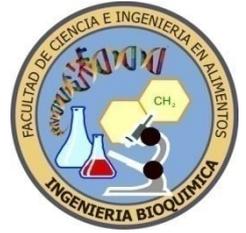




**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS**  
**CARRERA DE INGENIERÍA BIOQUÍMICA**



---

**"DETERMINACIÓN DE LA INFLUENCIA DE LECHUGUÍN (*Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms) Y LENTEJA DE AGUA (*Lemna* spp.) EN LA REDUCCIÓN DE LA DUREZA DEL AGUA DE RIEGO DE LA EMPRESA FLORES DEL COTOPAXI S.A."**

---

*Proyecto de Trabajo de Investigación (Graduación), Modalidad: Trabajo Estructurado de Manera Independiente (TEMI) presentado como requisito previo a la obtención del título de Ingeniera Bioquímica otorgado por la Universidad Técnica de Ambato a través de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos.*

**Autor:** María Dolores Calderón Valdiviezo

**Tutor:** Ing. Manolo Córdova

**Ambato – Ecuador**

**2015**

## APROBACIÓN DEL TUTOR DE TESIS

En calidad de Tutor del trabajo de investigación realizado bajo el tema de: "Determinación de la influencia de Lechuguín (*Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms) y Lenteja de agua (*Lemna* spp.) en la reducción de la dureza del agua de riego de la empresa Flores del Cotopaxi S.A.", realizado por la señorita María Dolores Calderón Valdiviezo, certifico que el trabajo fue realizado por la persona indicada.

Considero que dicho informe investigativo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la evaluación del Tribunal de Grado, que el Honorable Consejo Directivo designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Ambato, Mayo del 2015

.....  
Ing. Manolo Córdova  
TUTOR

## AUTORÍA

El presente trabajo de investigación "Determinación de la influencia de Lechuguín Lechuguín (*Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms) y Lenteja de agua (*Lemna* spp.) en la reducción de la dureza del agua de riego de la empresa Flores del Cotopaxi S.A.", es absolutamente original, auténtico y personal, en tal virtud, el contenido, efectos legales y académicos que se desprenden del mismo son de exclusiva responsabilidad de la autora.

Ambato, Mayo de 2015

.....  
María Dolores Calderón Valdiviezo  
180314779-0

**APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO**

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**

**FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN BIOQUIMICA**

Los miembros del Tribunal de Grado aprueban el presente Trabajo de Graduación de acuerdo a las disposiciones emitidas por la Universidad Técnica de Ambato.

Ambato, Mayo del 2015

Para constancia firman:

-----  
**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**

-----  
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

-----  
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

## **DEDICATORIA**

A mis padres, por ser mi mayor apoyo y fuerza, por su paciencia y amor incondicional, por sus consejos, sus esfuerzos y lucha imparable para seguir adelante. A mis hermanos, a mi cuñada y a mis sobrinos por su amor y apoyo constante.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco principalmente a Dios por brindarme la oportunidad de realizar este proyecto, por bendecirme en cada paso y poner a las personas indicadas en mi vida, que sin ningún interés me ayudaron y apoyaron con sus conocimientos, consejos e información.

A la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos, por darme la oportunidad de finalizar mis estudios universitarios.

Gracias a la empresa Flores del Cotopaxi S.A. por su apertura para el desarrollo de este proyecto.

Doy gracias al apoyo y amor de mis padres Wilfrido Calderón y Martha Valdiviezo, que constantemente han sido mi fuerza para continuar sin decaer, brindándome su amor y apoyo sin límite.

A mis hermanos Paul y Alex, a mí cuñada Verónica, a mis sobrinos Emily y Paul, al padre José Valdiviezo por estar siempre junto a mí con palabras alentadoras y de amor, impulsándome a seguir adelante.

Agradezco también a Daniela Navas por su apoyo incondicional, su preocupación y respaldo, a mis amigos de Laboratorios LIFE que fueron mi guía, con su paciencia y enseñanzas me brindaron su apoyo permanente.

Al Doc. Carlos Rodríguez Ph.D., por su paciencia, amistad, apoyo y tiempo para guiarme durante mis estudios y la realización de este proyecto.

Al Ing. Manolo Córdova Ph.D. por ser el tutor de este proyecto, a la Ing. María Fernanda Ramos, Ing. Dolores Robalino, por su apoyo con sus conocimientos en el desarrollo de este proyecto.

## INDICE

APROBACIÓN DEL TUTOR DE TESIS	II
AUTORÍA	III
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO	IV
DEDICATORIA	V
AGRADECIMIENTO	VI
RESUMEN	1
CAPITULO I	2
EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	2
1.1. TEMA DE INVESTIGACIÓN	2
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.2.1. Contextualización	2
1.2.1.1. Macro	2
1.2.1.2. Meso	3
1.2.1.3. Micro	4
1.3. JUSTIFICACIÓN	6
1.4. OBJETIVOS	7
1.4.1. General	7
1.4.2. Específicos	7
CAPITULO II	8
MARCO TEORICO	8
2.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS	8
2.1.1 El Agua	10
2.1.2 Riego	10
2.1.2.1 Reutilización del agua para el regadío.	11
2.1.3 Contaminación del agua	11
2.1.3.1 Principales contaminantes del agua	12
2.1.3.1.1 Microorganismos patógenos	12
2.1.3.1.2 Desechos orgánicos.	12

2.1.3.1.3 Sustancias químicas inorgánicas.	12
2.1.3.1.3.1 Dureza del agua	13
2.1.3.1.4 Nutrientes vegetales inorgánicos	13
2.1.3.1.5 Compuestos orgánicos	13
2.1.3.1.6 Sedimentos y materiales suspendidos	14
2.1.3.1.7 Sustancias radiactivas	14
2.1.3.1.8 Contaminación térmica.	14
2.1.4 Humedales vegetales	14
2.1.4.1 Funciones de los humedales artificiales.	15
2.1.5 Plantas acuáticas	16
2.1.5.1 Lenteja de agua	17
2.1.5.2 Lechuguín de agua	18
2.1.5.3 Taxonomía.	18
2.2 FUNDAMENTACIÓN FILOSÓFICA	19
2.3 FUNDAMENTACIÓN LEGAL	19
TABLA 2.- PARÁMETROS DE LOS NIVELES DE LA CALIDAD DE AGUA PARA RIEGO	31
2.4 CATEGORÍAS FUNDAMENTALES	32
2.5 HIPÓTESIS	33
2.5.1 Hipótesis Alternativa	33
2.5.2 Hipótesis Nula	33
2.6 SEÑALAMIENTO DE VARIABLES	33
<b>CAPITULO III</b>	<b>34</b>
<b>METODOLOGIA</b>	<b>34</b>
3.1 ENFOQUE	34
3.2 MODALIDAD BÁSICA DE LA INVESTIGACIÓN	34
3.2.1 Investigación Documental Bibliográfica	34
3.3 NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN	35
3.4 POBLACIÓN Y MUESTRA	35
3.5 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	36
3.6 RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN, PROCESAMIENTO, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN	38
3.6.1. Recolección de muestras	38
3.6.2. Caracterización físico – química del agua	38

3.6.2.1 Determinación del pH (Standard Methods 4500 – H <sup>+</sup> B)	38
3.6.2.2 Determinación de la conductividad (Standard Methods 2510 A)	38
3.6.2.3 Determinación de la dureza total (Standard Methods 2340 C)	39
3.6.2.4 Determinación de nitratos (Standard Methods 4500 – NO <sub>3</sub> - C)	39
3.6.2.5 Determinación de sulfatos (Standard Methods 4500 – SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> E)	40
3.6.3 Aislamiento de bacterias presentes en las raíces de las plantas acuáticas utilizadas.	40
3.6.3.1 Medio de cultivo	40
3.6.3.2 Diluciones Seriadas	40
3.6.3.3 Inoculación	41
3.6.3.4 Conteo De Colonias	41
3.6.5 Análisis económico de los tratamientos investigados	42
3.7 PLAN DE PROCESAMIENTO DE ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	42
3.7.1. Diseño experimental	42
3.7.1.1 Diseño de un solo factor Completamente aleatorizado.	42
<b>CAPITULO IV</b>	<b>44</b>
<b>ANALISIS E INTERPRETACION DE RESULTADOS</b>	<b>44</b>
4.1. ANÁLISIS DE DATOS	44
4.1.1 Caracterización físico – química del agua	44
4.1.2. Aislamiento de bacterias presentes en las raíces de las plantas acuáticas utilizadas.	45
4.2. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	46
4.3. VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS	50
<b>CAPITULO V</b>	<b>51</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	<b>51</b>
5.1. CONCLUSIONES	51
5.2. RECOMENDACIONES	52
<b>CAPÍTULO VI</b>	<b>53</b>
<b>PROPUESTA</b>	<b>53</b>
6.1. DATOS INFORMATIVOS	53
6.2. ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA.	54

6.3. JUSTIFICACIÓN	55
6.4. OBJETIVOS.	55
6.5. ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD	56
6.6. FUNDAMENTACIÓN.	56
6.7. METODOLOGÍA - MODELO OPERATIVO	57
6.8. ADMINISTRACIÓN	63
6.9. PREVISIÓN DE LA EVALUACIÓN	64
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>65</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>70</b>

## INDICE DE TABLAS

### ANEXO A

#### TABLAS DE RESULTADOS

TABLA A1.- RESULTADOS FÍSICO-QUÍMICOS DE AGUA DE RIEGO EVALUADO EN LA SEMANA 1 DESPUÉS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LECHUGUÍN.

TABLA A2.- RESULTADOS FÍSICO-QUÍMICOS DE AGUA DE RIEGO EVALUADO EN LA SEMANA 2 DESPUÉS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LECHUGUÍN.

TABLA A3.- RESULTADOS FÍSICO-QUÍMICOS DE AGUA DE RIEGO EVALUADO EN LA SEMANA 3 DESPUÉS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LECHUGUÍN.

TABLA A4.- RESULTADOS FÍSICO-QUÍMICOS DE AGUA DE RIEGO EVALUADO EN LA SEMANA 4 DESPUÉS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LECHUGUÍN.

TABLA A5.- RESULTADOS FÍSICO-QUÍMICOS DE AGUA DE RIEGO EVALUADO EN LA SEMANA 5 DESPUÉS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LECHUGUÍN.

TABLA A6.- RESUMEN DE RESULTADOS FÍSICO-QUÍMICOS DE AGUA DE RIEGO EVALUADO DURANTE LAS 5 SEMANAS DESPUÉS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LECHUGUÍN.

TABLA A7.- RESULTADOS FÍSICO-QUÍMICOS DE AGUA DE RIEGO EVALUADO EN LA SEMANA 1 DESPUÉS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LENTEJA DE AGUA.

TABLA A8.- RESULTADOS FÍSICO-QUÍMICOS DE AGUA DE RIEGO EVALUADO EN LA SEMANA 2 DESPUÉS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LENTEJA DE AGUA.

TABLA A9.- RESULTADOS FÍSICO-QUÍMICOS DE AGUA DE RIEGO EVALUADO EN LA SEMANA 3 DESPUÉS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LENTEJA DE AGUA.

TABLA A10.- RESULTADOS FÍSICO-QUÍMICOS DE AGUA DE RIEGO EVALUADO EN LA SEMANA 4 DESPUÉS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LENTEJA DE AGUA.

TABLA A11.- RESULTADOS FÍSICO-QUÍMICOS DE AGUA DE RIEGO EVALUADO EN LA SEMANA 5 DESPUÉS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LENTEJA DE AGUA.

TABLA A12.- RESUMEN DE RESULTADOS FÍSICO-QUÍMICOS DE AGUA DE RIEGO EVALUADO DURANTE LAS 5 SEMANAS DESPUÉS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LENTEJA DE AGUA.

TABLA A13.- RESULTADOS DEL NÚMERO DE UFC /G DE RAÍZ DE LECHUGUÍN ANTES DE ESTAR EN CONTACTO CON EL AGUA DE RIEGO.

TABLA A14.- RESULTADOS DEL NÚMERO DE UFC /G DE RAÍZ DE LECHUGUÍN ANTES DE ESTAR EN CONTACTO CON EL AGUA DE RIEGO.

TABLA A15.- RESULTADOS DEL NÚMERO DE UFC /G DE RAÍZ DE LECHUGUÍN ANTES DE ESTAR EN CONTACTO CON EL AGUA DE RIEGO.

TABLA A16.- RESUMEN DE RESULTADOS DEL NÚMERO DE UFC /G DE RAÍZ DE LECHUGUÍN ANTES DE ESTAR EN CONTACTO CON EL AGUA DE RIEGO.

TABLA A17.- RESULTADOS DEL NÚMERO DE UFC/G DE RAÍZ DE LECHUGUÍN DESPUÉS DE ESTAR EN CONTACTO CON EL AGUA DE RIEGO.

TABLA A18.- RESULTADOS DEL NÚMERO DE UFC/G DE RAÍZ DE LECHUGUÍN DESPUÉS DE ESTAR EN CONTACTO CON EL AGUA DE RIEGO.

TABLA A19.- RESULTADOS DEL NÚMERO DE UFC /G DE RAÍZ DESPUÉS DE ESTAR EN CONTACTO CON EL AGUA DE RIEGO.

TABLA A20.- RESUMEN DE RESULTADOS DEL NÚMERO DE UFC/G DE RAÍZ DESPUÉS DE ESTAR EN CONTACTO CON EL AGUA DE RIEGO.

TABLA A21.- RESULTADOS DEL NÚMERO DE UFC /G DE RAÍZ DE LENTEJA DE AGUA ANTES DE ESTAR EN CONTACTO CON EL AGUA DE RIEGO.

TABLA A22.- RESULTADOS DEL NÚMERO DE UFC /G DE RAÍZ DE LENTEJA DE AGUA ANTES DE ESTAR EN CONTACTO CON EL AGUA DE RIEGO.

TABLA A23.- RESULTADOS DEL NÚMERO DE UFC /G DE RAÍZ DE LENTEJA DE AGUA ANTES DE ESTAR EN CONTACTO CON EL AGUA DE RIEGO.

TABLA A24.- RESUMEN DE RESULTADOS DEL NÚMERO DE UFC /G DE RAÍZ DE LENTEJA DE AGUA ANTES DE ESTAR EN CONTACTO CON EL AGUA DE RIEGO.

TABLA A25.- RESULTADOS DEL NÚMERO DE UFC /G DE RAÍZ DE LENTEJA DE AGUA DESPUÉS DE ESTAR EN CONTACTO CON EL AGUA DE RIEGO.

TABLA A26.- RESULTADOS DEL NÚMERO DE UFC /G DE RAÍZ DE LENTEJA DE AGUA DESPUÉS DE ESTAR EN CONTACTO CON EL AGUA DE RIEGO.

TABLA A27.- RESULTADOS DEL NÚMERO DE UFC/G DE DE LENTEJA DE AGUA DESPUÉS DE ESTAR EN CONTACTO CON EL AGUA DE RIEGO.

TABLA A28.- RESUMEN DE RESULTADOS DEL NÚMERO DE UFC/G DE RAÍZ DE LENTEJA DE AGUA DESPUÉS DE ESTAR EN CONTACTO CON EL AGUA DE RIEGO.

## **ANEXO B**

### **ANÁLISIS ESTADÍSTICO**

TABLA B1. RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS FÍSICOS QUÍMICOS DEL AGUA DE RIEGO CON LA IMPLEMENTACIÓN DE LECHUGUÍN Y LENTEJA PARA REDUCIRLA CONCENTRACIÓN DE DUREZA.

TABLA B2. DISEÑO DE UN SOLO UN FACTOR COMPLETAMENTE ALEATORIZADO PARA LECHUGUÍN VS EL TESTIGO.

