunga-Salcedo-Ambato ramal la Argentina.

<b>Fuente de Variación</b>	<b>Grados de Libertad</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Cuadrados Medios</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
<b>Modelo</b>	6	1224.50	204.08	9.08	0.0143
<b>Réplicas</b>	1	374.08	374.08	16.64	0.0095
<b>Lecho vegetal</b>	1	234.08	234.08	10.41	0.0233
<b>Tiempo (días)</b>	2	440.17	220.08	9.79	0.0187
<b>Lecho vegetal * Tiempo (días)</b>	2	176.17	88.08	3.92	0.0947
<b>Error</b>	5	112.42	22.48		
<b>Total</b>	11	1336.92			

**Fuente:** César Pozo

**Elaborado por:** César Pozo

Al analizar con la prueba de comparación múltiple Diferencia Significativa Mínima, los factores significativos, se concluye que el lechuguín presenta menor valor de DQO comparado con el carrizo, Tabla 26. En cuanto al tiempo se determinó que con 4 días de filtrado independientemente del lecho de filtrado el DQO es más bajo.

Tabla N°26 Prueba: LSD Fisher      alfa= 0.05    LECHO VEGETAL

LECHO VEGETAL	Medias	GRUPOS HOMOGENEOS
Lechuguín	28	A
Carrizo	36,83	B

Letras distintas indican diferencia significativa ( $p \leq 0.05$ )

**Fuente:** César Pozo

**Elaborado por:** César Pozo

Tabla N°27 Prueba: LSD Fisher      alfa= 0.05    TIEMPO (DÍAS)

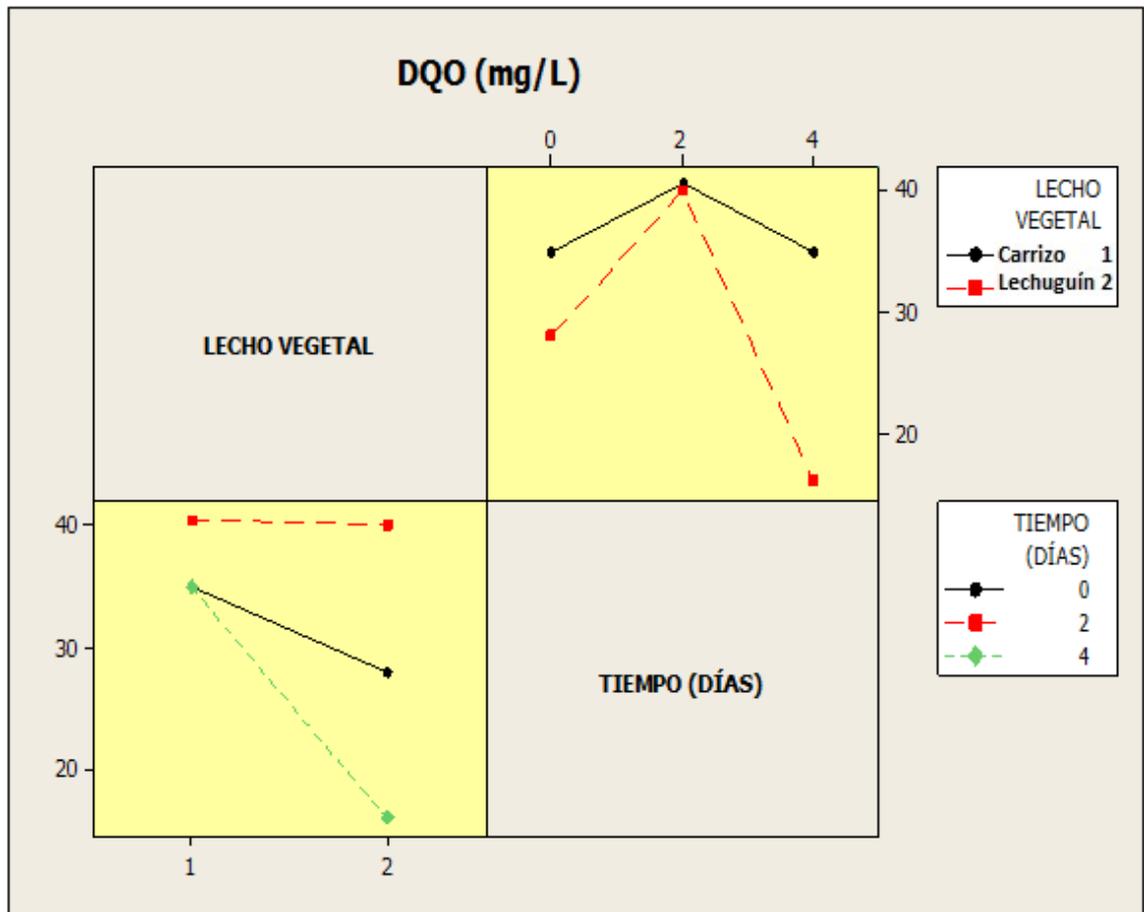
TIEMPO (DIAS)	Medias	GRUPOS HOMOGENEOS
4	25,5	A
0	31,5	A
2	40,25	B

Letras distintas indican diferencia significativa ( $p \leq 0.05$ )

**Fuente:** César Pozo

**Elaborado por:** César Pozo

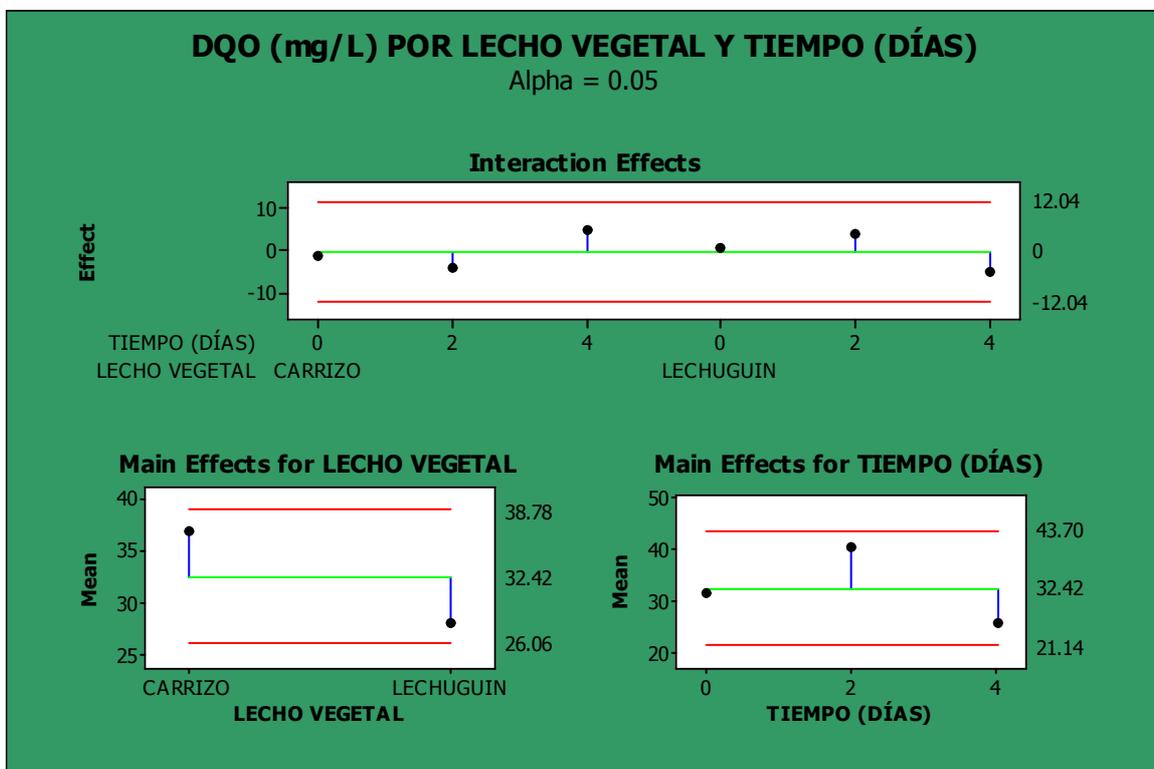
**Figura N°16** Efecto del lecho vegetal y el tiempo sobre la Demanda Química de Oxígeno del Agua del Canal de Riego Latacunga-Salcedo-Ambato ramal la Argentina.



**Fuente:** César Pozo

**Elaborado por:** César Pozo

**Figura N°17** Límites de confianza para la Demanda Química de Oxígeno del Agua del Canal de Riego Latacunga-Salcedo-Ambato ramal la Argentina, según los factores en estudio.



**Fuente:** César Pozo

**Elaborado por:** César Pozo

En las figuras 16 y 17 se presenta la variación de DQO del agua del canal de riego Latacunga-Ambato de los seis tratamientos. En Aguas poco contaminadas debe ser inferior a 50 ppm.

Comparado con el límite máximo permisible (250mg/l) según el Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria (TULAS), el agua descontaminada del canal de riego cumple la norma desde el inicio.

En el lecho vegetal de lechuguín al evaluar los valores que se indica en las figuras 16 y 17, estos disminuyen ya que a los dos días de

retención del agua tiene un valor de (40mg/L) y a los 4 días se indica un valor de (16mg/L).

En el caso del lecho vegetal de Carrizo a los dos días de retención del agua tiene un valor de (41mg/L) y a los 4 días tiene un valor de (35mg/L), pero hay que señalar que este valor es igual al inicial (35mg/L), es decir en este caso no hay una acción positiva de tratamiento en el agua del canal de riego.

Es importante señalar que en el caso de los dos humedales a los dos días de retención los valores se incrementan al comparar con el inicial que es de (35mg/L).

Analizando los valores finales se puede afirmar que solo el lecho vegetal de lechuguín tiene una acción positiva en la descontaminación de las aguas del canal de riego Latacunga-Salcedo-Ambato.

### **Parámetros Bacteriológicos**

Los resultados del ANOVA para Coliformes fecales, revelan que no hay diferencia significativa en el lecho vegetal y la combinación del lecho vegetal y el tiempo. Sin embargo, el tiempo de aplicación de los tratamientos presenta un efecto estadísticamente significativo en el contenido de Coliformes fecales (Tabla 28)

**Tabla N°28** Análisis de Varianza para los Coliformes Fecales del Agua del Canal de Riego Latacunga-Salcedo-Ambato ramal la Argentina.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados Medios	F	p-valor
<b>Modelo</b>	6	735800950000	122633491666.67	16.1069	0.0039
<b>Réplicas</b>	1	19537470000	19537470000.00	2.5661	0.1701
<b>Lecho vegetal</b>	1	9720000	9720000.00	0.0013	0.9729
<b>Tiempo (días)</b>	2	716238320000	358119160000.00	47.0361	0.0006
<b>Lecho vegetal * Tiempo (días)</b>	2	15440000	7720000.00	0.0010	0.9990
<b>Error</b>	5	38068513200	7613702640.00		
<b>Total</b>	11	773869463200			

**Fuente:** César Pozo

**Elaborado por:** César Pozo

La prueba de comparación múltiple Diferencia Significativa Mínima, establece que la relación contenido de Coliformes fecales y el tiempo es inversamente proporcional, a mayor tiempo menor número de Coliformes.