TABLA B3. DISEÑO DE UN SOLO FACTOR COMPLETAMENTE ALEATORIZADO PARA CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA PARA LECHUGIN

TABLA B4. PRUEBA DE TUKEY AL 95% PARA CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA POR TRATAMIENTOS

TABLA B5. DISEÑO DE UN SOLO FACTOR COMPLETAMENTE ALEATORIZADO PARA DUREZA

TABLA B6. PRUEBA DE TUKEY AL 95% PARA DUREZA POR TRATAMIENTOS

TABLA B7. DISEÑO DE UN SOLO FACTOR COMPLETAMENTE ALEATORIZADO PARA NITRATOS

TABLA B8. PRUEBA DE TUKEY AL 95% PARA NITRATOS POR TRATAMIENTOS

TABLA B9. DISEÑO DE UN SOLO FACTOR COMPLETAMENTE ALEATORIZADO PARA PH

TABLA B10. PRUEBA DE TUKEY AL 95% PARA PH POR TRATAMIENTOS

TABLA B11. DISEÑO DE UN SOLO FACTOR COMPLETAMENTE ALEATORIZADO PARA SULFATOS

TABLA B13. DISEÑO DE UN SOLO UN FACTOR COMPLETAMENTE ALEATORIZADO PARA LENTEJA VS EL TESTIGO

TABLA B14. DISEÑO DE UN SOLO FACTOR COMPLETAMENTE ALEATORIZADO PARA CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA PARA LENTEJA

TABLA B15. DISEÑO DE UN SOLO FACTOR COMPLETAMENTE ALEATORIZADO PARA DUREZA

TABLA B16. DISEÑO DE UN SOLO FACTOR COMPLETAMENTE ALEATORIZADO PARA NITRATOS

TABLA B17. PRUEBA DE TUKEY AL 95% PARA NITRATOS POR TRATAMIENTOS

TABLA B19. PRUEBA DE TUKEY AL 95% PARA PH POR TRATAMIENTOS

TABLA B20. DISEÑO DE UN SOLO FACTOR COMPLETAMENTE ALEATORIZADO PARA SULFATOS

## **ANEXO C**

### **GRÁFICAS DE BARRAS**

ANEXO C1.- GRÁFICA RESUMEN DE CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA, LECHUGUÍN VS TESTIGO

ANEXO C2.- GRÁFICA RESUMEN DE DUREZA, LECHUGUÍN VS TESTIGO

ANEXO C3.- GRÁFICA RESUMEN DE SULFATOS, LECHUGUÍN VS TESTIGO  
ANEXO C4.- GRÁFICA RESUMEN DE PH, LECHUGUÍN VS TESTIGO  
ANEXO C5.- GRÁFICA RESUMEN DE NITRATOS, LECHUGUÍN VS TESTIGO  
ANEXO C6.- GRÁFICA RESUMEN DE CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA, LENTEJA VS  
TESTIGO  
ANEXO C7.- GRÁFICA RESUMEN DE DUREZA, LENTEJA VS TESTIGO  
ANEXO C8.- GRÁFICA RESUMEN DE PH, LENTEJA VS TESTIGO  
ANEXO C9.- GRÁFICA RESUMEN DE SULFATOS, LENTEJA VS TESTIGO  
ANEXO C10.- GRÁFICA RESUMEN DE NITRATOS, LENTEJA VS TESTIGO

## **ANEXO D**

### **ANÁLISIS ECONÓMICO DE LAS METODOLOGÍAS IMPLEMENTADAS**

ANEXO D1.- ANÁLISIS DE COSTOS EN LA IMPLEMENTACIÓN DE LECHUGUÍN  
ANEXO D2.- ANÁLISIS DE COSTOS EN LA IMPLEMENTACIÓN DE LENTEJA DE AGUA

## **ANEXO E**

### **FOTOGRAFÍAS**

ANEXO E1.- VERTIENTE PROVENIENTE DE RIO BLANCO  
ANEXO E2.- RESERVORIO DE AGUA DE LA EMPRESA FLORES DEL COTOPAXI S.A.  
ANEXO E3.- LECHUGUÍN ANTES DE ESTAR EN TRATAMIENTO, OBSERVACIÓN 1 (8-11-  
2014).  
ANEXO E4.- LECHUGUÍN ANTES DE ESTAR EN TRATAMIENTO, OBSERVACIÓN 2 (8-11-  
2014).  
ANEXO E5.- LECHUGUÍN ANTES DE ESTAR EN TRATAMIENTO, OBSERVACIÓN 3 (8-11-  
2014).  
ANEXO E6.- LECHUGUÍN DURANTE EL TRATAMIENTO, OBSERVACIÓN 1 (13-12-2014).  
ANEXO E7.- LECHUGUÍN DURANTE EL TRATAMIENTO, OBSERVACIÓN 2 (13-12-2014).  
ANEXO E8.- LECHUGUÍN DURANTE EL TRATAMIENTO, OBSERVACIÓN 3 (13-12-2014).  
ANEXO E9.- LECHUGUÍN DESPUÉS DE ESTAR EN TRATAMIENTO, OBSERVACIÓN 1 (17-  
01-2015)  
ANEXO E10.- LECHUGUÍN DESPUÉS DE ESTAR EN TRATAMIENTO, OBSERVACIÓN 2  
(17-01-2015)  
ANEXO E11.- LECHUGUÍN DESPUÉS DE ESTAR EN TRATAMIENTO, OBSERVACIÓN 3  
(17-01-2015)

ANEXO E12.- LENTEJA DE AGUA ANTES DE ESTAR EN TRATAMIENTO, OBSERVACIÓN 1 (8-11-2014)

ANEXO E13.- LENTEJA DE AGUA ANTES DE ESTAR EN TRATAMIENTO, OBSERVACIÓN 2 (8-11-2014)

ANEXO E14.- LENTEJA DE AGUA ANTES DE ESTAR EN TRATAMIENTO, OBSERVACIÓN 3 (8-11-2014)

ANEXO E15.- LENTEJA DE AGUA DURANTE EL TRATAMIENTO, OBSERVACIÓN 1 (13-12-2014).

ANEXO E16.- LENTEJA DE AGUA DURANTE EL TRATAMIENTO, OBSERVACIÓN 2 (13-12-2014).

ANEXO E17.- LENTEJA DE AGUA DURANTE EL TRATAMIENTO, OBSERVACIÓN 3 (13-12-2014).

ANEXO E18.- LENTEJA DE AGUA DESPUÉS DE ESTAR EN TRATAMIENTO, OBSERVACIÓN 1 (17-01-2015)

ANEXO E19.- LENTEJA DE AGUA DESPUÉS DE ESTAR EN TRATAMIENTO, OBSERVACIÓN 2 (17-01-2015)

ANEXO E20- LENTEJA DE AGUA DESPUÉS DE ESTAR EN TRATAMIENTO, OBSERVACIÓN 3 (17-01-2015)

ANEXO E21- DILUCIONES PRINCIPALES DE LENTEJA DE AGUA

ANEXO E22- DILUCIONES PRINCIPALES DE LECHUGUÍN

ANEXO E23- DILUCIÓN  $10^{-5}$  DE LECHUGUÍN (FOTO MÁS SOBRESALIENTE Y CLARA)

ANEXO E24- DILUCIÓN  $10^{-5}$  DE LENTEJA DE AGUA (FOTO MÁS SOBRESALIENTE Y CLARA)

## **ANEXO F**

**NORMAS DE CALIDAD DE AGUAS PARA USO AGRÍCOLA EN RIEGO SEGÚN EL ACUERDO MINISTERIAL NO. 028.; LIBRO VI**

ANEXO F1.- CRITERIOS DE CALIDAD DE AGUAS PARA USO AGRÍCOLA EN RIEGO

ANEXO F2.- PARÁMETROS DE LOS NIVELES DE LA CALIDAD DE AGUA PARA RIEGO

## RESUMEN

El propósito principal del presente estudio fue la reducción de la dureza del agua de riego de la empresa Flores del Cotopaxi S.A., para lo cual se utilizó plantas acuáticas como lechuguín y lenteja de agua. Para determinar las características de la muestra de agua de riego proveniente de la cuenca de Río Blanco se analizó antes y después de ser sometidas a tratamiento los siguientes parámetros: pH, conductividad eléctrica, dureza total, nitratos, y sulfatos, de la misma manera se realizó un conteo de ufc/gramo de raíz de cada planta acuática.

El análisis de datos se realizó con el programa estadístico Statgraphics.

La investigación permitió concluir que el lechuguín es la planta acuática más idónea en la absorción de minerales, control de pH, conductividad y sulfatos, dado que sus raíces son más fuertes, y según las pruebas microbiológicas realizadas el contenido de microorganismos es mayor.

Se analizó la viabilidad económica, resultando de la misma manera el uso de lechuguín como el más factible para su implementación, por facilidad de adquisición y adaptabilidad al medio.

**Palabras claves:** Dureza, riego, plantas acuáticas, lechuguín, lenteja de agua,

## **CAPITULO I**

### **EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

#### **1.1. Tema de investigación**

Determinación de la influencia del Lechuguín (*Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms) y Lenteja de agua (*Lemna* spp.) en la reducción de la dureza del agua de riego de la empresa Flores del Cotopaxi S. A.

El presente estudio proyecta una alternativa biológica y eficaz para reducir la dureza del agua de riego, a través del uso de humedales con *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms y *Lemna* spp., localmente conocidas como lechuguín y lenteja de agua, respectivamente. Estas dos especies de plantas proveen una mejora de la calidad del suelo utilizado para el cultivo de flores. De esta manera se estará: incentivando al uso de plantas acuáticas, las cuales disminuirán la aplicación de productos y sustancias químicas en el agua; su efectividad en el proceso de cultivo, reduciendo las pérdidas del producto por enfermedades e incrementando la calidad del mismo, mediante la optimización de recursos naturales y amigables con el medio ambiente.

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

##### **1.2.1. Contextualización**

###### **1.2.1.1. Macro**

A nivel mundial existe un incremento en la contaminación del agua, debido al manejo incorrecto de los procesos productivos no afines con el medio ambiente, provocando un impacto negativo al ambiente.

Se produce contaminación cuando el agua contiene demasiada materia orgánica, o sustancias tóxicas no orgánicas. Existen microorganismos como bacterias que descomponen la materia orgánica presente en el agua, evitando así que plantas y animales mueran. Sin embargo la presencia de fosfatos y nitratos que se liberan durante la descomposición de los desechos orgánicos es otra causa de contaminación. Las sustancias liberadas de este proceso sirven de nutrientes para los vegetales y favorecen la proliferación de plantas en la superficie, como algas o jacintos de agua. De esta manera obstaculizan el paso de la luz solar y el intercambio de gases con la atmósfera, logrando destruir otras formas de vida vegetal y animal existentes. Estas plantas realizan fotosíntesis y respiran durante el día, mientras que en la noche solo respiran, consumiendo el oxígeno disuelto en el agua.

La presencia de industrias textiles, y uso de productos químicos en la agricultura causan una contaminación no orgánica, llevando sustancias tóxicas disueltas en el agua, estas sustancias son liberadas sin purificar en ríos y lagos, causando daño a los seres vivos. Este tipo de contaminación deja graves consecuencias para la agricultura y la ganadería: el agua no puede utilizarse para el riego de los cultivos ni para dar de beber a los animales (FAO, 1996)

#### **1.2.1.2. Meso**

En Ecuador el 93,3% del área regable se halla sobre la cuenca de la vertiente del Pacífico y la diferencia sobre la vertiente Amazónica (Zapatta & Gasselin, 2005).

La extensión más importante es la cuenca del río Guayas representando el 40,4% de la superficie regable del país, la cuenca del río Esmeraldas es el 12,6%. Del área regable, apenas 560000 ha. se encuentran bajo riego, que es el 30% de la superficie cultivada del país. Sin embargo, el 75% de la producción agrícola se encuentra bajo riego, constituyendo un gran aporte en la economía nacional (Sánchez & Vinuesa, 2007).

En nuestro país la mayor parte del consumo de agua es destinada al riego, considerándose un 80% del consumo total. No obstante, las pérdidas en la captación de agua y el tamaño de parcela, hacen que las eficiencias varíen entre el 15% y 25% (Sánchez & Vinueza, 2007).

### **1.2.1.3. Micro**

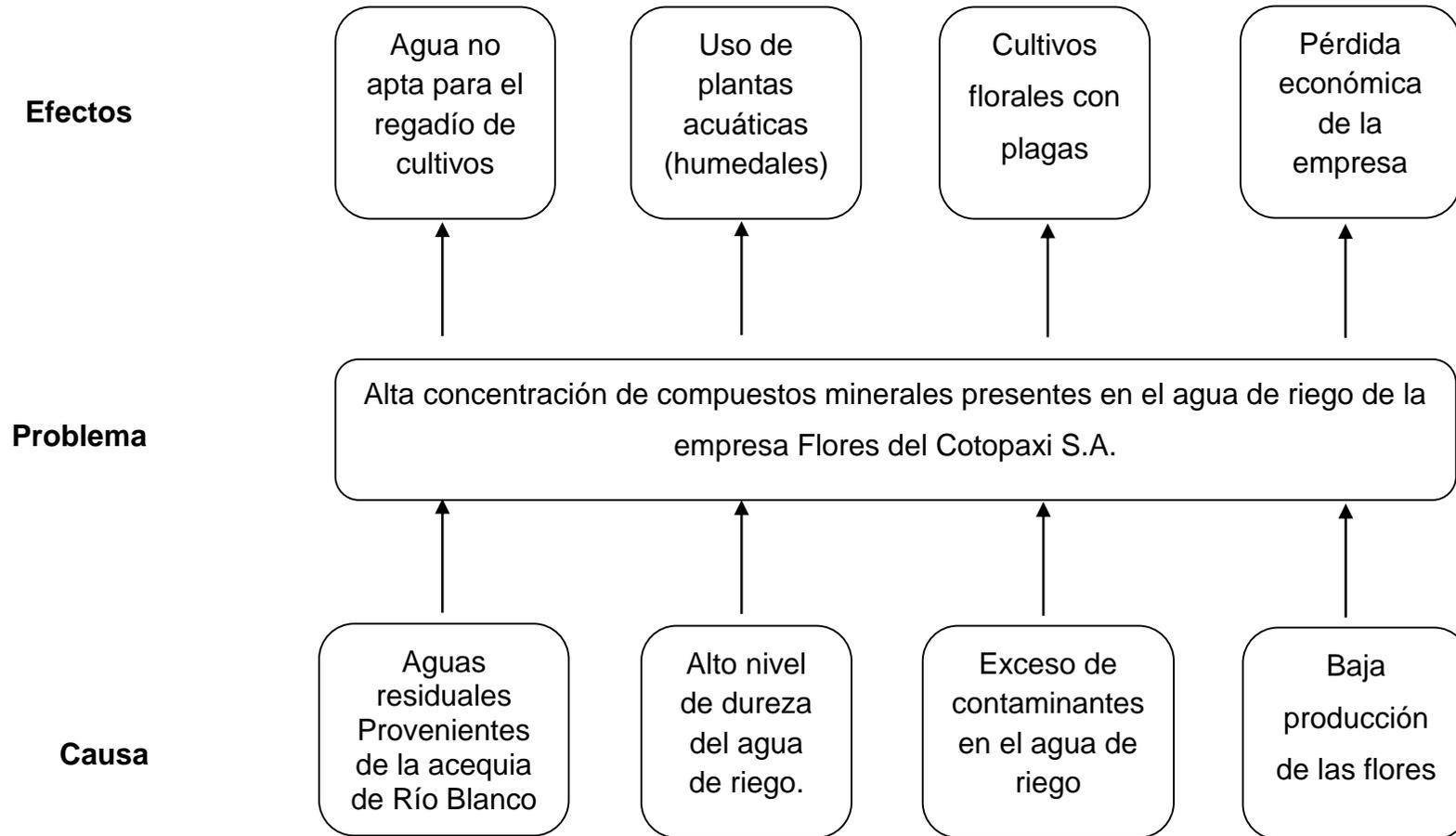
La Mesa Nacional del Foro de Recursos Hídricos, aprobó el documento “Planes Provinciales de Riego”, en la reunión de Quito del 31 de enero de 2013. Allí participaron delegados de las diversas provincias del Ecuador y de organizaciones sociales de alcance regional y nacional (Foro de los recursos hídricos, 2013).

En la parroquia Toacaso, cantón de Latacunga se dio origen a una de las organizaciones más prestigiosas como es la UNOCANC (Unión de Organizaciones Campesinas del Norte de Cotopaxi), que está conformada por organizaciones de los barrios que están en permanente gestión de mejoras para sus habitantes, especialmente en lo que tiene que ver a Agua para consumo humano y para riego (Tapia, 2006).

En Toacaso, alrededor de 380 agricultores fueron beneficiados con la construcción de Goteras del Pueblo. Esta infraestructura es uno de los muchos sistemas de riego comunitario que impulsa el gobierno en diferentes zonas del país. El agua para riego es captada de la cuenca del Río Blanco a través de 800 metros de tubería, por donde se canalizan 20,3 litros de agua por segundo, que se almacena en un tanque reservorio de más de 800 metros cúbicos (AGRYTEC, 2011).

## 1.2.2 Análisis crítico

### 1.2.2.1 Diagrama causa-efecto



Elaborado por: Calderón, María Dolores; 2015

### **1.2.3. Prognosis**

Los resultados de esta investigación permitirán determinar la dureza con la influencia del lechuguín y lenteja de agua en la empresa Flores del Cotopaxi S. A.. A través del análisis de caracterización física y química del agua de riego conoceremos cuál de las dos especies de plantas acuáticas logran un control óptimo. Así mismo, se evitara el uso de químicos, y una reducción considerable de costos de producción fácilmente aprovechables y de barata adquisición.

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

El problema de esta investigación se enfoca en la alta concentración de compuestos minerales presentes en el agua de riego utilizada para la siembra de flores de la empresa Flores del Cotopaxi S.A.

¿De qué forma se podrá bajar la alta concentración de compuestos minerales presentes en el agua de riego de la empresa Flores del Cotopaxi S.A.?

### **1.2.5. Preguntas directrices**

1. ¿Qué influencia presenta el lechuguín y lenteja de agua en la reducción de la dureza de agua de riego de la empresa Flores del Cotopaxi S.A?
2. ¿Cómo varían las características físico químicas del agua de riego de la empresa Flores del Cotopaxi S.A. antes y después de la aplicación del lechuguín y lenteja de agua?
3. ¿Cuál es el número de ufc de bacterias por gramo presentes en las raíces seca de lechuguín y lenteja de agua utilizadas en el proceso de reducción de la dureza del agua de riego?
4. ¿Resulta viable económicamente la metodología empleada con lechuguín y lenteja de agua para la reducción de la dureza del agua de riego?

### 1.2.6. Delimitaciones

**Área** : Ambiental

**Sub-área** : Agua

**Sector** : Contaminación de aguas

**Sub-sector** : Dureza del agua

**Delimitación espacial:** Esta investigación se realizará en el estanque del agua de riego de la empresa Flores del Cotopaxi S.A. en el sector de la Ciénega, ubicada en la ciudad de Lasso, provincia de Cotopaxi.

**Delimitación temporal:** Este problema será estudiado en un periodo comprendido entre Septiembre del 2014 a Marzo del 2015.

### 1.3. Justificación

La producción de flores es una actividad elemental en el agro ecuatoriano. Su volumen de exportación aporta significativamente al Producto Interno Bruto (PBI). Intencionalmente, el cultivo de flores es muy codiciado, razón por la cual es de vital importancia su presentación, poniendo énfasis en cada una de sus características físicas. Estados Unidos es el mercado principal para las flores ecuatorianas. Por su parte, en países europeos y de otras regiones, la demanda es en menor escala (Neira, 2010).

Bajo este contexto, el proceso de descontaminación de aguas de riego es necesario, principalmente en zonas de cultivo, donde es el hogar de varias floricultoras, como por ejemplo en la provincia de Cotopaxi, entre otras. Muchas de las florícolas ecuatorianas, representan un porcentaje elevado de ingresos económicos para nuestro país.

Esta propuesta de investigación está enfocada al uso de plantas acuáticas como una alternativa de descontaminación, si la utilización de químicos, y se realice un proceso biológico con la ayuda del lechuguín y/o lenteja de agua como absorbentes de minerales en el agua de riego.

## **1.4. Objetivos**

### **1.4.1. General**

Determinar la influencia de lechuguín y lenteja de agua en la reducción de la dureza del agua de riego de la empresa Flores del Cotopaxi S.A.

### **1.4.2. Específicos**

Cuantificar las características físicas químicas del agua de riego de la empresa Flores del Cotopaxi S.A. antes y después de la aplicación del lechuguín y lenteja de agua.

Calcular el número de ufc de bacterias por gramo de raíz seca de lechuguín y lenteja de agua utilizadas en el proceso de reducción de la dureza del agua de riego.

Establecer la viabilidad económica de las metodologías empleadas con lechuguín y lenteja de agua para la reducción de la dureza del agua de riego.

## **CAPITULO II**

### **MARCO TEORICO**

#### **2.1 Antecedentes investigativos**

Históricamente se conoce que las grandes civilizaciones se desarrollaron principalmente a lo largo de importantes ríos, el agua a nivel mundial es imprescindible para la vida (Garrido, 2013)

En estos lugares la población a más de disponer de agua también podía cultivar las plantas que necesitaba. En caso de falta de lluvia o mal reparto estacional de ésta, el riego tiene como finalidad suministrar el agua necesaria a los cultivos. Además produce efectos muy beneficiosos al crear un ambiente favorable para el desarrollo de los mismos, provocando un microclima que disminuye la temperatura en las épocas cálidas y la aumenta en las épocas frías, disminuyendo los problemas de golpes de calor y de heladas (Fierro, 2011).

Es poco lo que se conoce sobre el riego privado. Estos sistemas cubrirían aproximadamente 460.000 ha. que representa el 83%, la diferencia, es decir 108.000 ha. a cultivos regados con sistemas públicos (Pozo,2012).

Existe una distribución desigual de la tenencia de la tierra: el 88% de los beneficiarios del riego, minifundistas, disponen de entre el 6 y el 20% de los caudales totales disponibles; en contraste, entre el 1 y 4% del número de beneficiarios, hacendados que disponen del 50 al 60% de los caudales disponibles (Sánchez & Vinueza, 2007).

El riego y drenaje son actividades multidimensionales, cuya relevancia se revela en múltiples aspectos, como la garantía de la soberanía alimentaria. En promedio, según el International Water Management Institute los rendimientos por unidad de superficie cultivada son 2 veces más altos en el área regada que en las áreas de secano (IWMI, 2008).

En el Ecuador, la producción bajo riego contribuye al 70% de la producción agrícola nacional. Además, la generación de empleo y disminución de la pobreza en sectores rurales es determinante (Foro de Recursos Hídricos. 2012).

No se pueden dejar de considerar lo que implica un buen manejo del recurso agua, puesto que una adecuada gestión ayuda al control de contaminación de las fuentes hídricas y a la conservación y enriquecimiento de los suelos. De igual manera, es indudable la relevancia del riego en términos sociales, dado que la organización de las personas en torno al recurso genera vínculos sociales importantes, favorece la organización y la cohesión social (FAO. 2008).

El riego debe enfrentar varios problemas que tiene relación entre sí, como es el caso de la poca disponibilidad de agua, el acceso socialmente inequitativo, la concentración regional de las inversiones públicas en riego, el bajo nivel de tecnificación, la contaminación de ríos y lagos, el alto nivel de dureza del agua que afecta a los cultivos, por todo esto se ha buscado una solución de descontaminación del agua con lo que una de las propuestas biológicas ha sido la utilización de humedales.

Los 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 (Frers, 2007).

### **2.1.1 El Agua**

El agua, un compuesto extraordinariamente simple, es sin embargo una sustancia de características tan excepcionales y únicas que sin ella sería imposible la vida. El hombre tiene necesidad de agua para realizar sus funciones vitales, para preparar y cocinar los alimentos, para la higiene y los usos domésticos, para regar los campos, para la industria, para las centrales de energía: en una palabra, para vivir (Carbajal & González, 2012).

El agua es una molécula sencilla formada por átomos pequeños, dos de hidrógeno y uno de oxígeno, unidos por enlaces covalentes muy fuertes que hacen que la molécula sea muy estable. Tiene una distribución irregular de la densidad electrónica, el oxígeno es uno de los elementos más electronegativos, atrae hacia sí los electrones de ambos enlaces covalentes, de manera que alrededor del átomo de oxígeno se concentra la mayor densidad electrónica y cerca de los hidrógenos la menor. La molécula tiene una geometría angular, los dos átomos de hidrógeno forman un ángulo de unos 105°, lo que hace de ella una molécula polar que puede unirse a otras muchas sustancias polares (Carbajal & González, 2012).

### **2.1.2 Riego**

El riego consiste en aportar agua al sustrato, para que las plantas (hortalizas, pastos, hierbas, ornamentales, etc.) puedan crecer y desarrollarse. Ésta es una actividad necesaria tanto en la hidroponía, como en la agricultura tradicional y la jardinería.

El agua utilizada para la agricultura procede tanto de fuentes naturales como de recursos alternativos. Los recursos Naturales incluyen el agua de lluvia, agua de superficie (ríos y lagos). El uso de estos recursos debe realizarse de una forma sostenible. Claramente el recurso de agua de lluvia depende de la climatología del área.

El agua de superficie es un recurso limitado y normalmente necesita de la construcción de embalses lo cual implica un gran impacto ambiental (Lenntech, 2014).

Algunas alternativas es la reutilización de agua procedente de las estaciones de tratamiento de aguas municipales y el agua de alcantarillado. Sin embargo la utilización de agua reciclada para el regadío puede tener ciertos efectos adversos en la salud de la población y el medioambiente. Esto depende de la aplicación del agua, las características de la tierra, las condiciones climáticas y las prácticas agrarias. Por lo tanto, es muy importante que se tengan en cuenta todos estos aspectos en la gestión del agua reciclada (Lenntech, 2014).

### **2.1.2.1 Reutilización del agua para el regadío.**

La reutilización del agua para el regadío es una práctica común en todo el mundo. En Europa, por ejemplo hay un proyecto muy grande en Clermont - Ferrand, Francia desde 1997 donde se emplean más de 10.000 m<sup>3</sup>/día de un efluente urbano se utilizan para el riego de 700 ha de maíz. En Italia más de 4000 Ha de diferentes cultivos se riegan con agua reciclada (Lenntech, 2014).

En España también existen varios proyectos similares. La calidad del agua empleada en el regadío es fundamental para el rendimiento y cantidad de cultivos, mantenimiento de la tierra y protección del medioambiente. Por ejemplo, las propiedades físicas y mecánicas de la tierra (por ejemplo la estabilidad de los agregados) la permeabilidad, son muy sensibles a los diferentes tipos de iones presentes en el agua de riego (Lenntech, 2014).

### **2.1.3 Contaminación del agua**

La contaminación del agua generalmente se debe por culpa del hombre, generando que sea impropia para consumo en personas, animales y plantas.

### **2.1.3.1 Principales contaminantes del agua**

Hay un gran número de contaminantes del agua que se pueden clasificar en los siguientes ocho grupos:

#### **2.1.3.1.1 Microorganismos patógenos.**

Son los diferentes tipos de bacterias, virus, protozoos y otros organismos que transmiten enfermedades como el cólera, tifus, gastroenteritis diversas, hepatitis, etc. Normalmente estos microbios llegan al agua en las heces y otros restos orgánicos que producen las personas infectadas. Por esto, un buen índice para medir la salubridad de las aguas, en lo que se refiere a estos microorganismos, es el número de bacterias coliformes presentes en el agua.

La OMS recomienda que en el agua para beber haya 0 colonias de coliformes por 100 ml de agua (Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente, 2002).

#### **2.1.3.1.2 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. Buenos índices para medir la contaminación por desechos orgánicos son la cantidad de oxígeno disuelto, OD, en agua, o la DBO (Demanda Biológica de Oxígeno) (Fatorelli & Fernández, 2011).

#### **2.1.3.1.3 Sustancias químicas inorgánicas.**

En este grupo están incluidos ácidos, sales y metales tóxicos como el mercurio y el plomo. Si están en cantidades altas pueden causar graves

daños a los seres vivos, disminuir los rendimientos agrícolas y corroer los equipos que se usan para trabajar con el agua (Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente, 2002).

#### **2.1.3.1.3.1 Dureza del agua**

El término dureza se refiere a la característica particular del agua para formar depósitos o incrustaciones en los materiales con los cuales el agua está en contacto. Este término connota un agua problemática o difícil en su uso y su manejo.

La dureza implica un alto contenido de sales disueltas, principalmente calcio y magnesio, que son los causantes de la formación de depósitos y precipitados que hacen al agua dura o difícil en su uso. Estos depósitos son sales insolubles de calcio y magnesio, los cuales se forman por reacciones químicas que ocurren cuando el agua se usa o emplea en servicios domésticos o en usos industriales (Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente, 2002).

#### **2.1.3.1.4 Nutrientes vegetales inorgánicos.**

Nitratos y fosfatos son sustancias solubles en agua. Dichas sustancias son necesarias para el desarrollo de las plantas. No obstante si se encuentran en cantidad excesiva inducen el crecimiento desmesurado de algas y otros organismos provocando la eutrofización de las aguas. Cuando estas algas y otros vegetales mueren, al ser descompuestos por los microorganismos, se agota el oxígeno y se hace imposible la vida de otros seres vivos. El resultado es un agua maloliente e inutilizable (Fatorelli & Fernández, 2011).

#### **2.1.3.1.5 Compuestos orgánicos.**

Muchas moléculas orgánicas como petróleo, gasolina, plásticos, plaguicidas, disolventes, detergentes, etc. acaban en el agua y permanecen, en algunos casos, largos períodos de tiempo, porque, al ser productos fabricados por el

hombre, tienen estructuras moleculares complejas difíciles de degradar por los microorganismos (Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente, 2002).

#### **2.1.3.1.6 Sedimentos y materiales suspendidos.**

Muchas partículas arrancadas del suelo y arrastradas a las aguas, junto con otros materiales que hay en suspensión en las aguas, son, en términos de masa total, la mayor fuente de contaminación del agua. La turbidez que provocan en el agua dificulta la vida de algunos organismos, y los sedimentos que se van acumulando destruyen sitios de alimentación o desove de los peces, rellenan lagos o pantanos y obstruyen canales, rías y puertos (Radke, 2006).

#### **2.1.3.1.7 Sustancias radiactivas.**

Isótopos radiactivos solubles pueden estar presentes en el agua y, a veces, se pueden ir acumulando a lo largo de las cadenas tróficas, alcanzando concentraciones considerablemente más altas en algunos tejidos vivos que las que tenían en el agua (Radke, 2006).

#### **2.1.3.1.8 Contaminación térmica.**

El agua caliente liberada por centrales de energía o procesos industriales eleva, en ocasiones, la temperatura de ríos o embalses con lo que disminuye su capacidad de contener oxígeno y afecta a la vida de los organismos (Gallardo, 2006).

### **2.1.4 Humedales vegetales**

Los humedales son sistemas de fitodepuración de aguas residuales. El sistema consiste en el desarrollo de un cultivo de macrófitas enraizadas sobre un lecho de grava impermeabilizado. La acción de las macrófitas hace posible una serie de complejas interacciones físicas, químicas y biológicas a través de las cuales el agua residual afluyente es depurada progresiva y lentamente.

El tratamiento de aguas residuales para depuración se lo realiza mediante sistemas que tienen tres partes principales: recogida, tratamiento y evacuación al lugar de restitución (Fernández et al., 2004); (Ramos, 2015); (Pozo, 2012),

Los humedales construidos se han utilizado para tratar una amplia gama de aguas residuales:

- Aguas domésticas y urbanas.
- Aguas industriales, incluyendo fabricación de papel, productos químicos y farmacéuticos, cosméticos, alimentación, refinerías y mataderos entre otros.
- Aguas de drenaje de extracciones mineras.
- Aguas de escorrentía superficial agrícola y urbana.
- Tratamiento de fangos de depuradoras convencionales, mediante deposición superficial en humedales de flujo subsuperficial donde se deshidratan y mineralizan (García. 2012); (Poveda, 2014).

#### **2.1.4.1 Funciones de los humedales artificiales.**

Las actividades humanas han dado y siguen dando origen a varios tipos de humedales de interés para algunas especies vegetales.

Procesos de remoción físicos: Los humedales artificiales son capaces de proporcionar una alta eficiencia física en la remoción de contaminantes asociado con material particulado.

Procesos de remoción biológicos: La remoción biológica es quizá el camino más importante para la remoción de contaminantes en los humedales artificiales (Frers, 2007).

Extensamente reconocido para la remoción de contaminantes en los estos humedales es la captación de la planta. Los contaminantes que son también formas de nutrientes esenciales para las plantas, tales como nitrato, amonio y fosfato, son tomados fácilmente por las plantas de estos humedales.

Procesos de remoción químicos: El proceso químico más importante de la remoción de suelos de los humedales artificiales es la absorción, que da lugar a la retención a corto plazo o a la inmovilización a largo plazo de varias clases de contaminantes (Ramos, 2015); (Pozo, 2012), (Poveda, 2014).

### **2.1.5 Plantas acuáticas**

Las plantas acuáticas constituyen la flora hidrófila que crece en humedales, especialmente dulceacuícolas, conformando el eslabón inicial de varias cadenas tróficas y sirviendo de lugar de refugio, alimentación y anidamiento de numerosos animales, especialmente aves (Pozo, 2012),

Estas plantas no son algas, sino que pertenecen al reino vegetal. La razón es que estas plantas presentan raíz, tallo y hojas, como cuerpo vegetativo y flor, frutos y semillas como cuerpo reproductivo. Se trata de plantas superiores con flores, que escogieron como lugar de vida los humedales. Se conocen con los nombres de plantas acuáticas, hidrófitos, macrófitos, macrófitos vasculares, limnófitos y también como malezas acuáticas. Este último nombre indica que muchas de ellas actúan como maleza, dificultando la utilización de los cuerpos de agua. Tradicionalmente han sido separadas en dos grandes grupos ecológicos, los hidrófitos o plantas acuáticas propiamente tales, y los helófitos o plantas palustres (o de pantano).

Las primeras presentan la mayor parte del cuerpo en el agua, incluso fotosintetizan en ese medio, y las segundas tienen gran parte de sus órganos

fotosintéticos en el aire. Las primeras crecen en agua libre y las segundas en pantanos, ubicados en las riberas de los cuerpos dulceacuícolas (Ramírez & San Martín, 2005).

### **2.1.5.1 Lenteja de agua**

*Lemna minor* es una planta angiosperma (plantas con flores), monocotiledónea, perteneciente a la familia Lemnaceae. Su cuerpo vegetativo corresponde a una forma taloide, es decir, en la que no se diferencian el tallo y las hojas. Consiste en una estructura plana y verde y una sola raíz delgada de color blanco, el tallo ha sido interpretado de diversas maneras: un tallo modificado, una hoja o como parcialmente tallo y hoja (Intituto Gallach, 1984).

Su tamaño es muy reducido, alcanzando de 2 a 4 mm de longitud y 2 mm de ancho. Es una de las especies de angiospermas más pequeñas que existen en el reino de las plantas. En la misma familia de la lenteja de agua se encuentra, reportada como la planta con flores de tamaño más reducido que existe en la Tierra; su cuerpo mide sólo 0,6 mm de largo y 0,2 mm de ancho, y su fruto, que es el más pequeño del planeta, mide sólo 0,3 mm de largo y pesa 70 mg (Arroyave, 2004).