**Tabla N°29 Prueba: LSD Fisher      alfa= 0.05    TIEMPO (DÍAS)**

TIEMPO (DIAS)	Medias	GRUPOS HOMOGENEOS
4	300	A
2	3200	A
0	520000	B

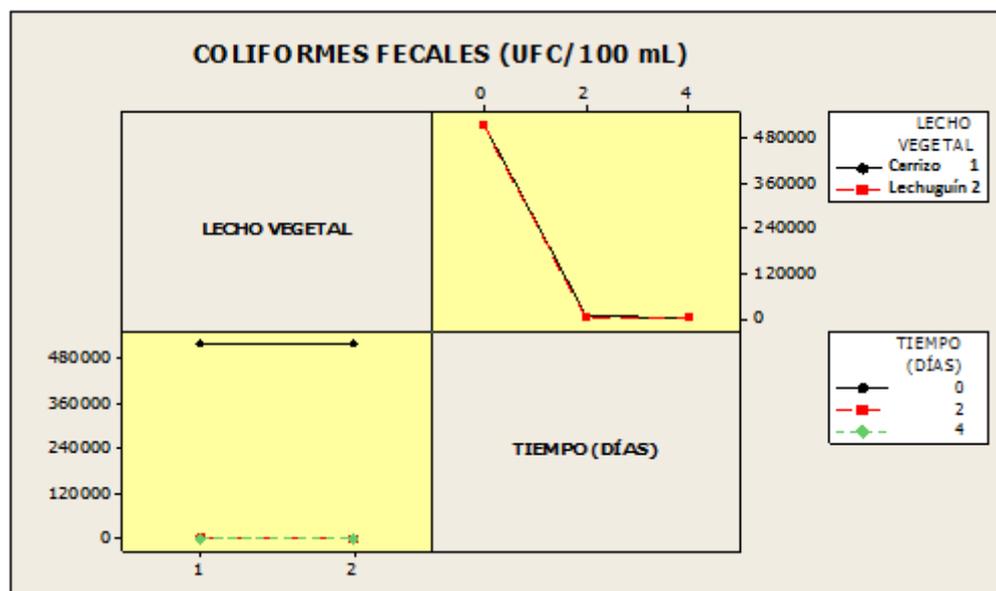
Letras distintas indican diferencia significativa ( $p \leq 0.05$ )

**Fuente:** César Pozo

**Elaborado por:** César Pozo

En las figuras 18 y 19, se observa que el tiempo de aplicación de los tratamientos, independientemente de los lechos vegetales, presentan mayor pendiente a los 2 días, indicando una mayor velocidad de cambio; los Coliformes fecales disminuyen rápidamente.

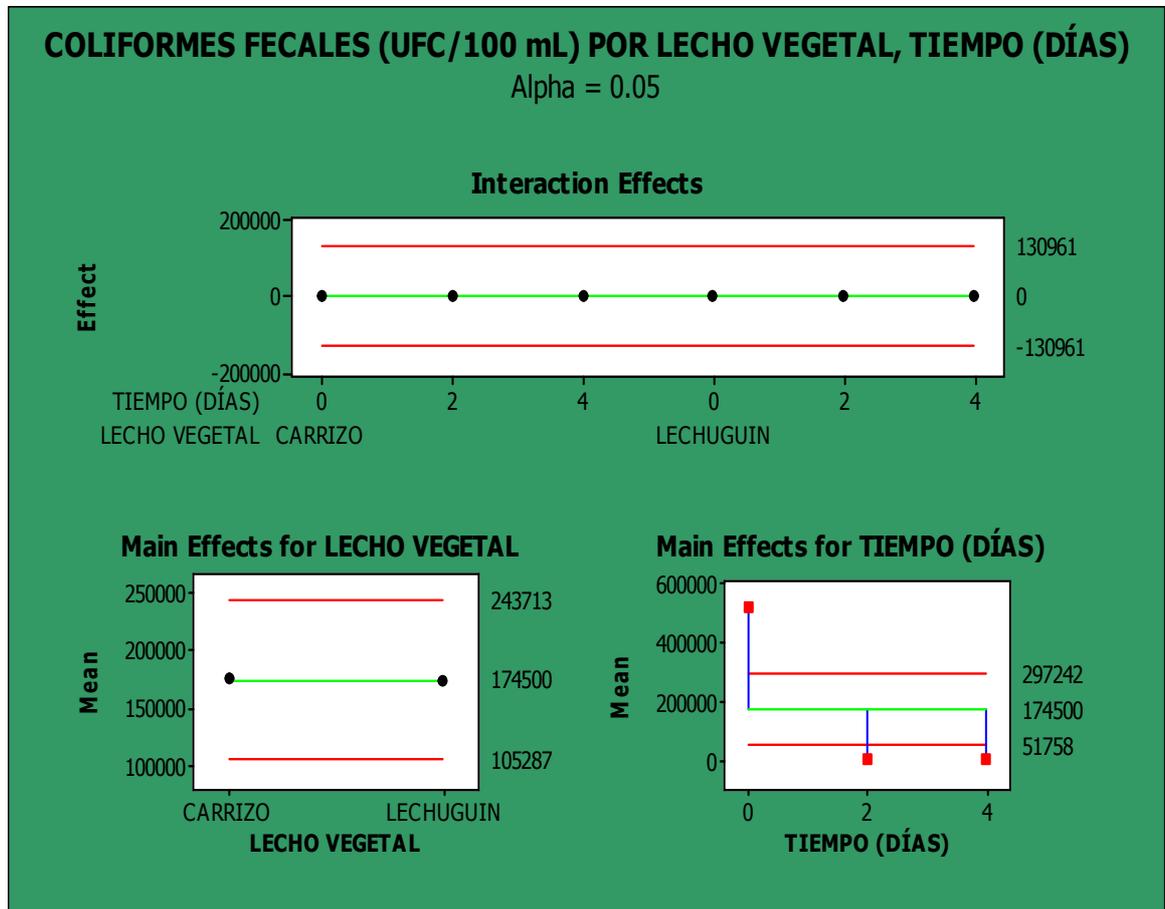
**Figura N°18** Efecto del lecho vegetal y el tiempo sobre el contenido de Coliformes Fecales del Agua del Canal de Riego Latacunga-Salcedo-Ambato ramal la Argentina.



**Fuente:** César Pozo

**Elaborado por:** César Pozo

**Figura N°19** Límites de confianza para los Coliformes Fecales del Agua del Canal de Riego Latacunga-Salcedo-Ambato ramal la Argentina, según los factores en estudio.



**Fuente:** César Pozo

**Elaborado por:** César Pozo

El resultado reportado inicialmente es decir antes que el agua entre a los humedales para su remediación, como se puede observar en las figuras 18y 19, es elevado (400000 UCF/100ML), luego que los humedales realizan su acción se produce una disminución bastante significativa al final del, tratamiento con lo que se cumple el limite permisible que indica el TULAS (2500 UCF/100MI).

En el caso del lecho vegetal de lechuguín a los dos días de tiempo de retención indica un valor de (700 UCF/100mL), y a los 4 días un valor de (100 UCF/mL), es decir a los dos días ya se cumple con el objetivo.

En el caso del lecho vegetal de Carrizo a los dos días de tiempo de permanencia del agua del canal, Indica un valor de (5700 UCF/mL), y a los 4 días indica un valor de (500 UCF/mL), aquí en cambio a los dos días no cumple con el límite permisible, cumpliendo con la descontaminación a los 4 días de tratamiento.

En este parámetro medido es donde mayor acción ejerce los humedales vegetales, determinando que el Lechuguín es el más eficaz.

Al hacer el análisis de adaptabilidad de los lechos vegetales se puede determinar que los Lechuguines se adaptan mejor al medio y se desarrollan rápidamente sin ningún problema frente a los carrizos que necesitan que las plántulas estén perfectamente desarrolladas para que ejerzan su acción, se determino que la planta está perfectamente desarrollada a los 6 meses de haber trasplantado, hay que anotar que la planta primeramente se seca y luego se desarrolla, razón de la demora en adaptarse al medio.

Al hacer un análisis global de los resultados se puede determinar que el agua del canal de riego Latacunga-Salcedo-Ambato está altamente contaminada antes de entrar al tratamiento con los humedales vegetales. Indica un índice alto de contaminación con Coliformes Fecales y Coliformes Totales, parámetros fuera de los límites permisibles que indica la legislación ambiental.

En los otros parámetros estudiados a pesar de que cumplen con las normas ambientales se observa lo siguiente:

En el lecho vegetal de lechuguín y Carrizo, los Sólidos Sedimentables, DBO<sub>5</sub> y DQO se determina que hay una disminución en su resultado final.

La Turbiedad, pH, Nitratos, Amonio y Materia Orgánica en el lecho vegetal de lechuguín baja, en cambio en el lecho vegetal de carrizo se produce un aumento.

La Conductividad Eléctrica, la Dureza Total y los Sulfatos tanto en el lecho vegetal de Lechuguín como de Carrizo se produce un aumento, mientras que los Sólidos Suspendidos se mantienen iguales en los dos casos.

Se puede determinar que el lecho vegetal de Lechuguín se adapta mejor al medio y es más eficaz en todos los parámetros en relación al lecho vegetal de Carrizo, cumpliendo de esta forma con las normas ambientales establecidas

## **4.3 VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS**

### **HIPÓTESIS**

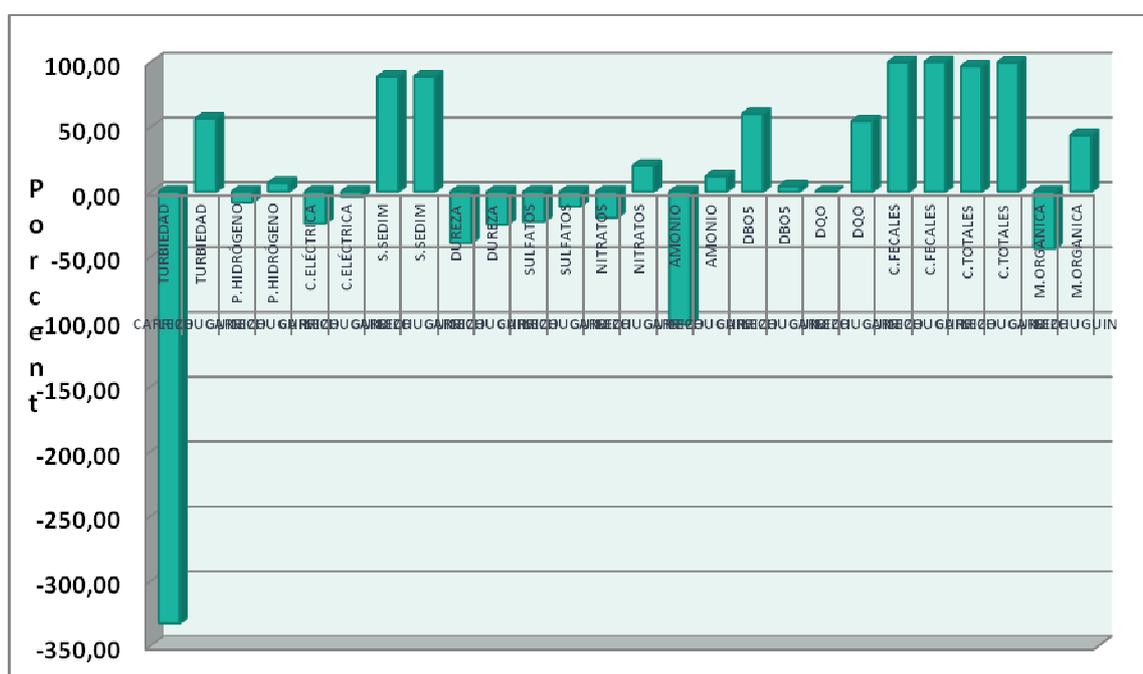
- La utilización de la tecnología de fitoremediación mediante dos tipos de humedales permitirán la depuración de las aguas del canal de riego Latacunga –Salcedo-Ambato.

Para verificar la hipótesis, se debe tener en cuenta la caracterización inicial de las aguas del canal de riego Latacunga-Salcedo-Ambato, pues ello permite establecer el grado de contaminación de las aguas mencionados, a partir de lo cual se calcula la eficiencia de los tratamientos en la depuración de las aguas del canal.

En base a las eficiencias obtenidas en la presente investigación de los seis tratamientos, se puede determinar que ha existido una mejora considerable en el proceso de fitoremediación del canal de riego Latacunga – Salcedo- Ambato, mediante el empleo de humerales de carrizo y lechuguín, alcanzándose porcentajes altos cuando se trabaja con lechuguín. En la figura se puede observar claramente los porcentajes de eficiencia para cada respuesta experimental tanto para el humeral de carrizo como para el humeral de lechuguín.

Con este análisis se **acepta la hipótesis planteada en la investigación**, es decir la técnica biotecnológica utilizada si dio buenos resultados, por tanto constituye un proceso atractivo para descontaminar el medio ambiente.

**Figura Nº 20** Eficiencia de las Respuestas Experimentales según los Humedales



Fuente: César Pozo

Elaborado por: César Pozo

#### 4.4 VALIDACIÓN DE LA EFECTIVIDAD DE LOS HUMEDALES INVESTIGADOS.

Se valida la efectividad de los humedales vegetales tanto de Lechuguín como de Carrizo con los resultados de los análisis realizados del agua del canal de riego Latacunga-Salcedo-Ambato en los laboratorios acreditados por la OAE, N° OAE LE 2C 06-008 del Centro de Servicios Técnicos y Transferencia Tecnológica Ambiental (CESTTA) de la Escuela Politécnica del Chimborazo (ESPOCH). ANEXO C

#### 4.5 ANÁLISIS ECONÓMICO DE LAS TECNOLOGÍAS EMPLEADAS

Tabla N°30 Análisis Económico

RECURSOS	Nº	COSTO UNIT(USD)	VALOR TOTAL(USD)
Excavación Humedales	2	40.00	80.00
Plantas acuáticas Carrizos	96	0.20	19.20
Plantas acuáticas Lechuguines	96	0.20	19.20
Grava	4 m3	4.20	16.80
Piedra	4 m3	4.20	16.80
Geomembrana	72 m3	6.00	432.00
Mano de Obra	3 días	12.00	36.00
Accesorios			30.00
<b>COSTO TOTAL</b>			<b>650.00</b>

Fuente: César Pozo

Elaborado por: César Pozo

Al analizar el costo de implementación de estos humedales vegetales, se puede observar que la inversión es sumamente baja y de igual eficiencia que cuando se emplean otros tratamientos que requieren de recursos económicos más altos, tecnologías avanzadas y costosas, entre los que se puede citar:

Tratamiento Biológico:

Aerobios: Lodos Activados, Filtros Percoladores, Discos Giratorios,  
Laguna de Estabilización.

Anaerobios: Digestor Cerrado.

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 CONCLUSIONES:

**5.1.1** En los resultados obtenidos en la investigación se puede determinar que las aguas que se descargan al Río Cutuchi por parte de las empresas, hospitales y aguas servidas desde el sector de Laso hasta la ciudad de Latacunga no se les da ningún tratamiento, de esta manera contaminando las aguas del río, que luego es recogida por el canal de riego Latacunga-Salcedo-Ambato, ya que los valores, se encuentran fuera de los parámetros de control establecido en el Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria (TULAS). Los valores más significativos son los de Coliformes Fecales y Totales lo que determina una alta contaminación microbiana.

**5.1.2** Los parámetros analizados en el agua del canal sin tratamiento previo, según los resultados, se determina que hay una alta contaminación en lo que se refiere a Coliformes fecales y Coliformes totales, lejos de los límites permisibles que indican las normas ambientales y el TULAS.

**5.1.3** La fitoremediación aplicada con este tipo de humedales es efectiva, determinándose que el humedal de “**Lechuguín**” (*Eichhornia crassipes*) es el más aconsejable ya que a los 2 días de retención ya existe una acción efectiva que indica el Tulas en lo referente a Sólidos Sedimentables, DBO, DQO, y especialmente en Coliformes Fecales y Totales.

**5.1.4** En el resto de parámetros se concluye lo siguiente: La Turbiedad, pH, Nitratos, Amonio y Materia Orgánica en el lecho vegetal de lechuguín baja, en cambio en el lecho vegetal de carrizo se produce un aumento. La Conductividad Eléctrica, la Dureza Total y los Sulfatos tanto en el lecho vegetal de Lechuguín como de Carrizo se produce un aumento, mientras que los Sólidos Suspendidos se mantienen iguales en los dos casos.

**5.1.5** Se puede determinar que el lecho vegetal de Lechuguín se adapta mejor al medio.

**5.1.6** Se observa también que el agua tratada del canal de riego con los dos lechos vegetales con una retención de cuatro días, se incluyó en el análisis dos parámetros muy importantes el de Cromo Hexavalente y Plomo, cuyos valores cumplen con los límites permisibles que indica la norma ambiental(TULAS).

**5.1.7** Al realizar el estudio económico se concluye que este tipo de descontaminación es barato y estaría al alcance de los pequeños agricultores interesados en tener sembríos sanos y no contaminados por el agua de regadío.

## **5.1 RECOMENDACIONES:**

**5.2.1** Se sugiere implementar los dos humedales vegetales en el canal de riego Latacunga-Salcedo-Ambato en los que el primer lecho vegetal sea con Lechuguín ya que se adapta 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 Fitoremediación.

5.2.2 Es recomendable que las autoridades ambientales, municipales y otras difundan este tipo de fitoremediación que es fácil de implementar y a bajo costo.

5.2.3 Se recomienda que el humedal vegetal de carrizo antes de que pase el agua que va ser tratada tiene que estar desarrollado por lo menos 6 meses de haberse implantado, ya que al ser trasplantada la plántula primeramente se marchitan para luego retoñar y desarrollarse.

5.2.4 De acuerdo a los resultados obtenidos que determinan una alta contaminación microbiana de las aguas del Canal de Riego Latacunga-Salcedo-Ambato es necesario que las autoridades ambientales tomen conciencia y tomen la firme decisión de descontaminar estas aguas que están dañando el entorno ambiental y la salud de los habitantes.

## **CAPÍTULO VI**

### **PROPUESTA**

#### **6.1 TEMA:**

"Fitoremediación de las aguas del canal del riego Latacunga- Salcedo - Ambato utilizando humedales vegetales primero de Lechuguín (*Eichhornia crassipes*) y luego de Carrizo (*Arundo donax*) en Salcedo, ramal la Argentina".

#### **6.2. DATOS INFORMATIVOS**

##### **LUGAR DE REALIZACIÓN:**

Canal de riego Latacunga-Salcedo-Ambato

##### **UBICACIÓN:**

Cantón Salcedo, Prov. De Cotopaxi, Zona La Argentina

##### **AUTOR DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:**

Ing. César Pozo Yépez

##### **ASESOR DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:**

Ing. Ph.D. José Velasteguí Sánchez

### 6.3 ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA

Las aguas del Río Cutuchi están altamente contaminadas ya que en todo su cauce desde el sector de Laso Provincia del Cotopaxi efluentes de aguas servidas, fábricas, establos, hospitales, mataderos, etc., sin ningún tratamiento previo, para luego formar el canal de riego Latacunga Salcedo Ambato a partir del sector sur de la ciudad de Latacunga.

La calidad de las aguas es por tanto muy serio ya que son utilizadas por los agricultores en el cultivo de diversos productos agrícolas tanto para consumirlos en propiedad como para ser comercializados en los mercados del centro del país.

Esta agua contaminada del Río Cutuchi usada para riego principalmente a la Salud Pública, ya que los efluentes descargados en esta cuenca, por todos sus actores va a contener grasas, aceites un alto contenido de materia orgánica lo que hará que los niveles de DBO Y DQO, un alto contenido de Coliformes fecales y totales estén fuera del límite permitido, como se indica en el siguiente cuadro.

**Tabla Nº 31 CALIDAD AMBIENTAL DEL RIO CUTUCHI**

VALOR	CALIDAD	DETRIMENTO*
0-300	Mala	70% - 100%
300-500	Regular	50% - 70%
500-700	Buena	30% - 50%
700-900	Muy Buena	10% - 30%
900-1000	Excelente	0% - 10%

\*Valor adimensional, que engloba al DBO<sub>5</sub> DO

DBO<sub>5</sub> Demanda Bioquímica de oxígeno al quinto día

DO demanda de oxígeno

**Fuente:** CESA, 2003.

Los datos registrados demuestran que más del 70% del agua presenta mala calidad y solo un 10% tiene excelente calidad y, que se ubica en las nacientes o inicio de la fuente, ya que a medida que el agua circula a los sectores inferiores de la cuenca, se contamina progresivamente.

Las aguas del Río Cutuchi, luego que pasan la zona urbana de la ciudad de Latacunga son captadas por los sistemas de riego: Latacunga-Salcedo-Ambato y Jiménez-Cevallos, estas aguas no son aptas para ningún uso, sin embargo, los agricultores riegan sus sembríos con estas aguas, los productos de estos sembríos luego son transportados para la venta en ciudades tales como: Latacunga, Ambato, Riobamba e incluso Quito y Guayaquil (**CESA, 2003**).

**SOLANO (2007)** manifiesta que un sistema eficiente resulto la siembra de carrizo y tifa latifolia conocida como tifa en un medio natural como grava para que se haga una bio-acumulación en las paredes de las rocas y se depure el agua a partir de la flora bacteriana, la cual arroja el liquido depurado en un sistema de tratamiento natural

Según **ALLARD P (1998)**. Las concentraciones que aporta cada litro de sangre en términos de DBO son de 150,000-200,000 mg/l Según el Proyecto GAP, CINSET 2002 Indica que el derrame de 1 litro de leche equivales a un aporte de DBO de 110.000 mg/l y de DQO de 220.000 mg/l.

**MAINE M (2001)**, la fitoremediación con humedales vegetales son sistemas de tratamiento naturales en los cuales se producen procesos físicos, químicos y bacteriológicos por interacción del agua, el suelo, las plantas, los microorganismos y la atmósfera, los mismos que son aprovechados para dar tratamiento a las aguas residuales. Son sistemas

de tratamiento que utilizan plantas acuáticas para el tratamiento de aguas residuales.

**LARA J (1999)**, indica que los pantanos tienen tres funciones básicas que los hacen tener un potencial para el tratamiento de aguas residuales, estas son:

- Fijar físicamente los contaminantes en la superficie del suelo y la materia orgánica.
- Utilizar y transformar los elementos por medio de los microorganismos.
- Lograr niveles de tratamiento consistentes con un bajo consumo de energía y bajo mantenimiento.

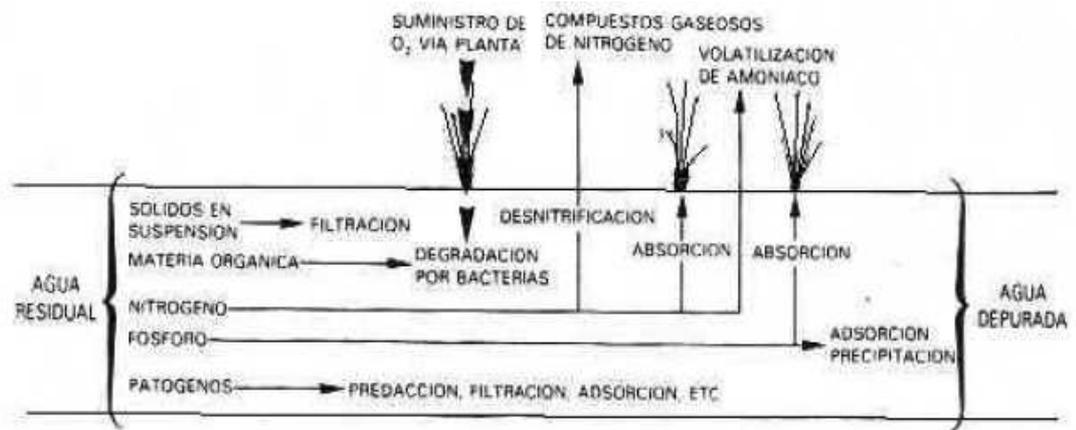
Existen dos tipos de sistemas de humedales, de flujo libre y subsuperficial. En el primero la vegetación está parcialmente sumergida en el agua, mientras que en el segundo el agua residual es tratada a medida que fluye lateralmente a través de un medio poroso, grava y /o arena.

El pantano de flujo subsuperficial tiene ventajas respecto al otro sistema, como las relaciones biológicas se deben al crecimiento de los microorganismos, el lecho de grava tendrá mayores tasas de reacción y por tanto requiere de un área menor, esto resulta importante ante las restricciones de área que se tiene en los sitios de tratamiento.

Como el nivel del agua está por debajo de la superficie del medio granular no está expuesto, con lo que se evitan posibles problemas de vectores como mosquitos, que si pueden presentarse en los sistemas de flujo libre en algunos lugares. Por otro lado, no presentan inconvenientes con el acceso de personas, así como se evitan problemas en climas fríos, puesto que esta capa presta mayor protección térmica.

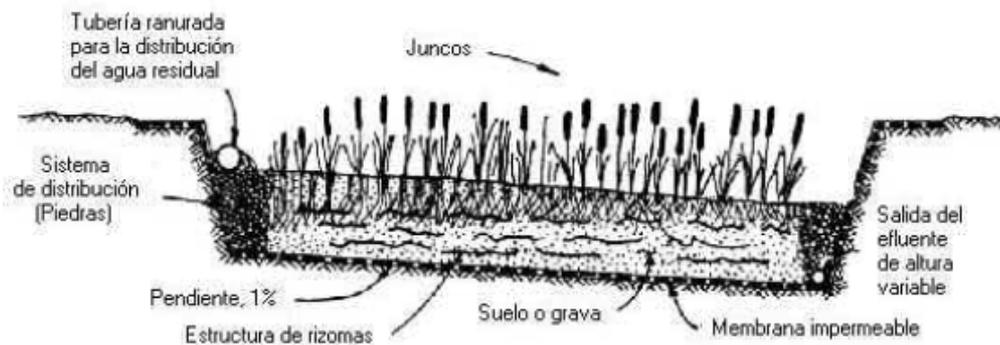
En cuanto al rendimiento de los humedales, se puede decir que pueden tratar con eficiencia niveles altos de DBO<sub>5</sub>, sólidos suspendidos y nitrógeno, con rendimientos superiores al 80%.