La lenteja de agua es una planta monoica, con flores unisexuales. Las flores masculinas están constituidas por un solo estambre y las flores femeninas consisten en un pistilo formado por un solo carpelo.

El periantio está ausente. Las flores nacen de una hendidura ubicada en el borde de la hoja, dentro de una bráctea denominada espata, muy común en las especies del orden arales. El fruto contiene de 1 a 4 semillas. La forma más común de reproducción es la asexual por gemación. En los bordes basales se desarrolla una yema pequeña que origina una planta nueva que se separa de la planta progenitora. Sin embargo, es común encontrar las plantas agregadas formando grupos de 2 a 4 individuos (Arroyave, 2004).

### **2.1.5.2 Lechuguín de agua**

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 Cr 6+ y 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).

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, 1997).

### **2.1.5.3 Taxonomía.**

Reino: Vegetal

División: Spermatophytas

Subdivisión: Angiospermae

Clase: Monocotyledoneae (1 cotiledón)

Subclase: Liliidae

Orden: Pontederiales

Familia: Pontederiaceae

Género: *Eichhornia*

Especie: *crassipes*

## **2.2 Fundamentación Filosófica**

Este trabajo de investigación está apoyado en un paradigma crítico positivista, que sigue una corriente filosófica, en la cual se estudian los procesos realizados por la ciencia y la naturaleza, donde se analiza el problema establecido por la alta concentración de compuestos minerales en el agua de riego, provocando un exceso de dureza, con el propósito de solucionar este inconveniente se busca un método biológico a fin que permita disminuir dicha contaminación, aplicando la teoría impartida.

Se plantea comprender, identificar y solucionar los impactos ambientales.

Para ello, el análisis cualitativo y cuantitativo ayudará en el desarrollo productivo adecuado y reducir los riesgos sobre la población humana. El uso de humedales vegetales permite la reducción de minerales presentes en el agua dando una mejor calidad de agua de riego y consecuentemente una mejora en el cultivo de sus productos (Jurado, 2008).

## **2.3 Fundamentación legal**

La normativa Legal viene desde tiempos atrás. Sin embargo las autoridades correspondientes las han pasado por alto, causando daños que actualmente se los debe remediar.

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

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

**Artículo 412:** La autoridad a cargo de la gestión 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.

**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.

**Artículo 396** la Constitución de la República del Ecuador del 2008 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.

#### **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, 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 permitirla 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 evitarla 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.

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

De acuerdo al mencionado reglamento se entiende 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.

## **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:

**Artículo 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.

**Artículo 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.

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

**Artículo 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.

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

### **Agua para Riego.**

Para acceder a la certificación, el productor deberá presentar los resultados de los análisis físicos, químicos y microbiológicos. 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:
- c. 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).
- d. Se prohibirá usar aguas residuales (aguas sucias, servidas, aguas negras) no tratadas para el riego.

#### **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.

#### **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.

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

**Artículo 6.-** Queda prohibido descargar, sin sujetarse a las correspondientes normas técnicas y regulaciones, a las redes de alcantarillado, en 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.

**Artículo 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.

**Artículo 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.

**Artículo 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.

En la ciudad de Quito el 13 de febrero del 2015, en el registro oficial de la administración del Dr. Ec. Rafael Correa, Presidente Constitucional de la República, según el acuerdo ministerial No. 028, se estableció que se sustituyese el libro VI del TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACIÓN SECUNDARIA, donde se dictamina en el PARÁGRAFO I DEL AGUA (TULSMA, 2015)

**Art. 214 De la calidad del agua.-** Son las características físicas, químicas y biológicas que establecen la composición del agua y la hacen apta para

satisfacer la salud, el bienestar de la población y el equilibrio, ecológico. La evaluación y control de la calidad de agua, se la realizará con procedimientos analíticos, muestreos y monitoreos de descargas, vertidos y cuerpos receptores; dichos lineamientos se encuentran detallados en el Anexo I del presente Libro.

En cualquier caso, la Autoridad Ambiental Competente, podrá disponer al Sujeto de Control responsable de las descargas y vertidos, que realice muestreos del cuerpo de agua receptor.

Toda actividad antrópica deberá realizar las acciones preventivas necesarias para no alterar y asegurar la calidad y cantidad de agua de las cuencas hídricas, la alteración de la composición físico-química y biológica de fuentes de agua por efecto de descargas y vertidos líquidos o disposición de desechos en general u otras acciones negativas sobre sus componentes, conllevará las sanciones que correspondan a cada caso; cuando en cumplimiento de las normas de vertimiento, el o los regulados produzcan concentraciones en el cuerpo receptor que excedan los criterios de calidad para el uso o usos asignados al recurso, la Autoridad Ambiental Competente, en coordinación con la Autoridad Única del Agua, podrá exigir valores más restrictivos para los parámetros de descargas y vertidos.

**Art. 215 Prohibición.-** De conformidad con la normativa legal vigente:

- a) Se prohíbe la utilización de agua de cualquier fuente, incluida las subterráneas, con el propósito de diluir los efluentes líquidos no tratados;
- b) Se prohíbe la descarga y vertido que sobrepase los límites permisibles o criterios de calidad correspondientes establecidos en este Libro, en las normas técnicas o anexos de aplicación;
- c) Se prohíbe la descarga y vertidos de aguas servidas o industriales, en quebradas secas o nacimientos de cuerpos hídricos u ojos de agua; y,

d) Se prohíbe la descarga y vertidos de aguas servidas o industriales, sobre cuerpos hídricos, cuyo caudal mínimo anual no esté en capacidad de soportar la descarga; es decir que, sobrepase la capacidad de carga del cuerpo hídrico.

La Autoridad Ambiental Nacional, en coordinación con las autoridades del Agua y agencias de regulación competentes, son quienes establecerán los criterios bajo los cuales se definirá la capacidad de carga de los cuerpos hídricos mencionados.

**Art. 216 Tratamiento de aguas residuales urbanas y rurales.-** La Autoridad Ambiental Competente en coordinación con la Agencia de Regulación y Control del Agua, verificará el cumplimiento de las normas técnicas en las descargas provenientes de los sistemas de tratamiento implementados por los Gobiernos Autónomos Descentralizados.

Las actividades productivas, se sujetarán a lo dispuesto en el presente Libro y a la normativa técnica que para el efecto emita la Autoridad Ambiental Nacional.

La gestión y el mantenimiento de sistemas de tratamiento de agua deberán ser monitoreados y evaluados por medio de los mecanismos de control y seguimiento establecidos en este Libro.

## **ANEXO 1 DEL LIBRO VI DEL TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACIÓN SECUNDARIA DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE: NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE EFLUENTES AL RECURSO AGUA**

### **NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE EFLUENTES: RECURSO AGUA**

#### **INTRODUCCIÓN**

La presente norma técnica ambiental revisada y actualizada es dictada bajo el amparo de la Ley de Gestión Ambiental y del Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental y se somete a las disposiciones de éstos, es de aplicación obligatoria y rige en todo el territorio nacional.

La presente norma técnica determina o establece:

1. Los principios básicos y enfoque general para el control de la contaminación del agua;
2. Las definiciones de términos importantes y competencias de los diferentes actores establecidas en la ley;
3. Los criterios de calidad de las aguas para sus distintos usos;
4. Los límites permisibles, disposiciones y prohibiciones para las descargas en cuerpos de aguas o sistemas de alcantarillado;
5. Permisos de descarga;
6. Los parámetros de monitoreo de las descargas a cuerpos de agua y sistemas, de alcantarillado de actividades industriales o productivas, de servicios públicas o privadas;
7. Métodos y procedimientos para determinar parámetros físicos, químicos y biológicos con potencial riesgo de contaminación del agua.

### **Criterios de calidad de las aguas para sus distintos usos**

1. Criterios de calidad para aguas destinadas al consumo humano y uso doméstico, previo a su potabilización.

2. Criterios de calidad para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces frías o cálidas, y en aguas marinas y de estuarios.
3. Criterios de calidad para aguas de uso agrícola o de riego.
4. Criterios de calidad para aguas de uso pecuario.
5. Criterios de calidad para aguas con fines recreativos.
6. Criterios de calidad para aguas de uso estético.

### **Criterios de calidad de aguas de uso agrícola o de riego**

Se entiende por agua de uso agrícola aquella empleada para la irrigación de cultivos y otras actividades conexas o complementarias que establezcan los organismos competentes.

Se prohíbe el uso de aguas servidas para riego, exceptuándose las aguas servidas tratadas y que cumplan con los niveles de calidad establecidos en la tabla 1 y tabla 2.

Los criterios de calidad admisibles para las aguas destinadas a uso agrícola se presentan en la tabla 1.

**Tabla 1.- Criterios de calidad de aguas para uso agrícola en riego.**

PARÁMETRO	EXPRESADO COMO	UNIDAD	CRITERIO DE CALIDAD
Aluminio	Al	mg/l	5,0 0,1
Arsénico	As	mg/l	
Berilio	Be	mg/l	0,1
Boro	B	mg/l	0,75
Cadmio	Cd	mg/l	0,05
Dnc	Zn	mg/l	2,0
Cobalto	Co	mg/l *	0,01
Cobré	Cu	mg/l	0,2
Cromo	Cr*	mg/l	0,1
Flúor	F	mg/l	1,0
Hierro	Fe	mg/l	5,0
Litio	li	mg/l	2,5
Mercurio	Hg	mg/l	0,001
Manganeso	Mn	mg/l	0,2
Molibdeno	Mo	mg/l	0,01
Níquel	Ni	mg/l	
PH	pH		0,2 6- 9
Plomó	Pb	mg/l	5,0
Selenio	Se	. mg/l	0,02
Vanadio	V	mg/l	0,1
Coliformes fecales	NMP	NMP/100ml	1000 Ausencia
Huevos de parásitos			
Aceites y grasas	Película/Visible		Ausencia
Materia flotante	Visible		Ausencia

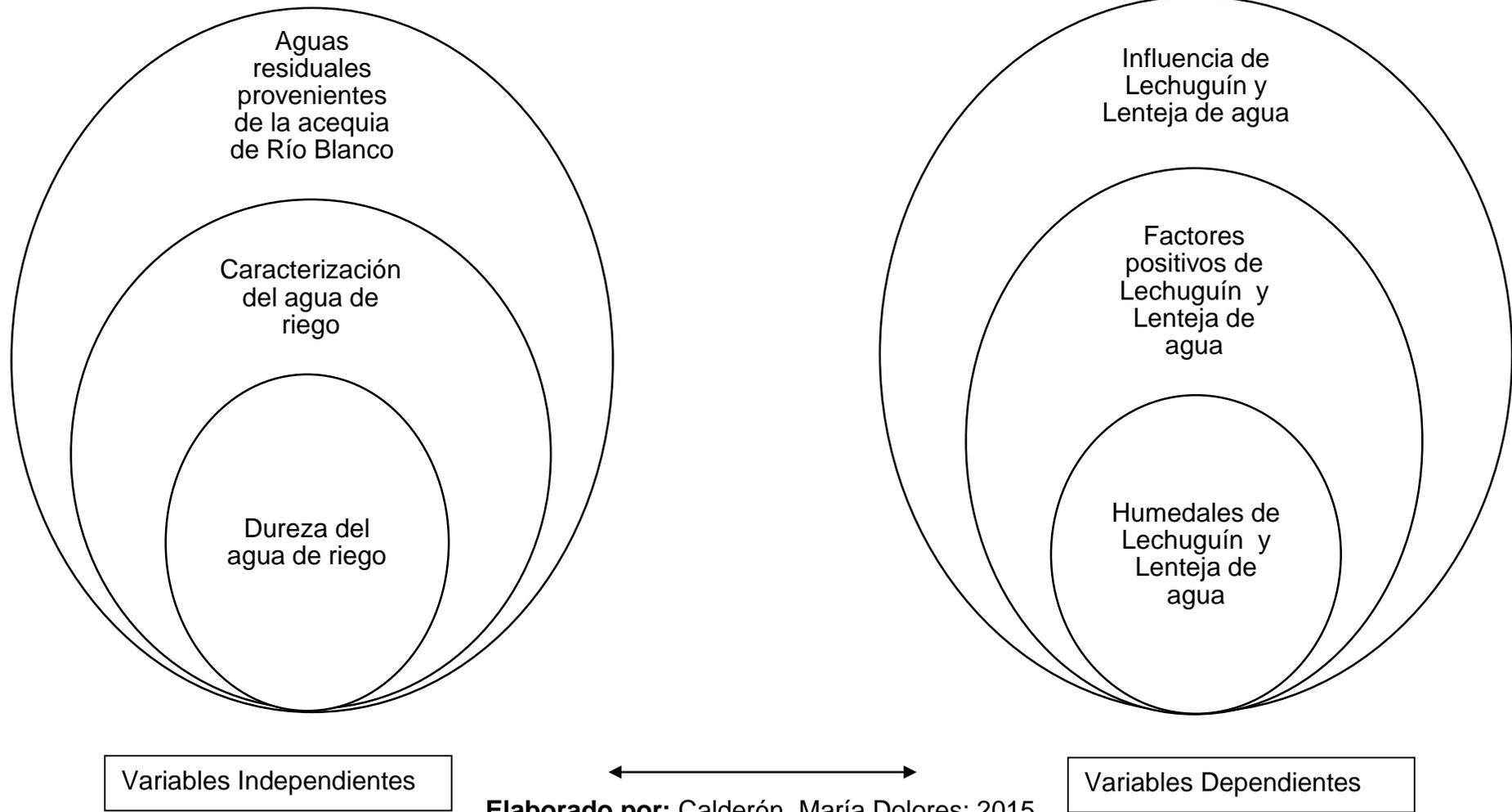
**Tabla 2.- Parámetros de los niveles de la calidad de agua para riego**

PROBLEMA POTENCIAL	UNIDADES	GRADO DE RESTRICION*		
		Ninguno	Ugero-Moderado	Severo
Salinidad; (1)				
CE (2)	mitimhos/cm	0,7	450-2000	>3,0
SDT(3)	mg/l	450		>2000
Infiltración: (4)			0,7-0,2	<6,2
RAS=0-3yCE=^			1,2-0,3	<Q,3
RAS=3-6yCE=		1,9	1,9-0,5	<0,5
RAS=6-12yCE=		279	2,9-1,3	
RAS=12-20yCE=		5,0	5,0-2,9	<2,9
RAS=20-40YCE=				
Toxicidad por iones específicos (5) Sodio:				
Irrigación superficial RAS (6)	meq/l	3,0	3,0-9,0	>9
Aspersión	meq/l	3,0	3,0	
Cloruros; Irrigaciónsuperficiai Aspersión	meq/t	4,0	4,0-10,0	>10
	meq/l	3,0 ~	3,0	
Boror	mg/l	0,7	0,7-3,0	>3
Efectos misceláneos (7)				
Nitrógeno (N-NQ3-)		5,0	5,0-30,0	>30
Bicarbonato (HC03-) Solo aspersión	mg/l	1,5	1,5-8,5	>8,5
pH	Rango normal		6,5-8,4	

\* Es el grado de limitación, que indica el rango de factibilidad para el uso del agua en riego

- (1) Afecta a la disponibilidad de agua para los cultivos
- (2) CE = Conductividad eléctrica del agua de riego (1milimhos/cm=1000micromhos/cm)
- (3) SDT = Sólidos disueltos totales
- (4) Afecta a la tasa de infiltración del agua en el suelo
- (5) Afecta a la sensibilidad de los cultivos
- (6) RAS, relación de absorción de sodio ajustada
- (7) Afecta a los cultivos susceptibles

## 2.4 Categorías fundamentales



## **2.5 Hipótesis**

### **2.5.1 Hipótesis Alternativa**

El empleo de Lechuguín y Lenteja de agua con capacidad para absorber minerales del agua de riego, permitirá que al menos una o las dos plantas acuáticas puedan reducir la dureza del agua utilizada en el regadío de cultivos.

### **2.5.2 Hipótesis Nula**

No existe reducción en la dureza del agua por influencia de Lechuguín (*Eichhornia crassipes*) y Lenteja de agua (*Lemna* spp.).

## **2.6 Señalamiento de variables**

### **Variable Independiente**

Dureza del agua de riego proveniente de la cuenca de Río Blanco.

### **Variable Dependiente**

Plantas acuáticas como reductores de la dureza del agua de riego.

## **CAPITULO III**

### **METODOLOGIA**

#### **3.1 Enfoque**

El presente trabajo de investigación tuvo un enfoque cuantitativo. Se obtuvo los datos de los diferentes análisis físicos, químicos del agua de riego antes y después de la implementación de Lechuguín y Lenteja de agua.

#### **3.2 Modalidad básica de la investigación**

En esta investigación se trabajó con las siguientes modalidades:

##### **3.2.1 Investigación Documental Bibliográfica**

Con el fin de adquirir información, comparar, ampliar y profundizar las diferentes teorías y métodos utilizados por diferentes autores en estudios relacionados a este tema, se basó en documentos como el Modelo Institucional de la gestión integral de los recursos Hídricos del Ecuador, libros como Biotecnología Ambiental ó Diversidad de macrófitos chilenos, revistas como Agrociencia, publicaciones estudiantiles (tesis) como por ejemplo de Ramos, 2015; Poveda, 2014.