### PROCESO DE DEPURACIÓN DE LOS HUMEDALES VEGETALES



Fuente: Lara, 1999

### - SISTEMA DE FLUJO SUPERFICIAL



Fuente: Lara, 1999

**El Carrizo (*Arundo donax*)** es una planta cuyas raíces ayudan a la eliminación de microorganismos patógenos, retención de nutrientes y remoción de minerales.

Es una planta herbácea interesante que actúa de forma tapizante, con sus rizomas es un sistema natural efectivo. Esta especie protege a 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.

**El Lechuguín (*Eichhornia crassipes*)** pertenece a la familia de las Pontederiaceas es una especie flotante de raíces sumergidas, carece de tallo aparente, provista de un rizoma, muy particular, emergente, del que se abre un rosetón de hojas que tiene una superficie esponjosa notablemente inflada e forma de globo que parece una vejiga llena de aire, mediante la que el vegetal puede mantenerse sobre la superficie acuática.

La biomasa muerta de lechuguín es una buena alternativa para el tratamiento de aguas residuales contaminadas con  $\text{Cr}^{6+}$  y  $\text{Pb}^{2+}$  debido a su bajo costo y su alta eficiencia.

En la investigación realizada se ha comprobado que la fitoremediación aplicada es efectiva en el agua de riego ya que reduce considerablemente los índices especialmente de Coliformes fecales y Coliformes totales, prácticamente dejando en los límites permisibles que indica el TULAS, siendo más efectivo el humedal de lechuguín, sin dejar de lado los otros parámetros investigados como son  $\text{DBO}_5$ , DQO, Nitrógeno, sulfatos, amonio, materia orgánica, en los cuales también hay una acción positiva.

Teniendo esta referencia es que se plantea esta fitoremediación con humedales vegetales, de Lechuguín y Carrizo, en la descontaminación de las aguas del canal de riego, ya que se puede afirmar que este método es positivo.

**FIALLOS L (2011).** Manifiesta como sus principales resultados en forma general que entre el agua de salida de la estación de tratamiento El Peral y el agua que pasa por los estanques vegetales se pudo comprobar que existe disminución de la carga de contaminantes, según los resultados de Sólidos totales, Demanda Química de Oxígeno, Demanda bioquímica de oxígeno, Índice de bacterias Coliformes tanto fecales como totales, Nitrógeno y fósforo, además de parámetros físicos como color y olor, en el agua que se sometió a fitoremediación, especialmente en el estanque que contuvo lechuguín, ya que el vegetal se adaptó rápidamente al medio por lo cual su acción fue eficaz en todos los parámetros; a pesar que en algunos no mostró diferencias significativas se logró cumplir con la norma ambiental.

Al contrario, no se puede decir lo mismo del carrizo debido a que al inicio del proceso, mostró mejora en los parámetros, pero con el transcurso del tiempo se malogró el vegetal debido probablemente a las características y carga de los contaminantes presentes en las aguas servidas y/o por las características de los estanques empleados en la investigación.

Al hacer un análisis global de los resultados se puede determinar que el agua del canal de riego Latacunga-Salcedo-Ambato está altamente contaminada antes de entrar al tratamiento con los humedales vegetales. Indica un índice alto de contaminación con Coliformes Fecales y Coliformes Totales, parámetros fuera de los límites permisibles que indica la legislación ambiental.

En los otros parámetros estudiados a pesar de que cumplen con las normas ambientales se observa lo siguiente:

En el lecho vegetal de lechuguín y Carrizo, los Sólidos Sedimentables, DBO<sub>5</sub> y DQO se determina que hay una disminución en su resultado final.

La Turbiedad, pH, Nitratos, Amonio y Materia Orgánica en el lecho vegetal de lechuguín baja, en cambio en el lecho vegetal de carrizo se produce un aumento.

La Conductividad Eléctrica, la Dureza Total y los Sulfatos tanto en el lecho vegetal de Lechuguín como de Carrizo se produce un aumento, mientras que los Sólidos Suspendidos se mantienen iguales en los dos casos.

Se puede determinar que el lecho vegetal de Lechuguín se adapta mejor al medio y es más eficaz en todos los parámetros en relación al lecho vegetal de Carrizo, cumpliendo de esta forma con las normas ambientales.

## **6.4 JUSTIFICACIÓN**

Una vez caracterizadas las aguas residuales del canal de riego Latacunga-Salcedo-Ambato y verificando que se está contaminando el agua se ve la necesidad de establecer un tratamiento, fitoremedial planteando una alternativa tecnológica para el tratamiento de dichas aguas descargadas que tienen un alto contenido de materia orgánica lo cual favorece el desarrollo de microorganismos e incrementan el nivel de contaminación de las aguas, teniendo en cuenta que se está eliminando productos de limpieza que alteran la calidad de las aguas e influyen en la

estabilidad de la flora y fauna que se desarrolla. Además la emanación de olores propios de la contaminación de las aguas.

Las aguas se mezclan con las servidas que bajan por el sistema de alcantarillado que recogen aguas servidas de la población, por lo que se incrementa el nivel de contaminación que posteriormente serán descargadas en el canal donde se produce un mayor nivel de contaminación y cambios en los parámetros de calidad del agua.

Es necesario tener las aguas de regadío descontaminadas, ya que se utilizan en alrededor de 24000 hectáreas de una zona eminentemente agrícola situada en la provincia del Cotopaxi y Tungurahua y de gran producción y en algunos casos hasta para consumo humano, se requiere realizar la presente investigación para conocer sus causas y efectos y poder plantear alternativas de solución.

Por tales razones es sumamente necesario plantear este proyecto que contribuya a la calidad ambiental y salud de los habitantes de la zona que utilizan las aguas del canal Latacunga-Salcedo-Ambato provenientes del río Cutuchi. Propuesta que se justifica pues esta tesis está sentando las bases para lo siguiente.

## **6.5. OBJETIVOS**

### **6.5.1. OBJETIVO GENERAL**

"Fitoremediación de las aguas del canal del riego Latacunga-Salcedo -Ambato utilizando humedales vegetales primero de Lechuguín (*Eichhornia crassipes*) y luego de Carrizo (*Arundo donax*) en Salcedo, ramal la Argentina".

### **6.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Realizar la caracterización de las aguas sin y con tratamiento en época seca y en época húmeda.
- Evaluar el comportamiento de dos humedales vegetales primero de Carrizo (*Arundo donax*) y luego de Lechuguín (*Eichhornia crassipes*) para la fitoremediación de las aguas del canal Latacunga-Salcedo-Ambato.
- Realizar un análisis económico de la Investigación

### **6.6 ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD**

La factibilidad de aplicar un estudio de fitoremediación es de tipo tecnológico e investigativo lo que va a permitir confirmar la eficiencia de este tratamiento como un método efectivo para la descontaminación de las aguas del canal Latacunga-Salcedo-Ambato.

El análisis de factibilidad es además de carácter económico, que se adopta el uso de vegetales de fácil adquisición y son propias del medio como es el caso del Lechuguín y el carrizo por consiguiente la investigación es factible y que dará excelentes resultados en el tratamiento de las aguas del canal de riego motivo de la investigación.

## 6.7 FUNDAMENTACIÓN

### 6.7.1 Tratamiento de Aguas Residuales.

La generación de aguas residuales se debe principalmente a las aguas que desembocan en el río que provienen de industria, hospitales, clínicas, aguas servidas y a restos de producto derramados. Presentan las siguientes características:

- Alto contenido de materia orgánica.
- Aceites y grasas.
- Niveles elevados de nitrógeno y fósforo, principalmente debidos a los productos de limpieza y desinfección.
- Variaciones importantes de pH, vertidos de soluciones ácidas y básicas.
- **El Carrizo (*Arundo donax*)** es una planta cuyas raíces ayudan a la eliminación de microorganismos patógenos, retención de nutrientes y remoción de minerales.
- Es una planta herbácea interesante que actúa de forma tapizante, con sus rizomas es un sistema natural efectivo. Esta especie protege a 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.

- **El Lechuguín (*Eichhornia crassipes*)** pertenece a la familia de las Pontederiáceas es una especie flotante de raíces sumergidas, carece de tallo aparente, provista de un rizoma, muy particular, emergente, del que se abre un rosetón de hojas que tiene una superficie esponjosa notablemente inflada e forma de globo que parece una vejiga llena de aire, mediante la que el vegetal puede mantenerse sobre la superficie acuática.
- La biomasa muerta de Lechuguín es una buena alternativa para el tratamiento de aguas residuales contaminadas con  $\text{Cr}^{6+}$  y  $\text{Pb}^{2+}$  debido a su bajo costo y su alta eficiencia.
- En la investigación realizada claramente se ha comprobado que la fitoremediación aplicada es efectiva en el agua de riego ya que reduce considerablemente los índices especialmente de Coliformes fecales y Coliformes totales, prácticamente dejando en los límites permisibles que indica el TULAS, siendo más efectivo el humedal de Lechuguín, sin dejar de lado los otros parámetros investigados como son  $\text{DBO}_5$ , DQO, nitrógeno, sulfatos, amonio, materia orgánica, en los cuales también hay una acción positiva.
- Teniendo esta referencia es que se plantea esta fitoremediación con humedales vegetales en forma combinada, de tal forma que el humedal vegetal de **Carrizo** sirva como un pre tratamiento, para que luego pase a depurarse por completo estas aguas en el humedal vegetal de **Lechuguín**.

### 6.7.2 Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales.

Se pueden clasificar en dos tipos: los sistemas que emplean procesos fisicoquímicos y los que se sustentan en procesos biológicos.

**JONES, (1974)** Los procesos biológicos pueden ser llevados a cabo mediante procesos aerobios, anaerobios o una combinación de ambos (mixtos)

**Procesos aerobios.** Someten a cualquier volumen de agua residual a aireación durante un tipo en el cual se reduce su contenido de materia orgánica y se forma a la vez un lodo biológico.

**RAMALHO, (1993)** Éste lodo está formado por una población heterogénea de microorganismos que cambia continuamente en función de las variaciones en la composición de las aguas residuales y de las condiciones ambientales

**Procesos anaerobios.** Son procesos que se llevan a cabo en ausencia de oxígeno. Constan de dos etapas:

- Fermentación ácida. Se hidroliza en primer lugar los compuestos orgánicos complejos del agua (proteínas, grasas e hidratos de carbono) para producir unidades moleculares menores, las que a su vez son sometidas a biooxidación convirtiéndose principalmente en ácidos grasos de cadena corta.
- Fermentación metanogénica. Los microorganismos metanogénicos, que son estrictamente anaerobios, convierten los ácidos de cadenas más largas a metano, dióxido de carbono y ácidos orgánicos de cadenas más cortas. Las moléculas ácidas se hidrolizan repetidamente dando lugar a ácido acético el cual se convierte en dióxido de carbono y metano (**RAMALHO, 1993**).

Los procesos anaerobios no han tenido mucho éxito cuando se utilizan como los únicos sistemas de tratamiento, ya que la calidad de sus

efluentes es inferior a la requerida por los estándares reguladores. Sin embargo, el proceso ofrece un sistema de bajo costo para el tratamiento de aguas.

**Procesos mixtos (anaerobio-aerobio).** Cuando se utiliza un proceso anaerobio como etapa previa a un sistema aerobio se obtienen procesos aerobios más efectivos en la remoción de los contaminantes del agua.

## 6.8 METODOLOGÍA.

El Agua del canal de riego Latacunga-Salcedo-Ambato se la somete al tratamiento con los humedales vegetales de Lechuguín y de Carrizo que se los construye previamente.

El humedal vegetal de lechuguín se adapta fácilmente al medio, una vez que el lecho vegetal está cubierto con estas plantas, ingresamos el agua a ser tratada, previamente realizando la toma de la muestra para el análisis al inicio del tratamiento, y luego al final del tratamiento, es decir a los cuatro días de permanecer el agua en el humedal y ratificar con esto que se cumple la fitoremediación del canal de riego Latacunga-Salcedo-Ambato.