##### **- Investigación de Campo**

Se tomó las muestras de agua de riego de la empresa Flores del Cotopaxi S.A.

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

El estudio de los análisis de las muestras fue efectuado en el laboratorio, donde se utilizará y analizará la influencia de la variable independiente en relación a la variable dependiente.

### **3.3 Nivel o tipo de investigación**

Se utilizará un nivel de investigación explicativo en relación a las variables planteadas, determinando y comprobando sus resultados con los diferentes análisis realizados, a fin de cumplir con los objetivos mencionados.

### **3.4 Población y muestra**

En la presente investigación se realizó un muestreo aleatorio simple, donde la muestra fue tomada individualmente en un corto período para obtener el volumen necesario.

En este caso pretendemos analizar varios parámetros siendo el principal la dureza total del agua de riego proveniente de la cuenca de Río Blanco, la población será el agua de riego y la muestra será una porción de agua representativa del mismo. De este modo, a partir del análisis de la muestra, debe ser posible conocer el contenido en dureza total de la población.

Cuando nos referimos a datos obtenidos experimentalmente en el laboratorio, la población se refiere a la totalidad de medidas posibles, mientras que la muestra será un conjunto de estas medidas.

Las muestras del agua de riego fueron extraídas de la cuenca de Río Blanco y posteriormente al ser sometidas a tratamiento con lechuguín o lenteja de agua en tinas plásticas de 100 litros las muestras de agua fueron tomadas cada 15 días con el fin de dejar que las plantas acuáticas hagan efecto sobre el agua.

### 3.5 Operacionalización de Variables

<b>Variable Independiente: Dureza del agua</b>			
Concepto	Indicador	Índice	Instrumentos
La dureza del agua implica un alto contenido de sales disueltas, que son los causantes de la formación de depósitos y precipitados que hacen al agua dura o difícil en su uso.	Presencia de Ca y Mg, dureza total	mgCaCO <sub>3</sub> /l	Equipos de análisis físico - químicos

**Elaborado por:** Calderón, María Dolores; 2015

**Variable Independiente: Influencia de Lechuguín (*Eichhornia crassipes*) y Lenteja de agua (*Lemna spp.*) en la reducción de la dureza del agua de riego**

Concepto	Indicador	Índice	Instrumentos
<p>Las plantas acuáticas flotantes son aquellas que crecen flotando sobre la superficie del agua. Se reproducen con mucha facilidad y en períodos muy cortos. Son sensibles al frío y a las heladas, por lo que en zonas de clima frío, se recomienda tenerlas en un invernadero con una excelente luz y en lo posible sol. Son especies que necesitan de pleno sol o media sombra ligera.</p>	<p>Absorción de sales minerales</p>	<p>Parámetros medidos en:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-pH</li> <li>-Conductividad</li> <li>-Dureza total</li> <li>-Sulfatos</li> <li>-Nitratos</li> </ul>	<p>Equipos de análisis físico - químicos</p>

**Elaborado por:** Calderón, María Dolores; 2015

## **3.6 Recolección de información, procesamiento, análisis e interpretación**

### **3.6.1. Recolección de muestras**

La toma de muestras se realizaron con la guía establecida por el INEN (INEN, 1998).

De la cuenca del Río Blanco se recolectaron las muestras que posteriormente estuvieron bajo tratamiento, dichas muestras fueron distribuidas en tinas plásticas. Cada tratamiento constaba de la planta acuática correspondiente lechuguín o lenteja de agua más 100 litros de agua de riego, tanto el tratamiento con lechuguín o lenteja de agua tuvieron tres réplicas cada uno.

Se estableció un plan de muestreo de cada 15 días con el propósito de dejar que las plantas acuáticas pudieran actuar sobre el agua de riego. De esta manera las muestras de cada réplica fueron recolectadas en botellas plásticas de 1 litro con sus respectivas etiquetas, conservadas en un cooler hasta la entrega en el laboratorio.

### **3.6.2. Caracterización físico – química del agua**

#### **3.6.2.1 Determinación del pH (Standard Methods 4500 – H<sup>+</sup> B)**

Se utilizó el pH metro, que fue calibrado con un electrodo de vidrio y un electrodo de referencia usando soluciones tampón asignados por el Instituto Nacional de Estándares y Tecnología (NIST).

Posteriormente en un vaso de precipitación se colocó 100 ml de muestra recogida, el electrodo fue introducido y se procedió a tomar su valor.

#### **3.6.2.2 Determinación de la conductividad (Standard Methods 2510 A)**

En un vaso de precipitación se colocó 100 ml de muestra recogida, con la utilización de un medidor de conductividad previamente calibrado, se enjuagó

el electrodo con un poco de la muestra y posteriormente se obtuvo el valor de conductividad.

### 3.6.2.3 Determinación de la dureza total (Standard Methods 2340 C)

En un vaso de precipitación se colocó 25 ml de la muestra, se agregó NaOH a la muestra para tener un pH de 10 y adicionalmente se añadió una pequeña cantidad de Eriocromo Negro con lo cual la coloración de la muestra cambió a rojo indicando que si hay presencia de dureza en el agua, se tituló con EDTA hasta que la muestra cambie de color de rojo a azul, con lo que nos indicó el punto final de la valoración.

Con el uso de esta fórmula se calculó la dureza del agua por titulación:

$$\text{Dureza (EDTA)mgCaCO}_3/\text{L} = \frac{A * B * 1000}{\text{ml muestra}}$$

Donde;

A = ml de titulación para la muestra

B = mg CaCO<sub>3</sub> equivalente a 1,00 ml de EDTA valorante

### 3.6.2.4 Determinación de nitratos (Standard Methods 4500 – NO<sub>3</sub> - C)

Su principio se basó en el uso de resinas de intercambio iónico. Al iniciar el análisis la muestra fue inyectada y transportada por la fase móvil a través del sistema cromatográfico, cuando la muestra aniónica atravesó la columna analítica, los iones presentes se separaron debido a las diferentes retenciones que se dan al interactuar con la fase estacionaria de la columna analítica, una vez separada, la muestra fue traspasada por un haz de luz donde se registró la señal obtenida respecto al tiempo de retención.

El resultado se registró en el cromatograma, donde nos indicó la presencia del ion de manera cualitativa y cuantitativa.

### **3.6.2.5 Determinación de sulfatos (Standard Methods 4500 – SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>E)**

Su principio se basó en el uso de resinas de intercambio iónico. Al iniciar el análisis la muestra fue inyectada y transportada por la fase móvil a través del sistema cromatográfico, cuando la muestra aniónica atravesó la columna analítica, los iones presentes se separaron debido a las diferentes retenciones que se dan al interactuar con la fase estacionaria de la columna analítica, una vez separada, la muestra fue traspasada por un haz de luz donde se registró la señal obtenida respecto al tiempo de retención.

El resultado se registró en el cromatograma, donde nos indicó la presencia del ion de manera cualitativa y cuantitativa.

### **3.6.3 Aislamiento de bacterias presentes en las raíces de las plantas acuáticas utilizadas.**

Este procedimiento se realizó con las raíces de las plantas de Lechuguín y Lenteja de agua que se obtuvieron antes de ponerlas en tratamiento y después del tratamiento.

#### **3.6.3.1 Medio de cultivo**

Para el aislamiento de bacterias se preparó medio de cultivo Agar nutritivo, 9,2 gramos para 400 ml de agua. El medio se esterilizó en el autoclave a 121 °C durante 20 minutos, tiempo después del cual y con el descenso de la temperatura se colocó 0,4 ml de Nistatin, homogenizando nuevamente el medio, para finalmente verter un volumen aproximado de 25 ml por caja con las respectivas normas de asepsia y en la cámara de flujo laminar.

#### **3.6.3.2 Diluciones Seriadas**

Se esterilizó los blancos de dilución, 12 frascos de tapa azul con 90ml de agua y 48 tubos de ensayo con 4.5ml.

Se procedió a realizar la dilución principal  $10^{-1}$ . Esta dilución se hizo colocando 10 g de raíz en 90 ml de agua destilada estéril, la mezcla que fue agitada agitó vigorosamente por 20 minutos

A partir de esta dilución, se extrajo con ayuda de una micro pipeta 0.5 ml de la mezcla y se depositó en el tubo de ensayo que contenía 4.5 ml de agua destilada estéril obteniendo así la dilución  $10^{-2}$ . De la dilución  $10^{-2}$  se extrajo nuevamente 0.5 ml de la mezcla y se depositó en un nuevo tubo que contenga 4.5 ml de agua destilada estéril obteniéndose así una dilución  $10^{-3}$ . Esta misma metodología, se utilizó hasta la obtención de la dilución  $10^{-5}$ , teniendo presente agitar el tubo previo a la extracción de la muestra.

### **3.6.3.3 Inoculación**

Una vez que se obtuvo las diluciones, se inoculó desde la  $10^{-2}$  a la  $10^{-5}$  independientemente cada una de ellas. En las cajas Petri que contenían el medio de cultivo y su identificación según la dilución y la muestra que iba ser inoculada, se realizó difusión en placa, para lo que se tomó de cada dilución 0,1 ml y se depositó en la caja Petri, luego esta muestra se diseminó por toda la placa con la ayuda del dispersor estéril. Una vez realizada la siembra, las cajas se sellan, y se colocó en la incubadora a  $27 \pm 2$  °C por 48 a 72 horas.

### **3.6.3.4 Conteo De Colonias**

Terminado el período de incubación, se realizó el conteo de las colonias existentes y la variedad física de las mismas. El recuento de las poblaciones bacterianas se realizó en las siembras  $10^{-5}$  y se expresó como unidades formadoras de colonia por gramo de raíz (UFC/g de raíz).

### **3.6.4 Implementación de metodologías para disminuir la concentración de dureza presente en el agua de riego.**

#### **3.6.4.1 Lechuguines ó Lenteja de Agua**

Se trabajó con 100 litros de agua de riego a una temperatura de 21°C en presencia de oxígeno, se colocaron en tinas plásticas y se añadió en el caso del lechuguín fueron 6 lechuguines con un peso de 35,88 gr. Mientras que en el caso de la lenteja de agua fueron 340 gramos. Se evaluó por 5 semanas seguidas, monitoreando y tomando una muestra semanal con tres réplicas, con el objetivo de minimizar los errores en la toma de muestras.

Estas muestras fueron recolectadas y transportadas en botellas plásticas estériles de 1 litro para su respectivo análisis en el Centro de Servicios ambientales y Químicos de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador (CESAQ-PUCE), acreditado para los parámetros determinados y a los laboratorios de la UTA-FCIAL.

### **3.6.5 Análisis económico de los tratamientos investigados**

Se realizó un análisis económico de comparación de costos entre los dos métodos implementados, con sus respectivos análisis físicos químicos, incluyendo la implementación de lo necesario para obtener los resultados esperados.

## **3.7 Plan de procesamiento de análisis de la información**

### **3.7.1. Diseño experimental**

#### **3.7.1.1 Diseño de un solo factor Completamente aleatorizado.**

El diseño experimental usado será un Diseño de un solo factor Completamente aleatorizado.

Este diseño será aplicado por tener un solo factor de estudio que son las plantas acuáticas, y los tratamientos dados serán las muestras tomadas cada semana.

Modelo matemático

$$Y_{ij} = \mu + T_j + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

$Y_{ij}$  = respuesta otorgada por el i-ésimo catador sobre j-ésimo tratamiento.

$\mu$  = promedio global para todos los tratamientos

$T_j$  = efecto del j-ésimo tratamiento

$\varepsilon_{ij}$  = error aleatorio presente en la i-ésima observación del j-ésimo tratamiento.

Muestras (semanas)	Tratamientos de plantas acuáticas		
	Lechuguín	Lenteja	Testigo
1			
2			
3			
4			
5			

Se utilizarán 3 réplicas para cada tratamiento.

Una vez realizado la Tabla ANOVA y al encontrarse diferencia significativa se aplicó la prueba de comparación múltiple TUKEY al 95% de significación, determinando así el mejor tratamiento, con la utilización del paquete estadístico Statgraphics.

## **CAPITULO IV**

### **ANALISIS E INTERPRETACION DE RESULTADOS**

#### **4.1. Análisis de datos**

##### **4.1.1 Caracterización físico – química del agua**

Con el objetivo de disminuir la concentración de dureza presente en estas aguas, se realizó la caracterización física química del agua de riego antes y después de la implementación de lechuguín y lenteja.

En la Tabla A6 (Anexo A), se encuentra el resumen de la caracterización físico química del agua de riego durante las 5 semanas, tanto para el testigo como para el lechuguín, donde se evaluó la conductividad eléctrica, dureza, nitratos, pH, sulfatos.

Estableciendo la comparación entre el testigo y el lechuguín, la conductividad eléctrica disminuyó de 688 uS/cm hasta llegar a 524,6 uS/cm para la quinta semana, es decir la disminución estuvo en función del tiempo porque conforme pasaron las semanas la conductividad eléctrica disminuyó paulatinamente.

La dureza del agua de riego tuvo un decremento de 218 mg/l ( $\text{CaCO}_3$ ), que presento el testigo a 158 mg/l ( $\text{CaCO}_3$ ) que se consiguió con lechuguín. Con lo que respecta a los nitratos los valores empezaron en 4.70 para el testigo y con lechuguín alcanzo valores menores de 0.5. El pH se mantuvo en un rango de

básico a neutro es decir de 8.4 a 6.3. Los sulfatos disminuyeron significativamente de 49.40 a 22.70

En la Tabla A12 (Anexo A), se reportaron los datos de los análisis físico químicos del agua de riego tratada con lenteja de agua durante las 5 semanas de evaluación, apreciando así que para conductividad eléctrica los valores variaron de 688 uS/cm, en unos casos llegando a aumentar hasta 1220 uS/cm y en otros a disminuir hasta 609 uS/cm, por lo que se dice que la disminución con lenteja de agua no fue evidente ya que hubo cambios drásticos, como por ejemplo de temperatura y al estar expuestas al ambiente este es un factor vital.

La dureza de un valor inicial de 218 mg/l ( $\text{CaCO}_3$ ) correspondiente al testigo tuvo diferentes cambios tanto de aumento como de disminución es así que en la semana 2 observación 3 disminuyó a un valor de 207.5 mg/l ( $\text{CaCO}_3$ ) y en la semana 5 observación 2 aumentó a 391.5 mg/l ( $\text{CaCO}_3$ ). Para los nitratos disminuyeron considerablemente de 4.7 a valores menores a 0.5, siendo más evidente aquí la disminución que en los otros parámetros.

Con respecto al pH los valores se mantuvieron en el rango de 8.4 llegando a aumentar en ocasiones a 8.7 y disminuir hasta 7.6, en donde al comparar estos valores con los de las Normas TULAS se encuentran fuera del rango de 6.5 a 8.4, así mismo ocurrió para los sulfatos en donde la variación fue notable ya que los valores no disminuyeron en todos los casos durante las 5 semanas evaluadas.

#### **4.1.2. Aislamiento de bacterias presentes en las raíces de las plantas acuáticas utilizadas.**

En la Tabla A16 (Anexo A), se muestra el resumen de los resultados del número de ufc/g de raíz de lechuguín antes de estar en contacto con el agua de riego, en donde se determinó que para los tres tratamientos, no presentó número de ufc/g para las diluciones  $1/10^2$ , y  $1/10^3$ , debido a que estas concentraciones son muy bajas por ende la cantidad de microorganismos es nula. En cambio en la Tabla A20 (Anexo A), se reporta el resumen de los

resultados del número de ufc/g de raíz después de estar en contacto el lechuguín con el agua de riego, apreciando que en los tres tratamientos en las diluciones  $1/10^2$ , y  $1/10^3$ , no existe la presencia de microorganismos. Lo cual se corrobora que en diluciones bajas como son  $1/10^2$ , y  $1/10^3$ , no existe presencia de microorganismos.

Para Lenteja de agua los resultados se reportan en la Tabla A24 y A28; en la Tabla A24 (Anexo A), se encuentra el resumen de resultados del número de ufc/g de raíz de lenteja de agua antes de estar en contacto con el agua de riego. En las diluciones  $1/10^2$ , y  $1/10^3$ , no existe presencia de microorganismos en los tres tratamientos. Para la Tabla A28, se describen el resumen de resultados del número de ufc/g de raíz de Lenteja de agua después de estar en contacto con el agua de riego. Tampoco existe presencia de microorganismos en las mismas disoluciones es decir en la  $1/10^2$ , y  $1/10^3$ , ya que aquí las concentraciones son bajas.

#### **4.2. Interpretación de resultados**

Una vez obtenido todos los valores de los análisis después de la implementación de lechuguín y lenteja de agua, se procedió al compararlo con el testigo, mediante la realización de los análisis estadísticos en este caso Diseño Completamente Aleatorizado, y en caso de haber diferencia significativa se aplicó la prueba de Tukey con un nivel del 95,0% de confianza.

En la Tabla B1 (Anexo B), se encuentran reportados los resultados de los análisis físicos químicos del agua de riego con la implementación de lechuguín y lenteja de agua para reducir la concentración de dureza con respecto al testigo evaluado durante las 5 semanas.

Al realizar el análisis estadístico de los parámetros físico químico del agua de regadío después de la implementación del lechuguín contra el testigo, y lenteja de agua contra el testigo, se ejecutaron las tablas de Análisis de Varianza con un nivel del 95,0% de confianza.