El humedal vegetal de Carrizo necesita más tiempo para adaptarse al medio, ya que sus plántulas que son trasplantadas al lecho demoran en desarrollarse. El agua del canal de riego antes de ingresar al tratamiento, el carrizo tiene que estar perfectamente desarrollado para que se cumpla con el objetivo de descontaminación, se realiza la toma de la muestra para el análisis correspondiente al inicio, y luego a los cuatro días de permanecer el agua en el lecho vegetal, para de esta manera comprobar que se cumple la fitoremediación planteada.

La caracterización de las aguas del canal de riego se realiza en época seca y húmeda para tener resultados que permitan conocer la acción ejercida de los humedales en estas épocas diferentes ya que de pronto puede haber una variación en los resultados por la dilución cuando llueve. Los parámetros que se analizan son los siguientes: Turbiedad, pH, Conductividad Eléctrica, Sólidos Suspendidos, Dureza Total, Sulfatos, Nitratos, Amonio, DBO<sub>5</sub>, DQO, Coliformes Fecales, Coliformes Totales, Materia Orgánica, Metales Pesados .

En el análisis económico de la propuesta se establecen los recursos económicos (tabla 31), para el diseño y construcción de los humedales; en primera instancia se realiza la excavación y adecuación, con geomembrana, grava, piedra (coque) y tierra fértil según el caso, para la adaptación de las plántulas del humedal vegetal.

**Tabla Nº 32** Análisis Económico de la Propuesta

RECURSOS	Nº	COSTO UNIT(USD)	VALOR TOTAL(USD)
Excavación Humedales	2	40.00	80.00
Plantas acuáticas Carrizos	96	0.20	19.20
Plantas acuáticas Lechuguines	96	0.20	19.20
Grava	4 m3	4.20	16.80
Piedra	4 m3	4.20	16.80
Geomembrana	72 m3	6.00	432.00
Mano de Obra	3 días	12.00	36.00
Accesorios			30.00
ANÁLISIS DE LABORATORIO	2	183.00	356.00
<b>COSTO TOTAL</b>			<b>1006.00</b>

**Fuente:** César Pozo

**Elaborado por:** César Pozo

## **6.9 ADMINISTRACIÓN**

La administración de la propuesta estará a cargo del investigador quien elaboró técnicamente y por conocer el proceso de investigación con la vigilancia de un equipo de control técnicamente preparado para cumplir con todas las expectativas que se merece esta investigación y funcionamiento de lo propuesto.

## **6.10 PREVISIÓN DE LA EVALUACIÓN**

Se estará monitoreando durante seis meses el funcionamiento de los humedales con la finalidad de valorar la verdadera dimensión de esta innovación en la descontaminación de las aguas del canal Latacunga – Salcedo-Ambato, para ello se planteará una encuesta a los usuarios y una ficha de observación en la que registrara todos los acontecimientos que se produzcan.

De esta manera analizando nuevamente sus aguas se va a tener mejor control y verificar la eficiencia de la fitoremediación de las aguas del canal.

## **BIBLIOGRAFÍA**

**ABRIL PORRAS VÍCTOR HUGO. 2003**, “Técnicas de Investigación Científica”, Maestría en Psicología Educativa. Centro de Estudios de Posgrado, Universidad Técnica de Ambato, Ambato – Ecuador.

**AGUILAR M, 2001**, México D.F., A, “Análisis de Agua - Determinación de Nitrógeno Total Kjeldahl en Aguas Naturales, Residuales Y Residuales Tratadas Método de Prueba (Cancela A La Nmx-Aa-026-1980)

**ALLARD, P. 1998**, “Documento de Difusión de Opciones de Gestión”.pp24.

**CÁNOVAS CUENCA J. 1986**, “Calidad Agronómica de las Aguas de Riego”. Servicio de Extensión Agraria. Ministerio de Agricultura, Pesca y alimentación. Madrid.

**CNRH, CODERECO, COHIEC CIA. LTDA. 2002**, “Proyecto Piloto para el Manejo Integral del Recurso y Tratamiento de Aguas Servidas en la Cuenca del Río Cutuchi “.pp. 29

**CNRH, OEA (2002)**, “Modelo Institucional de la Gestión Integral de los Recursos Hídricos en el Ecuador” (Unidad de desarrollo Sostenible y Medio Ambiente, Secretaria General de la OEA. Quito – Ecuador.

**CERVANTES J, 2008**, Humedales de lirio acuático (*Eichornia Crassipes*) en aguas Grise, [www.ejournal.unam.mx/cns/no53](http://www.ejournal.unam.mx/cns/no53)

**CESA, PDA PUJILÍ, SWISAID, CODERECO (2003)**, “El Riego y la Producción Agrícola en la Provincia de Cotopaxi”, Cotopaxi-Ecuador, 16p.

**CESA (2003)**, “El Agua de Consumo Humano en la Provincia de Cotopaxi”, Cotopaxi-Ecuador, 15p.

**CESTTA-ESPOCH 2011**, Laboratorio de Análisis Ambiental e Inspección de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

**CODERECO, CESA, CID, I. MUNICIPIO DE SALCEDO 2003**, “La Contaminación del Agua en la Provincia de Cotopaxi”, Cotopaxi-Ecuador.

**CONGRESO NACIONAL DEL ECUADOR., 2004**, Comisión de Legislación y Codificación, “LEY DE AGUAS” (2004), Codificación 16, Registro Oficial 339, Quito – Ecuador.

**CONSTITUCION DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR. 2008**, 179p.

**CUSATO M, 2002**, Fitoremediación: Empleo De Discaria Americana, Facultad de Agronomía de la Universidad de Buenos Aires, CEQUIPEINTI

**CHOQUEVILCA LIRA. 1998**, “Planificación GIRH para el Desarrollo Comunitario”. Cusco-Perú., 56p

**ESPAÑA J. 2006**. Estanques de Jacinto de agua [*Eichhornia crassipes*] para tratamiento de residuos industriales. Universidad del valle. Ingeniería química. Santiago de Cali. Disponible en: <http://www.monografias.com/trabajos37/estanques-dejacinto/Estanquesde-jacinto2.shtml> [consulta 27-10-09]

**FALQUEZ J, 2006**, Problemas Jurídicos Ambientales que se Presentan en el Centro de la Ciudad de Guayaquil y su Incidencia en el Medio.

**FALLA CABRERA, Humberto, 2006**, “Reciclaje de residuos y desechos De las industrias cárnicas y lácteas en América Latina”, Procanor, Quito – Ecuador, 155 p.

**FIALLOS L, 2011**, “Innovación Biológica para la Depuración de Aguas Contaminadas en la Estación “El Peral” EMAPA-AMBATO.

**FRERS CRISTIAN, Consultor ambiental** “El uso de plantas acuáticas para el tratamiento de aguas residuales”  
<http://www.ecojoven.com/ecologia/aresiduales.html>

**HERRERA E. Luis, Y OTROS. 2002**, “Tutoría de la investigación”, Maestría en Gerencia de Proyectos Educativos y Sociales, Primera Edición, Asociación de Facultades Ecuatorianas de Filosofía y Ciencias de la Educación, EFECE, Quito-Ecuador., pp319.

**HERRERA N, 2010**, Determinación de sólidos en todas las formas, Manejo y Calidad de Aguas, Practica 1.Unidad Guasave

**JONES, H.R. 1974**, Dairy plant waste treatment. En: Pollution Control in the Dairy Industry. Naves Date Corporation. New Jersey, U.S.A.

**JORDAN M, 2006**, El poder del *Phragmites australis*, la Justus-Liebig-Universidad de Giessen, Alemania  
[http://www.bio.puc.cl/bionoticias/bn\\_noticias\\_2006\\_46.htm](http://www.bio.puc.cl/bionoticias/bn_noticias_2006_46.htm)

**LARA BORRERO JAIME ANDRÉS, 1999**, “Depuración de Aguas Residuales Municipales con Humedales Artificiales”. Máster en Ingeniería y Gestión Ambiental. Barcelona-España. ,114p.

**LLAGAS CH. WILMER ALBERTO; GÓMEZ ENRIQUE. 2006**,  
“Diseño de Humedales Artificiales para el Tratamiento de Aguas

Residuales en la UNMSM”, Lima-Perú.

<http://www.google.com.ec/search?sourceid=navclient&aq=0h&oq=tratamiento&hl=es&ie=UTF8&rlz=1T4ADFA esEC399EC400&q=tratamiento+de+aguas+residuales+mediante+humedales+artificiales>.

**LEY DE AGUAS (2004), CONGRESO NACIONAL DEL ECUADOR 2004**, Comisión de Legislación y Codificación, Codificación 16, Registro Oficial 339, Quito – Ecuador.

**MAINE MARÍA ALEJANDRA. 2001**, “El uso de Plantas Acuáticas para el Tratamiento de Aguas Residuales”, Santafé-Argentina., pp4.

**MARIDUEÑA L. 1997**, “Unidad de Protección Ambiental”, Guayaquil.

**MARSILLI ALEJANDRO. 2005**, "Tratamiento de aguas residuales"  
<http://www.tierramor.org/Articulos/trataqua.htm>

**MEAS Y, NÚÑEZ R, OLGUÍN E, ORTEGA R. 2004**, Biotecnología y biología Molecular. Fitoremediación Fundamentos y Aplicaciones.

**MEDINA R, JUANES DE LA PEÑA J, 2006**, Vigilancia de las aguas litorales. Período 2005-2006. TOMO I. Aguas de Transición

**MUNICIPIO DE LATACUNGA. 1998**, “Ordenanza de Prevención y Control de la Contaminación de Desechos Industriales, Florícolas y Servicios del Cantón Latacunga.

**MUNICIPIO DE LATACUNGA. 2010**, “Ordenanza del Sistema integral del Manejos de Residuos Sólidos, Domésticos, Comerciales, Industriales, Peligrosos, Biológicos y Potencialmente Infecciosos.

**MUNICIPIO DE SALCEDO. 2004**, “Ordenanza para la Protección de la Calidad Ambiental en lo relativo a la Contaminación por Desechos no Domésticos Generados por Fuentes Fijas del Cantón Salcedo.

**NÚÑEZ R, 2004**, Fitoremediación bioadsorción para el uso sustentable del agua,[http://suel.wikispaces.com/file/view/Fitorremediacion\\_Fundam\\_Aplic.pdf](http://suel.wikispaces.com/file/view/Fitorremediacion_Fundam_Aplic.pdf)

**OBANDO J, 2006**, Aspectos teóricos de *Eichhornia crassipes*, Universidad del Valle, Santiago de Cali.  
<http://www.infojardin.com/fichas/acuaticas/eichhornia-crassipes-jacintode-agua-camalote-camalotes.htm>

**OROZCO C, PÉREZ A, GONZALES M, VIDAL F & ALFAYATE J. 2005**. Contaminación Ambiental. Una visión desde la Química. Edit. Thompson. 87 – 97p.

**POLÍTICA DE AGUAS, 2005**, Manual en Fitodepuración, Actas Del Encuentro Internacional Sobre Fitodepuración, Tecnología Filtros De Macrofitas En Flotación, Unión Europea

**RAMALHO, R.S. 1993**. Tratamiento secundario .En: tratamiento de aguas residuales, Editorial Reverté. Barcelona, España.

**REPÚBLICA DEL ECUADOR**. Registro Oficial No. 74, 10 de Mayo del 2000. Valores Máximos Permisibles de los Indicadores de Contaminación y Parámetros de Interés Sanitario para Descargas Líquidas.

**RPCCA.1999**, “Reglamento a la Ley para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental. Ecuador.

**ROMERO J. 2002**. Tratamiento de Aguas Residuales. 2da Edición. Escuela Colombiana de Ingeniería. Bogotá 2002. Pág. 29 . “Tratamiento de Aguas Residuales, Teoría y Principios de Diseño”, 2007, Tercera

Edición, Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería, Colombia, Págs. 18-23, 50-58, 62-65.

**SEOANEZ, M. 2007**, Aguas residuales urbanas, Tomo II, Tratamientos naturales de bajo costo y aprovechamiento, MUNDI-PRENSA, Eusko Jaularitza-Gobierno Vasco.

**SOLEDAZ B, 2009**, Contaminación del agua. Riego ecológico, Económico y social.

**SOLANO. 2007**, Especialistas ofrecen humedales para zona lacustre de Xochimilco Diario de México.

**TORRES SANDRA MAGALI. 2009**, “Estudio de aprovechamiento del Lechuguín *Eichhornia crassipes*, del embalse de la represa Daniel Palacios como Biosorvente de metales pesados en el tratamiento de aguas residuales”, Paute-Ecuador. , pp100.

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

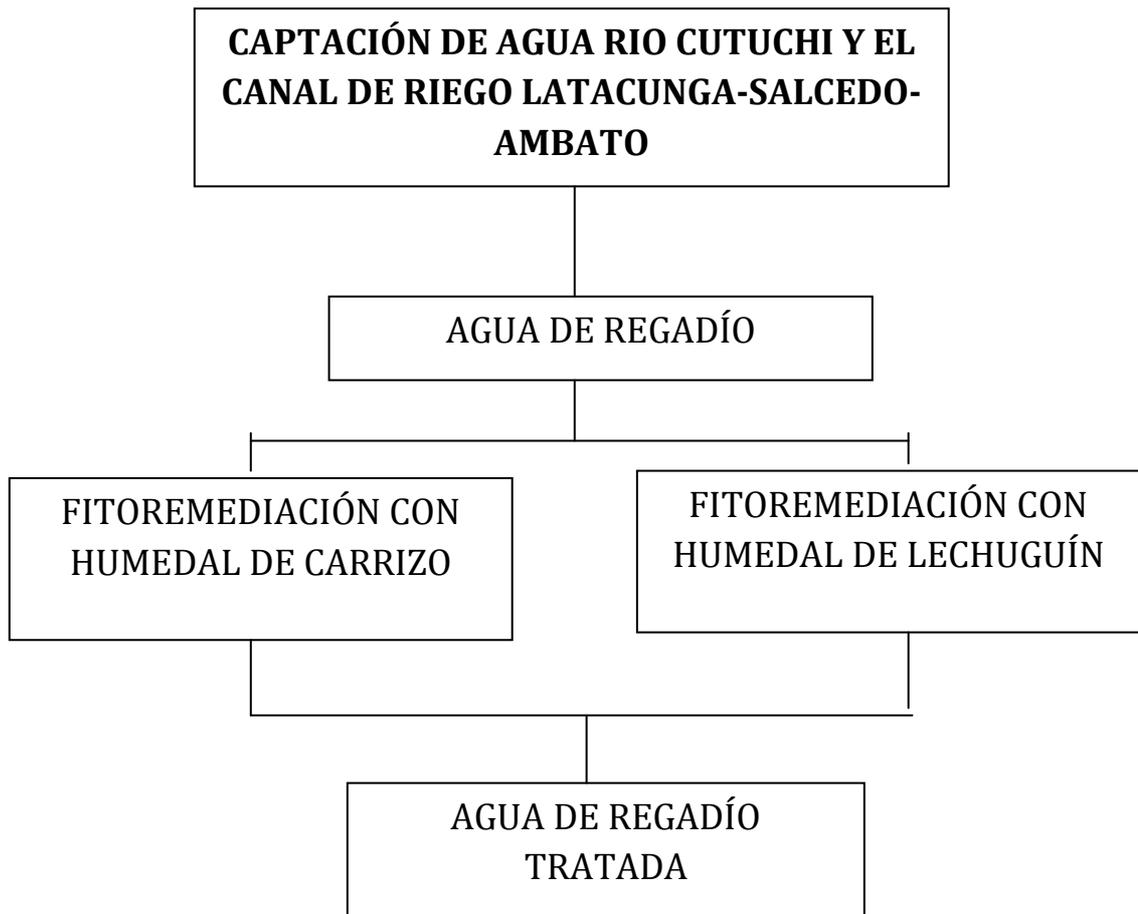
**VELASTEGUÍ, J.R. 2010**, Curso de Ingeniería Ambiental. Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos, Carrera de Ingeniería Bioquímica. Universidad Técnica de Ambato. V/p.

**VILLEGAS M, 2009**, Gestión de los Procesos de descontaminación de Aguas Residuales Domésticas de Tipo Rural en Colombia. 1983-2009. Universidad de Antioquia

## ANEXOS

### ANEXO A

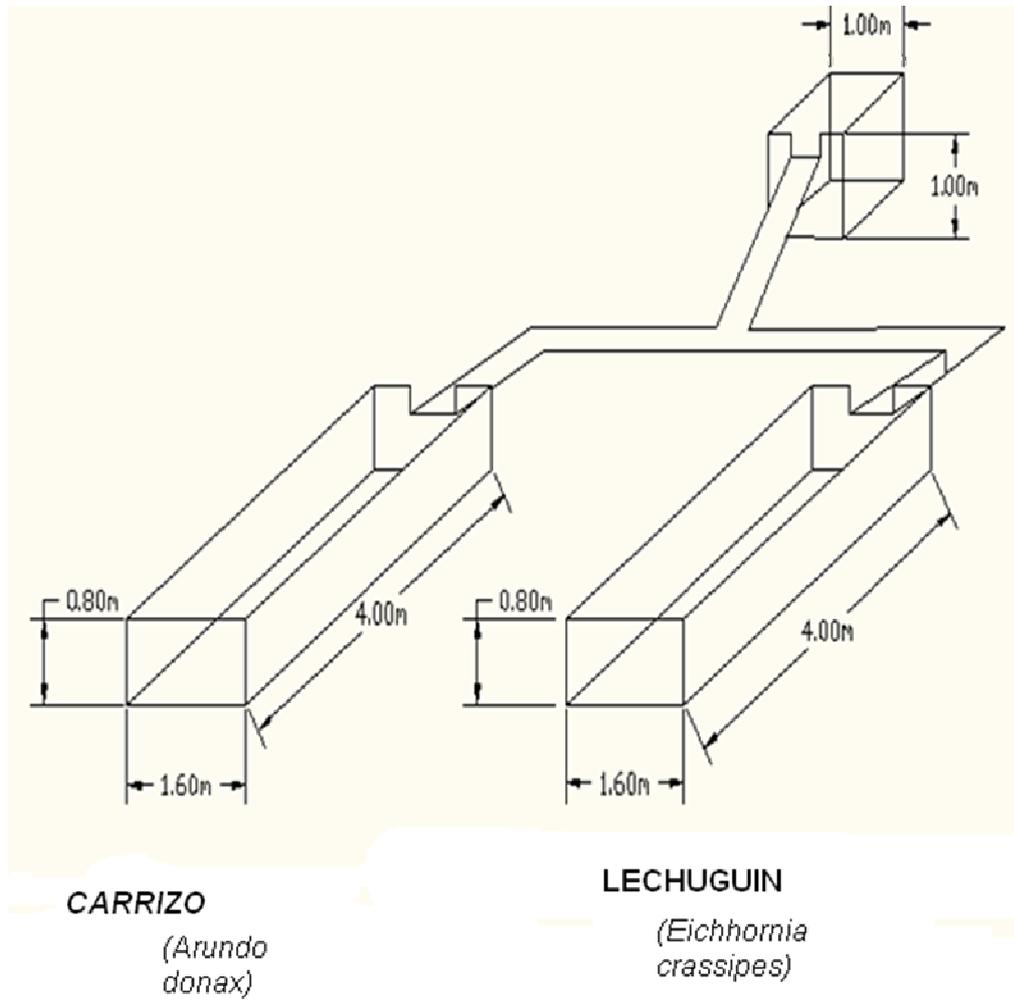
#### DIAGRAMA DEL ÁREA EXPERIMENTAL



**Fuente:** César Pozo

**Elaborado por:** César Pozo

**ANEXO B**  
**ESQUEMA HUMEDALES VEGETALES**



**Fuente:** César Pozo

**Elaborado:** César Pozo

## ANEXO C

### RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS:

#### AGUA DE RIEGO DEL CANAL LATACUNGA-SALCEDO-AMBATO.

#### LABORATORIO DEL CESTTA-ESPOCH.

### ANEXO C-1

#### Análisis del agua del canal sin tratamiento:

 <b>LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL E INSPECCIÓN LAB-CESTTA</b>	<b>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO</b>  <b>CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA AMBIENTAL</b>  <b>FACULTAD DE CIENCIAS</b> Panamericana Sur Km. 1 ½ Teléfono: (03) 2 998232 RIOBAMBA - ECUADOR	 <b>ENSAYOS</b> No. OAE LE 2C 06-008
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

**INFORME DE ENSAYO No:**  
**ST:**

1824  
11- 0854 ANÁLISIS DE AGUAS

**Nombre Peticionario:**  
**Atn.**  
**Dirección:**

Sr. Germán Pozo  
-  
Panamericana Norte Km 3 1/2

**FECHA:**  
**NUMERO DE MUESTRAS:**  
**FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB:**  
**FECHA DE MUESTREO:**  
**FECHA DE ANÁLISIS:**  
**TIPO DE MUESTRA:**  
**CÓDIGO LAB-CESTTA:**  
**CÓDIGO DE LA EMPRESA:**  
**PUNTO DE MUESTREO:**

13 de Septiembre del 2011  
1  
2011 / 09/ 05 - 12:40  
2011 / 09/ 05 - 10:30  
2011 / 09/ 05 - 2011 /09 / 13  
Agua de Riego  
LAB-A 2563-11  
Muestra sin Tratamiento  
Canal de riego Latacunga Salcedo Ambato Ramal la Argentina  
Salcedo  
Análisis de Aguas  
Sr. Germán Pozo  
T máx.:24.0 °C. T mín.: 19.0 °C

**ANÁLISIS SOLICITADO:**  
**PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA:**  
**CONDICIONES AMBIENTALES:**

#### RESULTADOS ANALÍTICOS:

PARÁMETROS	MÉTODO /NORMA	UNIDAD	RESULTADO	VALOR LÍMITE PERMISIBLE	INCERTIDUMBRE (k=2)
*Turbiedad	PEE/LAB-CESTTA/43 APHA 2130 B	UTN	2,13	-	-
Potencial de Hidrógeno	PEE/LAB-CESTTA/05 APHA 4500 H <sup>+</sup>	----	8,08	5-9	± 0,15
Conductividad Eléctrica	PEE/LAB-CESTTA/06 APHA 2510	uS/cm	705	-	± 5%
Sólidos Suspendedos Totales	PEE/LAB-CESTTA/13 APHA 2540 D	mg/L	<50	100	±14%
*Sólidos Sedimentables	PEE/LAB-CESTTA/10 APHA 2540 B	ml/L	0,9	1,0	-
Dureza Total	PEE/LAB-CESTTA/40 APHA 2340 C	mg/L	240	-	±13%
Sulfatos	PEE/LAB-CESTTA/18 APHA 4500 SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> E	mg/L	26	1000	± 14%
*Nitratos	PEE/LAB-CESTTA/16 APHA 4500- NO <sub>3</sub> - E	mg/L	1,5	-	-
Amonio	PEE/LAB-CESTTA/20 EPA Water Waste No. 350.2, 1974	mg/L	0,42	-	± 46%
Demanda Bioquímica de Oxígeno	PEE/LAB-CESTTA/46 APHA 5210 B	mg/L	20	100	± 46%
Demanda Química de Oxígeno	PEE/LAB-CESTTA/09 APHA 5220 D	mg/L	35	250	± 20%
Coliformes Fecales	PEE/LAB-CESTTA/48 APHA 9222 D,9221	UFC/100 mL	400000	* Remoción> al 99,9%	±60%
*Coliformes Totales	PEE/LAB-CESTTA/47 APHA 9222,9221	UFC/100 mL	>1X10 <sup>6</sup>	-	-

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

Página 1 de 2

MC2201-05

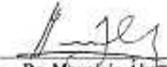
 <p><b>LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL E INSPECCIÓN LAB-CESTTA</b></p>	<p>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO</p> <p>CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA AMBIENTAL</p> <p>FACULTAD DE CIENCIAS Panamericana Sur Km. 1 ½ Teléfono: (03) 2 998232 RIOBAMBA - ECUADOR</p>	 <p><b>ENSAYOS</b> No. OAE LE 2C 06-008</p>
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

*Materia Orgánica	PEE/LAB-CESTTA/147 Oxidación Humeda / Walkley & Black	mg/L	16	-	-
-------------------	-------------------------------------------------------------	------	----	---	---

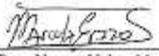
**OBSERVACIONES:**

- Muestra receptada e refrigeración.
- Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce. Tabla 12 TULAS
- Las unidades expresadas en UFC son equivalentes a Nmp.
- Aquellos Regulados con descarga de coliformes menores o iguales a 3000, quedan exentos de tratamiento.
- Los ensayos marcados con (\*) no están incluidos en el alcance de acreditación del OAE