En la Tabla B2 (Anexo B), se reportan los datos de la implementación de lechuguín y el testigo, en donde se aprecia que los valores obtenidos con lechuguín son inferiores a los valores obtenidos en el testigo, en donde se aprecia que existió una disminución de estos parámetros.

Para conductividad eléctrica reportada en la Tabla B3 (Anexo B), existe diferencia significativa, puesto que el valor-P de la razón-F es menor o igual que 0,05, por ende los valores entre un nivel de Tratamientos y otro son diferentes, al aplicar la prueba de Tukey (Tabla B4) se determina que el valor inferior es para el lechuguín.

Los datos de conductividad eléctrica (uS/cm) obtenidos con la aplicación del lechuguín, reportados en las 5 semanas del presente trabajo presentaron valores en el rango de 520 - 570, en cambio en el estudio realizado por Poveda (2014), los valores van de 130 a 160, debido a que el agua de riego presenta niveles altos de sales lo que permite que esta conduzca en mayor porcentaje la energía.

Para dureza, el análisis reportado en la Tabla B5 (Anexo B), muestra que la razón-F es igual a 108.76 siendo este valor mayor a 0.05, existiendo diferencia estadísticamente significativa, para lo cual se realizó la prueba de Tukey (Tabla B6), determinando que el mejor nivel es el a1 correspondiente al lechuguín.

Los valores correspondientes a la dureza con la aplicación de lechuguín van desde 150 – 185 mgCaCO<sub>3</sub>/l, al comparar con la tabla de rangos estos valores determinan alcalinidad alta ya que supera los 150, por lo cual presenta una alta capacidad del agua de resistir a cambios repentinos en el pH.

En la Tabla B7 (Anexo B), se reporta el análisis estadístico de los nitratos, el valor de F es de 182.53 siendo mayor que 0.05, existiendo una diferencia estadísticamente significativa entre la media de Nitratos entre un nivel de tratamientos y otro, con un nivel del 95,0% de confianza, ejecutando así la prueba de Tukey (Tabla B8), determinando que el mejor nivel es el a2

correspondiente al testigo, en donde se aprecia que lechuguín no tuvo la capacidad para reducir nitratos.

Según Pozo (2011), en su trabajo muestra un valor de nitratos presente en el agua de riego después de ser tratada con lechuguín de 1.3 mg/l, y en el presente trabajo se obtiene 4.70, lo cual quiere decir que existió una mayor disminución y efectividad en el trabajo de Pozo.

Los resultados analíticos de pH se reportaron en la Tabla B9 (Anexo B), donde el valor de F es de 117.08, presentando una diferencia estadísticamente significativa entre la media de pH entre un nivel de tratamientos y otro, con un nivel del 95,0% de confianza. Determinando que mediante la prueba de Tukey (Tabla B10), el mejor nivel es el a1 correspondiente a lechuguín.

Los valores de pH al comparar con los límites permisibles de Normas Tulas se encuentran dentro del rango de 5 – 9, y en este trabajo se obtuvo valores de 7 y 8 en el trabajo de Pozo (2011).

En la Tabla B11 (Anexo B), se encuentran los datos del análisis estadístico para sulfatos, al obtener el valor de 92.34, presenta una diferencia estadísticamente significativa entre la media de Sulfatos entre un nivel de tratamientos y otro, con un nivel del 95,0% de confianza. Estableciendo mediante la prueba de Tukey (Tabla B12), que el mejor nivel es el a1 correspondiente a lechuguín.

Los valores de sulfato son de 40 mg/l, y en los de Pozo (2011), presenta valores promedio de 26 mg/l, lo cual se aprecia que en este trabajo no se disminuye la concentración de sulfatos.

En la Tabla B13 (Anexo B), se reportan los datos de la implementación de lenteja de agua y el testigo, en donde se aprecia que los valores obtenidos para nitratos con Lenteja son inferiores a los valores obtenidos en el testigo.

Para conductividad eléctrica reportada en la Tabla B14 y para dureza Tabla B15 (Anexo B), no existe diferencia significativa, puesto que el valor-P de la razón-F es mayor o igual que 0,05, por ende los valores entre un nivel de Tratamientos y otro son iguales, de tal manera que no existió disminución con lenteja de agua.

En la Tabla B16 (Anexo B), se reporta el análisis estadístico de los nitratos, el valor de F es de 1066,67 siendo mayor que 0.05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de Nitratos entre un nivel de tratamientos y otro, con un nivel del 95,0% de confianza, ejecutando así la prueba de Tukey (Tabla B17), determinando que el mejor nivel es el a1 correspondiente a lenteja d agua.

Los resultados analíticos de pH se reportaron en la Tabla B18 (Anexo B), donde el valor de F es de 0,52, presentando una diferencia estadísticamente significativa entre la media de pH entre un nivel de tratamientos y otro, con un nivel del 95,0% de confianza. Determinando que mediante la prueba de Tukey (Tabla B19), el mejor nivel es el a1 correspondiente a lenteja de agua.

En la Tabla B20 (Anexo B), se encuentran los datos del análisis estadístico para sulfatos, no existe diferencia significativa, puesto que el valor-P de la razón-F es mayor o igual que 0,05, por ende los valores entre un nivel de tratamientos y otro son iguales, de tal manera que no existió disminución con lenteja de agua.

Después de realizar el análisis estadístico con las dos metodologías utilizadas se sustenta que lechuguín resultó ser la más eficiente para la disminución de conductividad eléctrica, dureza, pH, nitratos y sulfatos, debido a que realiza el proceso de absorción de los metales, iones y partículas que se encuentran presentes en el agua de riego, esto se debe a la acción de las raíces, donde la parte radicular es la que actúa absorbiendo por las raíces a estos iones o sales, las mismas que son almacenadas en el tejido de las plantas, permitiendo así su crecimiento y reproducción (Ramos, 2015).

Lenteja de agua solo redujo la cantidad de nitratos, debido a que presenta la característica de ser una planta con crecimiento rápido, de esta manera a medida que crece las raíces de la planta, se reducen la cantidad de nitratos, ya que estos son absorbidos, presenta una reproducción vegetativa por germinación con la formación de brotes pequeños, formando espesas alfombras verdes (Poveda, 2015).

Con respecto al conteo de ufc/g de las raíces de lechuguín antes de su implementación en el tratamiento se demostró que en promedio se obtuvo 92 ufc/g en la dilución  $1/10^5$  aumentando a 125 ufc/g en la misma dilución.

De las raíces de la lenteja de agua antes del tratamiento se realizó el conteo en la en la dilución  $1/10^5$  y se encontraron 93 ufc/g, sin embargo en el conteo de ufc/g después de estar en contacto con el agua de riego se encontraron 105 ufc/g en la misma dilución, siendo esto una de las razones del porque no actuó de mejor manera la lenteja de agua en relación al lechuguín sobre el agua de riego.

#### **4.3. Verificación de hipótesis**

Después de haber realizado todos los análisis respectivos, se concluye que se acepta la hipótesis alternativa, El empleo de lechuguín y lenteja de agua con capacidad para absorber minerales del agua de riego, permitirá que al menos una o las dos plantas acuáticas puedan reducir la dureza del agua utilizada en el regadío de cultivos.

Por esta razón se decide que lechuguín fue la planta que permitió reducir en la mayoría de parámetros físico químicos, principalmente en dureza, ya que aquí es donde se obtuvo los valores más bajos con respecto al testigo.

## CAPITULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1. Conclusiones

- Mediante la realización de este estudio, se determinó la influencia de lechuguín y Lenteja de agua con relación al testigo utilizado como metodologías en la reducción de la dureza del agua de riego de la empresa Flores del Cotopaxi S.A., estableciendo que la mejor es el lechuguín por su capacidad de absorción de la parte radicular.
- Una vez recolectada las muestras, se realizó la caracterización físicas químicas del agua de riego, antes y después de la aplicación del lechuguín y Lenteja de agua, determinando como parámetros de estudio conductividad eléctrica, dureza, nitratos, pH, sulfatos, tomando como el parámetro de referencia la disminución de la concentración de dureza expresado en mg/lit de CaCO<sub>3</sub>.
- El número de ufc de bacterias por gramo de raíz seca de lechuguín y Lenteja de agua utilizadas en el proceso de reducción de la dureza del agua de riego, no presentaron presencia de microorganismos para las diluciones 1/10<sup>2</sup>, y 1/10<sup>3</sup>. Estas son concentraciones muy bajas, llegando a concluir que existe mayor cantidad de microorganismos en altas concentraciones de sales y residuos.
- Durante la ejecución de la presente investigación se determinó la viabilidad económica de las metodologías empleadas con lechuguín y

Lenteja de agua para la reducción de la dureza del agua de riego. Se determinó que para utilizar lechuguín se necesita un empleo de 1199 dólares y para Lenteja un valor de 1673 dólares, en donde económicamente resulta más rentable la utilización de lechuguín.

## **5.2. Recomendaciones**

- Realizar este tipo de estudios en las diferentes aguas que existen, para así evitar problemas medio ambientales.
- Seguir con la utilización de las plantas acuáticas ya que es un medio natural de tratar los contaminantes existentes en estas aguas.
- Sugerir determinar otras condiciones de trabajo para determinar la eficiencia de las plantas de agua utilizadas.

## **CAPÍTULO VI**

### **PROPUESTA**

#### **6.1. Datos Informativos**

##### **6.1.1. Título.**

Investigación de la influencia de lechuguín en la reducción de la dureza del agua de riego de la empresa Flores del Cotopaxi S.A.

##### **6.1.2. Instituciones ejecutoras.**

Universidad Técnica de Ambato – Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos.

##### **6.1.3. Beneficiarios.**

Empresa Flores del Cotopaxi S.A.

##### **6.1.4. Ubicación.**

Lasso, sector la Cienega, vía a Tanicuchi a 500 mts de la Hosteria la Cienega.

##### **6.1.5. Tiempo estimado para le ejecución.**

Nueve meses.

### **6.1.6. Equipo técnico responsable.**

Docente y tesista, interesados en estudiar el método de disminuir la dureza del agua de riego con plantas acuáticas.

### **6.2. Antecedentes de la propuesta.**

Con el actual proyecto realizado se pudo establecer que el método más adecuado para bajar la dureza del agua de riego sin el uso de productos químicos es el lechuguín, que respalda los valores obtenidos en esta investigación.

A nivel mundial la calidad del agua de ríos, lagos son afectados, en la mayor parte de los casos esto se debe a la contaminación causada por el hombre, y por la gran cantidad de partículas en suspensión que son acarreadas en la época lluviosa debido a la intensa erosión (Rzedowski *et al.*, 2005).

Como métodos alternativos de descontaminación se usan plantas acuáticas, como es el caso del lechuguín.

En algunos estudios se propone al lechuguín como captador de minerales y metales en agua, por su crecimiento rápido y facilidad de recolección (Carrión. *et al.*, 2012).

Se realizó un estudio en el que se analizó el contenido de metales en el agua, y en la raíz de la planta para determinar la capacidad y las propiedades fitorremediadoras de la planta (Mishra *et al.*, 2008).

Las plantas acuáticas en especial el lechuguín son consideradas como acumuladoras y absorbentes, con un alto potencial de fitorremediación cuando presentan tolerancia a los metales y minerales (Baker y Brooks, 1989).

En la realización de este proyecto de investigación se comprobó que el lechuguín es capaz de disminuir la dureza del agua de riego, y que esta agua se pueda utilizar para dar una mejor calidad de agua para los cultivos de rosas que son el principal objetivo a mejorar.

### **6.3. Justificación**

El ámbito de la producción y exportación de flores es un constituyente importante en los ingresos de nuestro país, para la mejora de calidad en las flores uno de los factores más importantes es la calidad del agua con la que los sembríos son regados, es por esto que es importante bajar la dureza del agua de riego, evitando así que haya anomalías en los cultivos de flores.

Esta propuesta está enfocada a tener agua de riego con menos dureza con el uso de plantas acuáticas como una alternativa de descontaminación sin uso de químicos, empleando así como alternativa al lechuguín y Lenteja de agua para que sean estas las encargadas de absorber los minerales presentes en el agua de riego.

### **6.4. Objetivos.**

#### **6.4.1. General**

Investigar la influencia del lechuguín en la reducción de la dureza del agua de riego de la empresa Flores del Cotopaxi S.A.

#### **6.4.2. Específicos**

Implementar el lechuguín como método de reducción de la dureza del agua de riego de la empresa Flores del Cotopaxi S.A.

Analizar las características físico-químicas del agua de riego de la empresa Flores del Cotopaxi S.A. antes y después de ser tratada con lechuguín.

Crear un cronograma de control periódico de recolección de muestras para sus respectivos análisis físico-químicas.

Capacitar a los operadores para la toma de muestras y cuidado tanto de las plantas como del reservorio de agua de riego.

### **6.5. Análisis de factibilidad.**

La viabilidad de la propuesta "Investigación de la influencia de lechuguín y lenteja de agua en la reducción de la dureza del agua de riego de la empresa Flores del Cotopaxi S.A.", se asegura con los resultados obtenidos en el trabajo de "Determinación de la influencia de lechuguín y Lenteja de agua en la reducción de la dureza del agua de riego de la empresa Flores del Cotopaxi S.A."

Por consiguiente, el cumplimiento de los objetivos específicos asegura que el objetivo general también será cumplido, permitiendo que los resultados finales sean obtenidos sin inconvenientes.

Económicamente también resulta factible el uso de plantas acuáticas para la reducción de la dureza de agua de riego, ya que son plantas de fácil adquisición y son propias del medio como es el caso del lechuguín y la Lenteja de agua que darán resultados excelentes.

### **6.6. Fundamentación.**

La investigación "Determinación de la influencia de lechuguín y Lenteja de agua en la reducción de la dureza del agua de riego de la empresa Flores del Cotopaxi S.A.", es la base científica para la formulación de la siguiente propuesta.

## **6.7. Metodología - modelo operativo**

### **6.7.1. Recolección de muestras**

La toma de muestras se realizará con la guía establecida por el INEN (INEN, 1998).

De la cuenca del Río Blanco se recolectará las muestras que posteriormente estarán, dichas muestras serán distribuidas en tinas plásticas. Que contendrán lechuguín o lenteja de agua más 100 litros de agua de riego, tanto el tratamiento con lechuguín o lenteja de agua tendrán tres réplicas cada uno.

Se establecerá un plan de muestreo de cada 15 días con el propósito de dejar que las plantas acuáticas pudieran actuar sobre el agua de riego. De esta manera las muestras de cada réplica serán recolectadas en botellas plásticas de 1 litro con sus respectivas etiquetas, conservadas en un cooler hasta la entrega en el laboratorio.

### **6.7.2. Caracterización físico – química del agua**

#### **6.7.2.1 Determinación del pH (Standard Methods 4500 – H<sup>+</sup> B)**

En un vaso de precipitación se colocará 100 ml de muestra recogida, con la utilización de un pH metro calibrado con soluciones estándar, el electrodo será colocado en la muestra y se obtendrá el valor.

#### **6.7.2.2 Determinación de la conductividad (Standard Methods 2510 A)**

En un vaso de precipitación se colocará 100 ml de muestra recogida, con la utilización de un medidor de conductividad previamente calibrado, se enjuagará el electrodo con un poco de la muestra y posteriormente se obtendrá el valor de conductividad.

### 6.7.2.3 Determinación de la dureza total (Standard Methods 2340 C)

En un vaso de precipitación se colocará 25 ml de la muestra, se agregará NaOH a la muestra para tener un pH de 10 y adicionalmente se añadirá una pequeña cantidad de Eriocromo Negro con lo cual la coloración de la muestra cambiará a rojo indicando que si hay presencia de dureza en el agua, se titulará con EDTA hasta que la muestra cambie de color de rojo a azul, con lo que indicará el punto final de la valoración.

Con el uso de esta fórmula se calculó la dureza del agua por titulación:

$$\text{Dureza (EDTA)mgCaCO}_3/\text{L} = \frac{A * B * 1000}{\text{ml muestra}}$$

Donde;

A = ml de titulación para la muestra

B = mg CaCO<sub>3</sub> equivalente a 1,00 ml de EDTA valorante

### 6.7.2.4 Determinación de nitratos (Standard Methods 4500 – NO<sub>3</sub> - C)

Su principio se basará en el uso de resinas de intercambio iónico, al iniciar el análisis la muestra será inyectada y transportada por la fase móvil a través del sistema cromatográfico, cuando la muestra aniónica atraviese la columna analítica, los iones presentes se separarán debido a las diferentes retenciones que se dan al interactuar con la fase estacionaria de la columna analítica, una vez separada, la muestra será traspasada por un haz de luz donde se registrará la señal obtenida respecto al tiempo de retención.

El resultado se registrará en el cromatograma, donde nos indicará la presencia del ion de manera cualitativa y cuantitativa.

#### **6.7.2.5 Determinación de sulfatos (Standard Methods 4500 – SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>E)**

Su principio se basará en el uso de resinas de intercambio iónico, al iniciar el análisis la muestra será inyectada y transportada por la fase móvil a través del sistema cromatográfico, cuando la muestra aniónica atraviese la columna analítica, los iones presentes se separarán debido a las diferentes retenciones que se dan al interactuar con la fase estacionaria de la columna analítica, una vez separada, la muestra será traspasada por un haz de luz donde se registrará la señal obtenida respecto al tiempo de retención.