**RESPONSABLES DEL INFORME:**

  
Dr. Mauricio Ayañez  
RESPONSABLE TÉCNICO

LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL  
INSPECCIÓN  
LAB - CESTTA  
ESPUGH

  
Dra. Nancy Veloz M.  
JEFE DE LABORATORIO

## ANEXO C-2

### Análisis del agua del canal

#### Lecho vegetal: lechuguín

Retención: 2 días

 <p><b>LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL E INSPECCIÓN LAB-CESTTA</b></p>	<p><b>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO</b></p> <p><b>CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA AMBIENTAL</b></p> <p><b>FACULTAD DE CIENCIAS</b> Panamericana Sur Km. 1 ½ Teléfono: (03) 2 998232 RIOBAMBA - ECUADOR</p>	 <p><b>ENSAYOS</b> No. OAE LE 2C 06-008</p>
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

**INFORME DE ENSAYO No:** 1839  
**ST:** 11- 0862 ANÁLISIS DE AGUAS

**Nombre Peticionario:** Sr. Germán Pozo  
**Atn:** -  
**Dirección:** Panamericana Norte Km 3 ½

**FECHA:** 14 de Septiembre del 2011  
**NUMERO DE MUESTRAS:** 1  
**FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB:** 2011 / 09/ 07 – 12:30  
**FECHA DE MUESTREO:** 2011 / 09/ 07 – 10:30  
**FECHA DE ANÁLISIS:** 2011 / 09/ 07 - 2011 /09 / 14  
**TIPO DE MUESTRA:** Agua de Riego  
**CÓDIGO LAB-CESTTA:** LAB-A 2578-11  
**CÓDIGO DE LA EMPRESA:** 1  
**PUNTO DE MUESTREO:** Lechuguin Humedal  
**ANÁLISIS SOLICITADO:** Análisis de Aguas  
**PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA:** Sr. Germán Pozo  
**CONDICIONES AMBIENTALES:** T máx.:24,0 °C T mín.: 19,0 °C

#### RESULTADOS ANALÍTICOS:

PARÁMETROS	MÉTODO /NORMA	UNIDAD	RESULTADO	VALOR LÍMITE PERMISIBLE	INCERTIDUMBRE (k=2)
*Turbiedad	PEE/LAB-CESTTA/43 APHA 2130 B	UTN	2,91	-	-
Potencial de Hidrógeno	PEE/LAB-CESTTA/05 APHA 4500 H	----	7,79	5-9	± 0,10
Conductividad Eléctrica	PEE/LAB-CESTTA/06 APHA 2510	uS/cm	574	-	± 5%
Sólidos Suspendidos Totales	PEE/LAB-CESTTA/13 APHA 2540 D	mg/L	<50	100	±14%
*Sólidos Sedimentables	PEE/LAB-CESTTA/10 APHA 2540 B	mg/L	0,1	1,0	-
Dureza Total	PEE/LAB-CESTTA/40 APHA 2340 C	mg/L	290	-	+5%
Sulfatos	PEE/LAB-CESTTA/18 APHA 4500 SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> E	mg/L	28	1000	± 14%
*Nitratos	PEE/LAB-CESTTA/16 APHA 4500- NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> E	mg/L	1,4	-	-
Amonio	PEE/LAB-CESTTA/20 EPA Water Waste No. 350.2, 1974	mg/L	<0,1	-	± 46%
Demanda Bioquímica de Oxígeno	PEE/LAB-CESTTA/46 APHA 5210 B	mg/L	10	100	± 40%
Demanda Química de Oxígeno	PEE/LAB-CESTTA/09 APHA 5220 D	mg/L	40	250	± 20%
Coliformes Fecales	PEE/LAB-CESTTA/48 APHA 9222 D,9221	UFC/100 mL	700	<sup>§</sup> Remoción> al 99,9%	±30%
*Coliformes Totales	PEE/LAB-CESTTA/47 APHA 9222,9221	UFC/100 mL	8100	-	-
*Materia Orgánica	PEE/LAB-CESTTA/147 Oxidación Humeda / Walkley & Bleck	mg/L	21	-	-

Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.  
Los resultados arriba indicados sólo están relacionados con los objetos de ensayo  
MC2201-05

Página 1 de 2.

 <p><b>LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL E INSPECCIÓN LAB-CESTTA</b></p>	<p><b>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO</b></p> <p><b>CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA AMBIENTAL</b></p> <p><b>FACULTAD DE CIENCIAS</b> Panamericana Sur Km. 1 ½ Teléfono: (03) 2 998232 RIOBAMBA - ECUADOR</p>	 <p><b>ENSAYOS</b> No. OAE LE 2C 06-008</p>
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

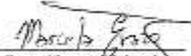
**OBSERVACIONES:**

- Muestra receptada e refrigeración.
- Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce. Tabla 12 TULAS
- Las unidades expresadas en UFC son equivalentes a Nmp.
- Aquellos Regulados con descarga de coliformes menores o iguales a 3000, quedan exentos de tratamiento.
- Los ensayos marcados con (\*) no están incluidos en el alcance de acreditación del OAE

**RESPONSABLES DEL INFORME:**

  
Dr. Mauricio Álvarez  
RESPONSABLE TÉCNICO

LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL  
INSPECCIÓN  
LAB - CESTTA  
ESPOCH

  
Dra. Nancy Veloz M.  
JEFE DE LABORATORIO

## ANEXO C-3

### Análisis del agua del canal

#### Lecho vegetal: lechuguín

Retención: 4 días

 <p><b>LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL E INSPECCIÓN LAB-CESTTA</b></p>	<p><b>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO</b></p> <p><b>CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA AMBIENTAL</b></p> <p><b>FACULTAD DE CIENCIAS</b> Panamericana Sur Km. 1 ½ Teléfono: (03) 2 998232 RIOBAMBA - ECUADOR</p>	 <p><b>ENSAYOS</b> No. OAE LE 2C 06-008</p>
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

**INFORME DE ENSAYO No:** 1891  
**ST:** 11- 0887 ANÁLISIS DE AGUAS

**Nombre Peticionario:** Sr. Germán Pozo  
**Atn.:** -  
**Dirección:** Panamericana Norte Km 3 ¼

**FECHA:** 27 de Septiembre del 2011  
**NUMERO DE MUESTRAS:** 1  
**FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB:** 2011 / 09/ 20 – 12:40  
**FECHA DE MUESTREO:** 2011 / 09/ 20 – 10:00  
**FECHA DE ANÁLISIS:** 2011 / 09/ 20 - 2011 /09 / 27  
**TIPO DE MUESTRA:** Agua de Riego  
**CÓDIGO LAB-CESTTA:** LAB-A 2654-11  
**CÓDIGO DE LA EMPRESA:** 2  
**PUNTO DE MUESTREO:** Humedal Lechuguín  
**ANÁLISIS SOLICITADO:** Análisis de Aguas  
**PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA:** Sr. Germán Pozo  
**CONDICIONES AMBIENTALES:** T máx.:24.0 °C. T mín.: 19.0 °C

#### RESULTADOS ANALÍTICOS:

PARÁMETROS	MÉTODO /NORMA	UNIDAD	RESULTADO	VALOR LÍMITE PERMISIBLE	INCERTIDUMBRE (k=2)
*Turbiedad	PEE/LAB-CESTTA/43 APHA 2130 B	UTN	0,93	-	-
Potencial de Hidrógeno	PEE/LAB-CESTTA/05 APHA 4500 H'	---	7,53	5-9	± 0,10
Conductividad Eléctrica	PEE/LAB-CESTTA/06 APHA 2510	uS/cm	734	-	± 5%
Sólidos Suspendedos Totales	PEE/LAB-CESTTA/13 APHA 2540 D	mg/L	<50	100	±14%
*Sólidos Sedimentables	PEE/LAB-CESTTA/10 APHA 2540 B	ml/L	0,1	1,0	-
Dureza Total	PEE/LAB-CESTTA/40 APHA 2340 C	mg/L	301	-	±5%
Sulfatos	PEE/LAB-CESTTA/18 APHA 4500 SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> E	mg/L	29	1000	± 14%
*Nitratos	PEE/LAB-CESTTA/16 APHA 4500- NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> E	mg/L	1,2	-	-
Amonio	PEE/LAB-CESTTA/20 EPA Water Waste No. 350.2, 1974	mg/L	0,37	-	± 46%
Demanda Bioquímica de Oxígeno	PEE/LAB-CESTTA/46 APHA 5210 B	mg/L	4	100	± 40%
Demanda Química de Oxígeno	PEE/LAB-CESTTA/09 APHA 5220 D	mg/L	16	250	± 20%
Coliformes Focales	PEE/LAB-CESTTA/48 APHA 9222 D,9221	UFC/100 mL	100	* Remoción> al 99,9%	±30%
*Coliformes Totales	PEE/LAB-CESTTA/47 APHA 9222,9221	UFC/100 mL	2100	-	-

Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.  
Los resultados arriba indicados sólo están relacionados con los objetos de ensayo  
MC2201-05

Página 1 de 2

 <p><b>LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL E INSPECCIÓN LAB-CESTTA</b></p>	<p><b>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO</b></p> <p><b>CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA AMBIENTAL</b></p> <p><b>FACULTAD DE CIENCIAS</b> Panamericana Sur Km. 1 ½ Teléfono: (03) 2 998232 RIOBAMBA - ECUADOR</p>	 <p><b>ENSAYOS</b> No. OAE LE 2C 06-008</p>
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

*Materia Orgánica	PEE/LAB-CESTTA/147 Oxidación Humeda / Walkley & Black	mg/L	9	-	-
*Cromo Hexavalente	PEE/LAB-CESTTA/32 APHA3111 B 3030 E	mg/L	0,013	0,5	-
Plomo	PEE/LAB-CESTTA/29 APHA 3030 B, 3111 B	mg/L	<0,3	0,2	± 26%

**OBSERVACIONES:**

- Muestra receptada e refrigeración.
- Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce. Tabla 12 TULAS
- Las unidades expresadas en UFC son equivalentes a Nmp.  
<sup>1</sup> Aquellos Regulados con descarga de coliformes menores o iguales a 3000, quedan exentos de tratamiento.
- Los ensayos marcados con (\*) no están incluidos en el alcance de acreditación del OAE

**RESPONSABLES DEL INFORME:**

  
Dr. Mauricio Alvarez  
RESPONSABLE TÉCNICO

LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL  
LAB-CESTTA  
ESPOCH

  
Dra. Nancy Veloz M.  
JEFE DE LABORATORIO

## ANEXO C-4

### Análisis del agua del canal

#### Lecho vegetal: carrizo

Retención: 2 días

 <p>LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL E INSPECCIÓN LAB-CESTTA</p>	<p>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO</p> <p>CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA AMBIENTAL</p> <p>FACULTAD DE CIENCIAS Panamericana Sur Km. 1 ½ Teléfono: (03) 2 998232 RIOBAMBA - ECUADOR</p>	 <p>ENSAYOS No. OAE.LE.2C.06-008</p>
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

**INFORME DE ENSAYO No:** 1839  
**ST:** 11-0862 ANÁLISIS DE AGUAS

**Nombre Peticionario:** Sr. Germán Pozo  
**Atn.:** -  
**Dirección:** Panamericana Norte Km 3 ½

**FECHA:** 14 de Septiembre del 2011  
**NUMERO DE MUESTRAS:** 1  
**FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB:** 2011 / 09 / 07 - 12:30  
**FECHA DE MUESTREO:** 2011 / 09 / 07 - 10:30  
**FECHA DE ANÁLISIS:** 2011 / 09 / 07 - 2011 / 09 / 14  
**TIPO DE MUESTRA:** Agua de Riego  
**CÓDIGO LAB-CESTTA:** LAB-A 2577-11  
**CÓDIGO DE LA EMPRESA:** 1  
**PUNTO DE MUESTREO:** Carrizo Humedal  
**ANÁLISIS SOLICITADO:** Análisis de Aguas  
**PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA:** Sr. Germán Pozo  
**CONDICIONES AMBIENTALES:** T máx.: 24.0 °C. T mín.: 19.0 °C

#### RESULTADOS ANALÍTICOS:

PARÁMETROS	MÉTODO /NORMA	UNIDAD	RESULTADO	VALOR LÍMITE PERMISIBLE	INCERTIDUMBRE (k=2)
*Turbiedad	PEE/LAB-CESTTA/43 APHA 2130 B	UTN	10,17	-	-
Potencial de Hidrógeno	PEE/LAB-CESTTA/05 APHA 4500 H <sup>+</sup>	----	8,48	5-9	± 0,15
Conductividad Eléctrica	PEE/LAB-CESTTA/06 APHA 2510	uS/cm	698	-	± 5%
Sólidos Suspendedos Totales	PEE/LAB-CESTTA/13 APHA 2540 D	mg/L	<50	100	±14%
*Sólidos Sedimentables	PEE/LAB-CESTTA/10 APHA 2540 B	ml/L	0,2	1,0	-
Dureza Total	PEE/LAB-CESTTA/40 APHA 2340 C	mg/L	334	-	±5%
Sulfatos	PEE/LAB-CESTTA/18 APHA 4500 SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> E	mg/L	28	1000	± 14%
*Nitratos	PEE/LAB-CESTTA/16 APHA 4500- NO <sub>3</sub> - E	mg/L	<0,5	-	-
Amonio	PEE/LAB-CESTTA/20 EPA Water Waste No. 350.2, 1974	mg/L	0,24	-	± 46%
Demanda Bioquímica de Oxígeno	PEE/LAB-CESTTA/46 APHA 5210 B	mg/L	10	100	± 40%
Demanda Química de Oxígeno	PEE/LAB-CESTTA/09 APHA 5220 D	mg/L	41	250	± 20%
Coliformes Fecales	PEE/LAB-CESTTA/48 APHA 9222 D,9221	UFC/100 mL	5700	* Remoción > al 99,9%	±30%
*Coliformes Totales	PEE/LAB-CESTTA/47 APHA 9222,9221	UFC/100 mL	90000	-	-
*Materia Orgánica	PEE/LAB-CESTTA/147 Oxidación Humeda / Walkley & Black	mg/L	23	-	-

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

Página 1 de 2

MC2201-05

 <p><b>ESPOGH</b> LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL E INSPECCIÓN LAB-CESTTA</p>	<p>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO</p> <p>CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA AMBIENTAL</p> <p>FACULTAD DE CIENCIAS Panamericana Sur Km. 1 ½ Teléfono: (03) 2 998232 RIOBAMBA - ECUADOR</p>	 <p><b>oae</b> Organismo de Acreditación Ecuador</p> <p>ENSAYOS No. OAE LE 2C 06-008</p>
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

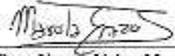
**OBSERVACIONES:**

- Muestra receptada e refrigeración.
- Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce. Tabla 12 TULAS
- Las unidades expresadas en UFC son equivalentes a Nmp.  
\* Aquellos Regulados con descarga de coliformes menores o iguales a 3000, quedan exentos de tratamiento.
- Los ensayos marcados con (\*) no están incluidos en el alcance de acreditación del OAE

**RESPONSABLES DEL INFORME:**

  
Dr. Mauricio Álvarez  
RESPONSABLE TÉCNICO

LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL  
E INSPECCIÓN  
LAB - CESTTA  
ESPOGH

  
Dra. Nancy Veloz M.  
JEFE DE LABORATORIO

## ANEXO C-5

### Análisis del agua del canal

### Lecho vegetal: carrizo

Retención: 4 días

 <p>LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL E INSPECCIÓN LAB-CESTTA</p>	<p>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO</p> <p>CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA AMBIENTAL</p> <p>FACULTAD DE CIENCIAS Panamericana Sur Km. 1 ½ Teléfono: (03) 2 998232 RIOBAMBA - ECUADOR</p>	 <p>ENSAYOS No. OAE LE 2C 06-008</p>
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

INFORME DE ENSAYO No:	1891
ST:	11- 0887 ANÁLISIS DE AGUAS
Nombre Peticionario:	Sr. Germán Pozo
Atn:	-
Dirección:	Panamericana Norte Km 3 ¼
FECHA:	27 de Septiembre del 2011
NUMERO DE MUESTRAS:	1
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB:	2011 / 09 / 20 - 12:40
FECHA DE MUESTREO:	2011 / 09 / 20 - 10:00
FECHA DE ANÁLISIS:	2011 / 09 / 20 - 2011 / 09 / 27
TIPO DE MUESTRA:	Agua de Riego
CÓDIGO LAB-CESTTA:	LAB-A 2653-11
CÓDIGO DE LA EMPRESA:	1
PUNTO DE MUESTREO:	Humedal Carrizo
ANÁLISIS SOLICITADO:	Análisis de Aguas
PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA:	Sr. Germán Pozo
CONDICIONES AMBIENTALES:	T máx.:24.0 °C. T min.: 19.0 °C

#### RESULTADOS ANALÍTICOS:

PARÁMETROS	MÉTODO /NORMA	UNIDAD	RESULTADO	VALOR LÍMITE PERMISIBLE	INCERTIDUMBRE (k=2)
*Turbiedad	PEE/LAB-CESTTA/43 APHA 2130 B	UTN	9,22	-	-
Potencial de Hidrógeno	PEE/LAB-CESTTA/05 APHA 4500 H*	----	8,76	5-9	± 0,10
Conductividad Eléctrica	PEE/LAB-CESTTA/06 APHA 2510	uS/cm	878	-	+ 5%
Sólidos Suspendedos Totales	PEE/LAB-CESTTA/13 APHA 2540 D	mg/L	<50	100	±14%
*Sólidos Sedimentables	PEE/LAB-CESTTA/10 APHA 2540 B	mg/L	0,1	1,0	-
Dureza Total	PEE/LAB-CESTTA/40 APHA 2340 C	mg/L	335	-	±5%
Sulfatos	PEE/LAB-CESTTA/18 APHA 4500 SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> E	mg/L	32	1000	± 14%
*Nitratos	PEE/LAB-CESTTA/16 APHA 4500- NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> E	mg/L	1,8	-	-
Amonio	PEE/LAB-CESTTA/20 EPA Water Waste No. 350.2, 1974	mg/L	0,85	-	± 46%
Demanda Bioquímica de Oxígeno	PEE/LAB-CESTTA/46 APHA 5210 B	mg/L	8	100	± 40%
Demanda Química de Oxígeno	PEE/LAB-CESTTA/09 APHA 5220 D	mg/L	35	250	± 20%
Coliformes Fecales	PEE/LAB-CESTTA/48 APHA 9222 D,9221	UFC/100 mL	500	* Remoción> al 99,9%	±30%
*Coliformes Totales	PEE/LAB-CESTTA/47 APHA 9222,9221	UFC/100 mL	20000	-	-

Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.  
Los resultados arriba indicados sólo están relacionados con los objetos de ensayo  
MC2201-05

Página 1 de 2

 <p>LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL E INSPECCIÓN LAB-CESTTA</p>	<p>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO</p> <p>CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA AMBIENTAL</p> <p>FACULTAD DE CIENCIAS Panamericana Sur Km. 1 1/2 Teléfono: (03) 2 998232 RIOBAMBA - ECUADOR</p>	 <p>ENSAYOS No. OAE LE 2C 06-008</p>
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

*Materia Orgánica	PEE/LAB-CESTTA/147 Oxidación Humeda / Walkley & Black	mg/L	20	-	-
*Cromo Hexavalente	PEE/LAB-CESTTA/32 APHA3111 B 3030 E	mg/L	0,016	0,5	-
Plomo	PEE/LAB-CESTTA/29 APHA 3030 B, 3111 B	mg/L	<0,3	0,2	± 26%

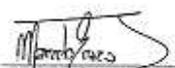
**OBSERVACIONES:**

- Muestra receptada e refrigeración.
- Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce. Tabla 12 TULAS
- Las unidades expresadas en UFC son equivalentes a Nmp.
- <sup>3</sup> Aquellos Regulados con descarga de coliformes menores o iguales a 3000, quedan exentos de tratamiento.
- Los ensayos marcados con (\*) no están incluidos en el alcance de acreditación del OAE

**RESPONSABLES DEL INFORME:**

  
Dr. Mauricio Alvarez  
RESPONSABLE TÉCNICO

LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL  
INSPECCIÓN  
LAB - CESTTA  
ESPOCH

  
Dra. Nancy Veloz M.  
JEFE DE LABORATORIO

**ANEXO D**

**IMÁGENES**

**ANEXO D-1**

**CANAL DE RIEGO LATACUNGA-SALCEDO-AMBATO**



**Fuente:** Canal de Riego Latacunga-Salcedo-Ambato

**Elaborado por:** César Pozo

**ANEXO D-2**  
**HUMEDAL VEGETAL DE CARRIZO**



**Fuente:** Lugar del Experimento

**Elaborado por:** César Pozo

### ANEXO D-3

### HUMEDAL VEGETAL DE CARRIZO



**Fuente:** Lugar del Experimento

**Elaborado por:** César Pozo

**ANEXO D-4**  
**HUMEDAL VEGETAL DE LECHUGUÍN**



**Fuente:** Lugar del Experimento

**Elaborado Por:** César Pozo

**ANEXO D-5**  
**HUMEDAL VEGETAL DE LECHUGUÍN**



**Fuente:** Lugar del Experimento

**Elaborado por:** César Pozo

## ANEXO D-6

### HUMEDAL VEGETAL DE CARRIZO Y LECHUGUÍN



**Fuente:** Lugar del Experimento

**Elaborado por:** César Pozo

## **GLOSARIO DE TÉRMINOS**

**ABIÓTICO.**- Corresponde al aire, suelo, agua y todas las condiciones del clima y de la luz.

**AGUAS RESIDUALES.**- Agua de composición variada proveniente de las descargas de usos municipales, industriales, comerciales, pecuarios, domésticos, incluyendo fraccionamiento y en general de cualquier otro uso, que haya sufrido degradación en su calidad original.

**AGENTE DE CONTAMINACIÓN.**- Llamado también contaminante; es toda sustancia, elemental o molecular, natural o de síntesis artificial, o aporte energético o de materia ionizante, que es incorporado a los ambientes naturales.

**AGRÍCOLA.**- Establecimiento dedicado al cultivo de la tierra. Se incluyen actividades florícolas, empresas avícolas.

**ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO.**- Es un método que sirve para determinar el número de microorganismos presentes en una cantidad de muestra determinada.

**ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO.**- Métodos que se utilizan para analizar o caracterizar una muestra determinada y comparar resultados con parámetros establecidos por ley.

**AMBIENTE CONTAMINADO.**- Aquel donde por efecto de acciones de la humanidad, sea esta física química o biológica, produzca alteraciones y exceda los límites máximos permisibles.

**BIÓTICO.**- Todo componente de origen animal o vegetal presente en el ambiente.

**BIODEGRADACIÓN.-** proceso por el cual un compuesto se descompone por acción de agentes biológicos.

**BIODIVERSIDAD.-** Conjunto de todas las especies de plantas y animales, su material genético, y los ecosistemas de las que forma parte

**CNRH.-** Consejo Nacional de Recursos Hídricos.

**CESA.-** Central Ecuatoriana de Servicios Agrícolas.

**CODERECO.-** Corporación de Desarrollo Regional del Cotopaxi.

**COHIEC.-** Consultora Hidrotécnica del Ecuador.

**DBO5.-** Es la cantidad de oxígeno requerida para la respiración de los microorganismos responsables de la estabilización (oxidación) de la materia orgánica a través de su actividad metabólica en medio aeróbico, es decir la demanda bioquímica de oxígeno es la cantidad de oxígeno consumido e 5 días por los microorganismos de la materia biodegradable contenida en el agua.

**DQO.-** Demanda Química de Oxígeno es una medida de la materia carbonosa contenida en los diferentes tipos de materia orgánica presentes en las aguas residuales. Se usa como indicador del poder contaminante de una dada.

**DESECHOS LÍQUIDOS -** Es el agua proveniente de una actividad de un proceso productivo.

**GESTIÓN AMBIENTAL.-** Conjunto de actividades, normativas, administrativas, operativas y de control, estrechamente vinculadas que

deben ser ejecutadas por el estado y la sociedad en general para garantizar el desarrollo sustentable y la óptima calidad de vida.

**EFLUENTE.-** Residuo, generalmente líquido, liberado o descargado al ambiente.

**FWS.-** Sistema a flujo libre.

**IMPACTO AMBIENTAL.-** Efecto de las actuaciones humanas que producen en el medio. La intensidad de la alteración esté relacionada con la capacidad de asimilación del entorno donde se desarrolla la actividad impactante.

**INDUSTRIAS.-** Conjunto de operaciones que se dedican a la transformación de las materias primas y la producción.

**MATERIA ORGÁNICA.-** Sustancias de material de plantas y animales muertos, con estructura de carbono e hidrógeno.

**SFS.-** Sistema de flujo subsuperficial.