El resultado se registrará en el cromatograma, donde nos indicará la presencia del ion de manera cualitativa y cuantitativa.

#### **6.7.3 Aislamiento de bacterias presentes en las raíces de las plantas acuáticas utilizadas.**

Este procedimiento se realizará con las raíces de las plantas de Lechuguín y de Lenteja de agua que se obtendrá antes de ponerlas en tratamiento y después del tratamiento.

##### **6.7.3.1 Medio de cultivo**

Para el aislamiento de bacterias se preparará medio de cultivo Agar nutritivo, 9,2 gramos para 400 ml de agua. El medio se esterilizará en el autoclave a 121 °C durante 20 minutos, tiempo después del cual y con el descenso de la temperatura se colocará 4 ml de Nistatin, homogenizando nuevamente el medio, para que finalmente el medio sea vertido con un volumen aproximado de 25 ml por caja con las respectivas normas de asepsia y en la cámara de flujo laminar.

### **6.7.3.2 Diluciones Seriadas**

Se esterilizará los blancos de dilución, 12 frascos de tapa azul con 90ml de agua y 48 tubos de ensayo con 4.5ml.

Se realizará la dilución principal  $10^{-1}$ , la misma que se hará colocando 10 g de raíz en 90ml de agua destilada estéril, la mezcla será agitada vigorosamente por 20 minutos

A partir de esta dilución, se extraerá con ayuda de una micro pipeta 0.5 ml de la mezcla y se depositará en el tubo de ensayo que contendrá 4.5 ml de agua destilada estéril obteniendo así la dilución  $10^{-2}$ . De la dilución  $10^{-2}$  se extraerá nuevamente 0.5 ml de la mezcla y se depositará en un nuevo tubo que contendrá 4.5 ml de agua destilada estéril obteniendo así una dilución  $10^{-3}$ .

Esta misma metodología, se utilizará hasta la obtener la dilución  $10^{-5}$ , teniendo presente agitar el tubo previo a la extracción de la muestra.

### **6.7.3.3 Inoculación**

Una vez que se obtenga las diluciones, se inoculará desde la  $10^{-2}$  a la  $10^{-5}$  independientemente cada una de ellas, en las cajas Petri que contienen el medio de cultivo y su etiqueta respectiva, se realizará difusión en placa, para lo que se tomará de cada dilución 0,1 ml y se depositará en la caja Petri, luego esta muestra se diseminará por toda la placa con la ayuda del dispersor estéril.

Una vez realizada la siembra, las cajas se sellarán, y se colocarán en la incubadora a  $27 \pm 2$  °C por 48 a 72 horas.

### **6.7.3.4 Conteo De Colonias**

Terminado el período de incubación, se realizará el conteo de las colonias existentes y la variedad física de las mismas; el recuento de las poblaciones

bacterianas se realizará en las siembras  $10^{-5}$  y se expresará como unidades formadoras de colonia por gramo de suelo (UFC/g de suelo).

#### **6.7.4 Implementación de metodologías para la disminución de la concentración de dureza presente en el agua de riego.**

##### **6.7.4.1 Lechuguín**

Se trabajará con 100 litros de agua de riego a una temperatura de 21°C en presencia de oxígeno, se colocarán en tinas plásticas y se añadirá 6 lechuguines con un peso de 35,88 gr. Se evaluará por 5 semanas seguidas, monitoreando y tomando una muestra semanal con tres réplicas, con el objetivo de minimizar los errores en la toma de muestras.

Estas muestras serán recolectadas y transportadas en botellas plásticas estériles de 1 litro para su respectivo análisis en el Centro de Servicios ambientales y Químicos de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador (CESAQ-PUCE), acreditado para los parámetros determinados y a los laboratorios de la UTA – FCIAL.

### Modelo operativo

Fases	Metas	Actividades	Responsable	Recursos	Presupuesto	Tiempo
1. Formulación de la propuesta	Evaluar el agua de riego a ser tratada con la implementación del método de lechuguín.	Revisión bibliográfica.	Investigador	Humanos Técnicos Económicos	\$ 150	2 mes
2. Desarrollo preliminar de la propuesta	Cronograma de la propuesta	Caracterización Físico química del agua de riego	Investigador	Humanos Técnicos Económicos	\$ 1000	2 meses
3. Implementación de la propuesta	Ejecución de la propuesta	Aplicación del método de disminución de dureza sugerido	Investigador	Humanos Técnicos Económicos	\$ 200	3 meses
4. Evaluación de la propuesta	Comprobación del proceso de la implementación	Comprobación con los datos experimentales	Investigador	Humanos Técnicos Económicos	\$ 150	2 meses
<b>TOTAL</b>					<b>\$1500</b>	<b>9 meses</b>

Elaborado por: Calderón, María Dolores; 2015

## 6.8. Administración

La ejecución de la propuesta estará coordinada por los responsables del proyecto Ing. Manolo Córdova y tesista María Dolores Calderón.

Indicadores a mejorar	Situación actual	Resultados esperados	Actividades	Responsables
Disminución de minerales presentes en agua de riego	Falta de análisis en el agua utilizada para riego.  Desconocimiento de métodos naturales para disminución de la dureza del agua de riego.	Disminución de minerales presentes en el agua de riego.  Plantas acuáticas disminuyen la dureza del agua de riego.	Análisis químicos del agua de riego.  Utilización de lechuguín como tratamiento.	Investigador: María Dolores Calderón  Ing. Manolo Córdova;

**Elaborado por:** Calderón, María Dolores; 2015

## 6.9. Previsión de la evaluación

PREGUNTAS BÁSICAS	EXPLICACIÓN
¿Quiénes solicitan evaluar?	Empresa Flores del Cotopaxi S.A. Docente Investigador
¿Por qué evaluar?	Conocer sobre el grado de contaminación presente en el agua de riego.
¿Para qué evaluar?	Disminuir la cantidad de minerales presentes en el agua de riego de la florícola.
¿Qué evaluar?	Características físico químicas del agua de riego
¿Quién evalúa?	Director del proyecto, Tutor, y Calificadores
¿Cuándo evaluar?	Cada 15 días, hasta llegar a valores estables y/o permitidos
¿Cómo evaluar?	Mediante análisis de laboratorio y comprobaciones estadísticas de los resultados obtenidos.
¿Con qué evaluar?	Experimentación. Normas establecidas

**Elaborado por:** Calderón, María Dolores; 2015

## BIBLIOGRAFÍA

- AGRYTEC. (2011). Riego. Disponible en:  
[http://www.agrytec.com/agricola/index.php?option=com\\_content&view=article&id=10022:500-hectareas-fueron-intervenidas-con-riego-en-cotopaxi&catid=27:noticias&Itemid=54](http://www.agrytec.com/agricola/index.php?option=com_content&view=article&id=10022:500-hectareas-fueron-intervenidas-con-riego-en-cotopaxi&catid=27:noticias&Itemid=54)
- Arroyave, M. (2004). La lenteja de agua (*Lemna minor* L.): Una planta acuática Promisoria. *Revista EIA*, 1, 33-38. ISSN 1794-1237
- Baker, M. & Brooks, M. (1989). Terrestrial higher plants which hyperaccumulate metallic elements - a review of their distribution, ecology and phytochemistry. *Biorecovery* 1, 811-826.
- Carbajal, A. & González, M. (2012). Propiedades y funciones biológicas del agua. *En: Agua para la Salud. Pasado, presente y futuro. Vaquero y Toxqui (eds.). CSIC*, 33 - 45. ISBN: 978-84-00-09572-7
- Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente. (2002). Salud pública y Ap de salud. Girbau García. Enfermería Comunitaria I. Salud Pública. Masón. Disponible en:  
<http://www1.ceit.es/asignaturas/ecologia/Hipertexto/00General/IndiceGral.html>
- Carrión, C. Ponce de León, C. Cram, S. & Sommer, I. (2012). Potential use of water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) in xochimilco for metal phytoremediation. *Agrociencia* 46, 609-620.
- 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, 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.

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). 179.

FAO. (1996). Ecología y enseñanza rural. Nociones ambientales básicas para profesores rurales y extensionistas. El agua. Departamento de Montes. Disponible en:  
[http://www.fao.org/docrep/006/w1309s/w1309s06.htm#P5\\_56](http://www.fao.org/docrep/006/w1309s/w1309s06.htm#P5_56)

Fatorelli, S. & Fernández, P. (2011). Diseño hidrológico. Disponible en:  
[http://www.ina.gov.ar/pdf/Libro\\_diseno\\_hidrologico\\_edicion\\_digital.pdf](http://www.ina.gov.ar/pdf/Libro_diseno_hidrologico_edicion_digital.pdf)

Fierro, H. (2011). Diagnóstico del Sistema de Riego Comunitario y su incidencia en la producción agropecuaria de los usuarios del Canal de Riego Fanllina – San Simón, cantón Guaranda, Provincia Bolívar Año 2011. Guaranda, Ecuador. 1 - 3

Foro de los recursos hídricos. (2013). Planes provinciales de riego. Edificio ESPRO. Quito, Ecuador. 2 -12.

Foro de Recursos Hídricos. (2012). VII Encuentro Nacional del Foro de Recursos Hídricos: Estudios y propuestas de políticas para el agua. Quito. 7.

Frers, C. (2007). El uso de plantas acuáticas para el tratamiento de aguas residuales. Disponible en:

[http://www.ecoportel.net/Temas\\_Especiales/Contaminacion/El\\_uso\\_de\\_plantas\\_acuaticas\\_para\\_el\\_tratamiento\\_de\\_aguas\\_residuales](http://www.ecoportel.net/Temas_Especiales/Contaminacion/El_uso_de_plantas_acuaticas_para_el_tratamiento_de_aguas_residuales)

Gallardo, R. (2006). Contaminación Térmica. Disponible en: <http://www.bvsde.ops-oms.org/bvsacd/eco/016750/016750-3b.pdf>

García, A. (2012). Criterios modernos para la evaluación del agua de riego. International Union of Soil Sciences (UISS). 27 – 35.

Instituto Gallach. 1984. Historia natural. Volumen V. Barcelona: Océano.

INEN. (1998). AGUA. CALIDAD DEL AGUA. MUESTREO. TÉCNICAS DE MUESTREO. Norma Técnica Ecuatoriana. Disponible en: <ftp://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.nte.2176.1998.pdf>

Jurado, J. (2008). Aplicación de Microsoft Excel a la Química Analítica: validación de métodos analíticos. Disponible en: <http://personal.us.es/jmjurado/docs/AQAEXCEL.pdf>

Lenntech. (2014). Agua de riego. Disponible en: <http://www.lenntech.es/aplicaciones/riego/agua-de-riego.htm#ixzz3Ajj9dHM>

Ley de aguas. (2004). Congreso nacional del Ecuador 2004, Comisión de Legislación y Codificación, Codificación 16, Registro Oficial 339, Quito – Ecuador.

Maridueña, L. (1997). Unidad de Protección Ambiental. Guayaquil.

Mishra, V. Upadhyaya, S. Pandey, B. & Tripathi, D. (2008). Heavy metal pollution induced due to coal mining effluent on surrounding aquatic ecosystem and its management through naturally occurring aquatic macrophytes. Bioresource Technol. 99: 930-936.

- Neira, M. (2010). Estudio fitofarmacológico del manejo del oídio (*Oidium* sp.), trips (*Frankliniella occidentalis*) y pulgones (*Myzus* sp.), en rosas de exportación con la utilización de extractos vegetales. Nevado Ecuador S.A. UTA. Ecuador.
- Obando, J. (2006). Aspectos teóricos de *Eichhornia crassipes*, Universidad del Valle, Santiago de Cali. Disponible en: <http://www.infojardin.com/fichas/acuaticas/eichhornia-crassipes-jacintodeagua-camalote-camalotes.htm>
- IWMI. (2008). International Water Management Institute, Transferencia de la gestión del riego: Esfuerzos y resultados globales. Roma.
- Pozo, C. (2012). Fitorremediación de las aguas del canal de riego Latacunga – Salcedo – Ambato mediante humedales vegetales a nivel de prototipo de Campo salcedo – Cotopaxi. Maestría en producción más limpia. UTA. Ecuador.
- Poveda, R. (2014). Evaluación de especies acuáticas flotantes para la fitorremediación de aguas residuales industrial y de uso agrícola previamente caracterizadas en el Cantón Ambato, Provincia de Tungurahua. UTA. Ecuador.
- Ramírez, C. & San Martín, C. (2005). Diversidad de macrófitas chilenas. Macrófitas y vertebrados de los sistemas límnicos de Chile. Editorial Universitaria Santiago. Chile.
- Ramos, M. (2015). Evaluación de metodologías para disminuir la contaminación existente en los efluentes líquidos generados en el proceso de producción de la curtiduría Aldás de la Provincia de Tungurahua. Maestría en producción más limpia. UTA. Ecuador
- Rodríguez, F. (2005). Biotecnología ambiental, degradación natural. Editorial TEBER, S.L. Madrid. P. 127

- Rzedowski, G. Rzedowski & Colaboradores. (2005). Flora fanerogámica del Valle de México. 2a. ed. 1a reimp. Instituto de Ecología. A.C. y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Pátzcuaro (Michoacán). 1406
- Sánchez, R. (2001). Estado y gestión de los recursos hídricos en el Ecuador. Departamento de Ciencias del Agua. Escuela Politécnica Nacional. Quito, Ecuador.
- Sánchez, C. & Vinueza, M. (2007). Optimización del Recurso Hídrico mediante el cambio de Método de Riego en la Comuna de Monjas Alto. Cantón Cayambe. 9 – 22.
- STANDARD METHODS. (2012). For the Examination of Water and Wasterwater, Edition 22,. EDITORIAL: American Public Health Association 800 I Street, NW Washington, DC 20001-3710. USA
- Tapia, N. (2006). Plan de desarrollo parroquial. Latacunga, Ecuador. 2 - 4
- TULAS. (2010). Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria. Libro VI, Norma de Calidad Ambiental y Descarga de Efluentes: Recurso Agua.
- TULSMA. (2015). Texto unificado de Legislación secundaria de ministerios del ambiente. Libro VI. Anexo I. Acuerdo Ministerial 028, Edición Especial N° 270 - Registro Oficial del Viernes 13 de febrero de 2015. 56 – 57; 80 – 92.
- Villacorte, E. (2013). Producción de compost a base de lechuguín (*Eichornia crassipes*) utilizado en tratamiento de aguas residuales en lafarge cementos s.a. y su efecto en el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.). Universidad Técnica del Norte. Ibarra – Ecuador.
- Zapatta, A. & Gasselin, P. (2005). El riego en el Ecuador: problemática, debate y políticas. CAMAREN, Quito. Ecuador. 12 - 14.

# ANEXOS

# **ANEXO A**

## **Tablas de resultados**

**Tabla A1.- Resultados Físico-Químicos de agua de riego evaluado en la semana 1 después de la implementación de Lechuguín.**

SEMANA 1 (8-11-2014)					
Parámetros	Conductividad Eléctrica	Dureza	Nitratos	pH	Sulfatos
Método analítico	CP-PE-A033	CP-PE-A025	CP-PE-A070	CP-PE-A042	CP-PE-A070
Unidades	uS/cm	mgCaCO <sub>3</sub> /l	mg/l	pH	mg/l
Testigo	688,00	218,00	4,70	8,40	49,40
Observación 1	581,0	194,2	< 0,5	7,2	39,4
Observación 2	548,0	171,0	< 0,5	7,3	35,5
Observación 3	560,0	176,1	< 0,5	7,3	36,8

**Elaborado por:** Calderón, María Dolores; 2015

**Tabla A2.- Resultados Físico-Químicos de agua de riego evaluado en la semana 2 después de la implementación de Lechuguín.**

SEMANA 2 (25-11-2014)					
Parámetros	Conductividad Eléctrica	Dureza	Nitratos	pH	Sulfatos
Método analítico	CP-PE-A033	CP-PE-A025	CP-PE-A070	CP-PE-A042	CP-PE-A070
Unidades	uS/cm	mgCaCO <sub>3</sub> /l	mg/l	pH	mg/l
Testigo	688,00	218,00	4,70	8,40	49,40
Observación 1	566,0	186,9	< 0,5	6,8	28,0
Observación 2	539,0	170,9	< 0,5	7,3	24,1
Observación 3	548,0	173,9	< 0,5	7,2	26,6

**Elaborado por:** Calderón, María Dolores; 2015

**Tabla A3.- Resultados Físico-Químicos de agua de riego evaluado en la semana 3 después de la implementación de Lechuguín.**

SEMANA 3 (13-12-2014)					
Parámetros	Conductividad Eléctrica	Dureza	Nitratos	pH	Sulfatos
Método analítico	CP-PE-A033	CP-PE-A025	CP-PE-A070	CP-PE-A042	CP-PE-A070
Unidades	uS/cm	mgCaCO <sub>3</sub> /l	mg/l	pH	mg/l
Testigo	688,00	218,00	4,70	8,40	49,40
Observación 1	565,0	180,4	< 0,5	6,8	39,7
Observación 2	526,0	165,8	< 0,5	6,9	23,6
Observación 3	539,0	170,5	< 0,5	7,0	26,6

**Elaborado por:** Calderón, María Dolores; 2015

**Tabla A4.- Resultados Físico-Químicos de agua de riego evaluado en la semana 4 después de la implementación de Lechuguín.**

SEMANA 4 (3-01-2015)					
Parámetros	Conductividad Eléctrica	Dureza	Nitratos	pH	Sulfatos
Método analítico	CP-PE-A033	CP-PE-A025	CP-PE-A070	CP-PE-A042	CP-PE-A070
Unidades	uS/cm	mgCaCO <sub>3</sub> /l	mg/l	pH	mg/l
Testigo	688,00	218,00	4,70	8,40	49,40
Observación 1	545,0	167,8	< 1,0	6,4	37,9
Observación 2	526,0	162,5	< 1,0	6,3	22,8
Observación 3	538,2	168,4	< 1,0	7,0	23,9

**Elaborado por:** Calderón, María Dolores; 2015

**Tabla A5.- Resultados Físico-Químicos de agua de riego evaluado en la semana 5 después de la implementación de Lechuguín.**

SEMANA 5 (17-01-2014)					
Parámetros	Conductividad Eléctrica	Dureza	Nitratos	pH	Sulfatos
Método analítico	CP-PE-A033	CP-PE-A025	CP-PE-A070	CP-PE-A042	CP-PE-A070
Unidades	uS/cm	mgCaCO <sub>3</sub> /l	mg/l	pH	mg/l
Testigo	688,00	218,00	4,70	8,40	49,40
Observación 1	534,6	164,8	< 1,0	6,4	33,8
Observación 2	521,6	140,6	< 1,0	6,3	21,0
Observación 3	524,6	158,0	< 1,0	7,0	22,7

**Elaborado por:** Calderón, María Dolores; 2015

**Tabla A6.- Resumen de resultados Físico-Químicos de agua de riego evaluado durante las 5 semanas después de la implementación de Lechuguín.**

Parámetros	Conductividad Eléctrica	Dureza	Nitratos	pH	Sulfatos
Método analítico	CP-PE-A033	CP-PE-A025	CP-PE-A070	CP-PE-A042	CP-PE-A070
Testigo	688,00	218,00	4,70	8,40	49,40
Testigo	688,00	218,00	4,70	8,40	49,40
Testigo	688,00	218,00	4,70	8,40	49,40
Testigo	688,00	218,00	4,70	8,40	49,40
Testigo	688,00	218,00	4,70	8,40	49,40
Observación 1	581,0	194,2	< 0,5	7,2	39,4
Observación 1	566,0	186,9	< 0,5	6,8	28,0
Observación 1	565,0	180,4	< 0,5	6,8	39,7
Observación 1	545,0	167,8	< 1,0	6,4	37,9
Observación 1	534,6	164,8	< 1,0	6,4	33,8

Observación 2	548,0	171,0	< 0,5	7,3	35,5
Observación 2	539,0	170,9	< 0,5	7,3	24,1
Observación 2	526,0	165,8	< 0,5	6,9	23,6
Observación 2	526,0	162,5	< 1,0	6,3	22,8
Observación 2	521,6	140,6	< 1,0	6,3	21,0
Observación 3	560,0	176,1	< 0,5	7,3	36,8
Observación 3	548,0	173,9	< 0,5	7,2	26,6
Observación 3	539,0	170,5	< 0,5	7,0	26,6
Observación 3	538,2	168,4	< 1,0	7,0	23,9
Observación 3	524,6	158,0	< 1,0	7,0	22,7

**Elaborado por:** Calderón, María Dolores; 2015

**Tabla A7.- Resultados Físico-Químicos de agua de riego evaluado en la semana 1 después de la implementación de Lenteja de agua.**

SEMANA 1 (8-11-2014)					
Parámetros	Conductividad Eléctrica	Dureza	Nitratos	pH	Sulfatos
Método analítico	CP-PE-A033	CP-PE-A025	CP-PE-A070	CP-PE-A042	CP-PE-A070
Unidades	uS/cm	mgCaCO <sub>3</sub> /l	mg/l	pH	mg/l
Testigo	688,00	218,00	4,70	8,40	49,40
Observación 1	628,0	226,0	< 0,5	8,7	38,2
Observación 2	678,0	230,7	< 0,5	8,4	56,4
Observación 3	609,0	225,1	< 0,5	8,8	35,9

**Elaborado por:** Calderón, María Dolores; 2015

**Tabla A8.- Resultados Físico-Químicos de agua de riego evaluado en la semana 2 después de la implementación de Lenteja de agua.**

SEMANA 2 (25-11-2014)					
Parámetros	Conductividad Eléctrica	Dureza	Nitratos	pH	Sulfatos
Método analítico	CP-PE-A033	CP-PE-A025	CP-PE-A070	CP-PE-A042	CP-PE-A070
Unidades	uS/cm	mgCaCO <sub>3</sub> /l	mg/l	pH	mg/l
Testigo	688,00	218,00	4,70	8,40	49,40
Observación 1	630,0	209,0	< 0,5	8,7	57,2
Observación 2	735,0	214,6	< 0,5	8,4	59,8
Observación 3	686,0	207,5	< 0,5	8,6	58,3

**Elaborado por:** Calderón, María Dolores; 2015

**Tabla A9.- Resultados Físico-Químicos de agua de riego evaluado en la semana 3 después de la implementación de Lenteja de agua.**

SEMANA 3 (13-12-2014)					
Parámetros	Conductividad Eléctrica	Dureza	Nitratos	pH	Sulfatos
Método analítico	CP-PE-A033	CP-PE-A025	CP-PE-A070	CP-PE-A042	CP-PE-A070
Unidades	uS/cm	mgCaCO <sub>3</sub> /l	mg/l	pH	mg/l
Testigo	688,00	218,00	4,70	8,40	49,40
Observación 1	624,0	242,5	< 0,5	7,6	49,4
Observación 2	734,0	234,0	< 0,5	8,3	39,5
Observación 3	644,0	255,5	< 0,5	8,1	49,6

**Elaborado por:** Calderón, María Dolores; 2015

**Tabla A10.- Resultados Físico-Químicos de agua de riego evaluado en la semana 4 después de la implementación de Lenteja de agua.**

SEMANA 4 (3-01-2015)					
Parámetros	Conductividad Eléctrica	Dureza	Nitratos	pH	Sulfatos
Método analítico	CP-PE-A033	CP-PE-A025	CP-PE-A070	CP-PE-A042	CP-PE-A070
Unidades	uS/cm	mgCaCO <sub>3</sub> /l	mg/l	pH	mg/l
Testigo	688,00	218,00	4,70	8,40	49,40
Observación 1	618,0	314,5	< 1,0	8,0	57,0
Observación 2	747,0	300,9	< 1,0	8,1	53,7
Observación 3	645,0	319,2	< 1,0	7,8	53,7

**Elaborado por:** Calderón, María Dolores; 2015

**Tabla A11.- Resultados Físico-Químicos de agua de riego evaluado en la semana 5 después de la implementación de Lenteja de agua.**

SEMANA 5 (17-01-2014)					
Parámetros	Conductividad Eléctrica	Dureza	Nitratos	pH	Sulfatos
Método analítico	CP-PE-A033	CP-PE-A025	CP-PE-A070	CP-PE-A042	CP-PE-A070
Unidades	uS/cm	mgCaCO <sub>3</sub> /l	mg/l	pH	mg/l
Testigo	688,00	218,00	4,70	8,40	49,40
Observación 1	1174,0	366,8	< 1,0	8,3	67,7
Observación 2	1220,0	391,5	< 1,0	8,1	63,9
Observación 3	1165,0	373,9	< 1,0	8,6	83,7

**Elaborado por:** Calderón, María Dolores; 2015

**Tabla A12.- Resumen de resultados Físico-Químicos de agua de riego evaluado durante las 5 semanas después de la implementación de Lenteja de agua.**

Parámetros	Conductividad Eléctrica	Dureza	Nitratos	pH	Sulfatos
Método analítico	CP-PE-A033	CP-PE-A025	CP-PE-A070	CP-PE-A042	CP-PE-A070
Testigo	688,00	218,00	4,70	8,40	49,40
Testigo	688,00	218,00	4,70	8,40	49,40
Testigo	688,00	218,00	4,70	8,40	49,40
Testigo	688,00	218,00	4,70	8,40	49,40
Testigo	688,00	218,00	4,70	8,40	49,40
Observación 1	628,0	226,0	< 0,5	8,7	38,2
Observación 1	630,0	209,0	< 0,5	8,7	57,2
Observación 1	624,0	242,5	< 0,5	7,6	49,4
Observación 1	618,0	314,5	< 1,0	8,0	57,0
Observación 1	1174,0	366,8	< 1,0	8,3	67,7
Observación 2	678,0	230,7	< 0,5	8,4	56,4
Observación 2	735,0	214,6	< 0,5	8,4	59,8
Observación 2	734,0	234,0	< 0,5	8,3	39,5
Observación 2	747,0	300,9	< 1,0	8,1	53,7
Observación 2	1220,0	391,5	< 1,0	8,1	63,9
Observación 3	609,0	225,1	< 0,5	8,8	35,9
Observación 3	686,0	207,5	< 0,5	8,6	58,3
Observación 3	644,0	255,5	< 0,5	8,1	49,6
Observación 3	645,0	319,2	< 1,0	7,8	53,7
Observación 3	1165,0	373,9	< 1,0	8,6	83,7

**Elaborado por:** Calderón, María Dolores; 2015

**Tabla A13.- Resultados del número de ufc /g de raíz de Lechuguín antes de estar en contacto con el agua de riego.**

Raíces de Lechuguín iniciales		
Código	Dilución	ufc/g de raíz
T1	1/10 <sup>2</sup>	ND
T1	1/10 <sup>3</sup>	ND
T1	1/10 <sup>4</sup>	138
T1	1/10 <sup>5</sup>	85

**Elaborado por:** Calderón, María Dolores; 2015

**Tabla A14.- Resultados del número de ufc /g de raíz de Lechuguín antes de estar en contacto con el agua de riego.**

Raíces de Lechuguín iniciales		
Código	Dilución	ufc/g de raíz
T2	1/10 <sup>2</sup>	ND
T2	1/10 <sup>3</sup>	ND
T2	1/10 <sup>4</sup>	135
T2	1/10 <sup>5</sup>	98

**Elaborado por:** Calderón, María Dolores; 2015

**Tabla A15.- Resultados del número de ufc /g de raíz de Lechuguín antes de estar en contacto con el agua de riego.**

Raíces de Lechuguín iniciales		
Código	Dilución	ufc/g de raíz
T3	1/10 <sup>2</sup>	ND
T3	1/10 <sup>3</sup>	ND
T3	1/10 <sup>4</sup>	154
T3	1/10 <sup>5</sup>	93

**Elaborado por:** Calderón, María Dolores; 2015

**Tabla A16.- Resumen de resultados del número de ufc /g de raíz de Lechuguín antes de estar en contacto con el agua de riego.**

Raíces de Lechuguín iniciales		
Código	Dilución	ufc/g de raíz
T1	1/10 <sup>2</sup>	ND
T1	1/10 <sup>3</sup>	ND
T1	1/10 <sup>4</sup>	138
T1	1/10 <sup>5</sup>	85
T2	1/10 <sup>2</sup>	ND
T2	1/10 <sup>3</sup>	ND
T2	1/10 <sup>4</sup>	135
T2	1/10 <sup>5</sup>	98
T3	1/10 <sup>2</sup>	ND
T3	1/10 <sup>3</sup>	ND
T3	1/10 <sup>4</sup>	154
T3	1/10 <sup>5</sup>	93

**Elaborado por:** Calderón, María Dolores; 2015

**Tabla A17.- Resultados del número de ufc/g de raíz de Lechuguín después de estar en contacto con el agua de riego.**

Raíces de Lechuguín finales		
Código	Dilución	ufc/g de raíz
T4	1/10 <sup>2</sup>	ND
T4	1/10 <sup>3</sup>	ND
T4	1/10 <sup>4</sup>	459
T4	1/10 <sup>5</sup>	124

**Elaborado por:** Calderón, María Dolores; 2015

**Tabla A18.- Resultados del número de ufc/g de raíz de Lechuguín después de estar en contacto con el agua de riego.**

Raíces de Lechuguín finales		
Código	Dilución	ufc /g de raíz
T5	1/10 <sup>2</sup>	ND
T5	1/10 <sup>3</sup>	ND
T5	1/10 <sup>4</sup>	426
T5	1/10 <sup>5</sup>	129

**Elaborado por:** Calderón, María Dolores; 2015

**Tabla A19.- Resultados del número de ufc /g de raíz después de estar en contacto con el agua de riego.**

Raíces de Lechuguín finales		
Código	Dilución	ufc /g de raíz
T6	1/10 <sup>2</sup>	ND
T6	1/10 <sup>3</sup>	ND
T6	1/10 <sup>4</sup>	424
T6	1/10 <sup>5</sup>	120

**Elaborado por:** Calderón, María Dolores; 2015

**Tabla A20.- Resumen de resultados del número de ufc/g de raíz después de estar en contacto con el agua de riego.**

Raíces de Lechuguín finales		
Código	Dilución	ufc/g de raíz
T4	1/10 <sup>2</sup>	ND
T4	1/10 <sup>3</sup>	ND
T4	1/10 <sup>4</sup>	459
T4	1/10 <sup>5</sup>	124
T5	1/10 <sup>2</sup>	ND
T5	1/10 <sup>3</sup>	ND
T5	1/10 <sup>4</sup>	426

T5	1/10 <sup>5</sup>	129
T6	1/10 <sup>2</sup>	ND
T6	1/10 <sup>3</sup>	ND
T6	1/10 <sup>4</sup>	424
T6	1/10 <sup>5</sup>	120

**Elaborado por:** Calderón, María Dolores; 2015

**Tabla A21.- Resultados del número de ufc /g de raíz de Lenteja de agua antes de estar en contacto con el agua de riego.**

Raíces de Lenteja de agua iniciales		
Código	Dilución	ufc/g de raíz
L1	1/10 <sup>2</sup>	ND
L1	1/10 <sup>3</sup>	ND
L1	1/10 <sup>4</sup>	122
L1	1/10 <sup>5</sup>	90

**Elaborado por:** Calderón, María Dolores; 2015

**Tabla A22.- Resultados del número de ufc /g de raíz de Lenteja de agua antes de estar en contacto con el agua de riego.**

Raíces de Lenteja de agua iniciales		
Código	Dilución	ufc/g de raíz
L2	1/10 <sup>2</sup>	ND
L2	1/10 <sup>3</sup>	ND
L2	1/10 <sup>4</sup>	128
L2	1/10 <sup>5</sup>	92

**Elaborado por:** Calderón, María Dolores; 2015

**Tabla A23.- Resultados del número de ufc /g de raíz de Lenteja de agua antes de estar en contacto con el agua de riego.**

Raíces de Lenteja de agua iniciales		
Código	Dilución	ufc/g de raíz
L3	1/10 <sup>2</sup>	ND
L3	1/10 <sup>3</sup>	ND
L3	1/10 <sup>4</sup>	125
L3	1/10 <sup>5</sup>	99

**Elaborado por:** Calderón, María Dolores; 2015

**Tabla A24.- Resumen de resultados del número de ufc /g de raíz de Lenteja de agua antes de estar en contacto con el agua de riego.**

Raíces de Lenteja de agua iniciales		
Código	Dilución	ufc/g de raíz
L1	1/10 <sup>2</sup>	ND
L1	1/10 <sup>3</sup>	ND
L1	1/10 <sup>4</sup>	122
L1	1/10 <sup>5</sup>	90
L2	1/10 <sup>2</sup>	ND
L2	1/10 <sup>3</sup>	ND
L2	1/10 <sup>4</sup>	128
L2	1/10 <sup>5</sup>	92
L3	1/10 <sup>2</sup>	ND
L3	1/10 <sup>3</sup>	ND
L3	1/10 <sup>4</sup>	125
L3	1/10 <sup>5</sup>	99

**Elaborado por:** Calderón, María Dolores; 2015

**Tabla A25.- Resultados del número de ufc /g de raíz de Lenteja de agua después de estar en contacto con el agua de riego.**

Raíces de Lenteja de agua finales		
Código	Dilución	ufc/g de raíz
L4	1/10 <sup>2</sup>	ND
L4	1/10 <sup>3</sup>	ND
L4	1/10 <sup>4</sup>	146
L4	1/10 <sup>5</sup>	107

**Elaborado por:** Calderón, María Dolores; 2015

**Tabla A26.- Resultados del número de ufc /g de raíz de Lenteja de agua después de estar en contacto con el agua de riego.**

Raíces de Lenteja de agua finales		
Código	Dilución	ufc/g de raíz
L5	1/10 <sup>2</sup>	ND
L5	1/10 <sup>3</sup>	ND
L5	1/10 <sup>4</sup>	163
L5	1/10 <sup>5</sup>	109

**Elaborado por:** Calderón, María Dolores; 2015

**Tabla A27.- Resultados del número de ufc/g de de Lenteja de agua después de estar en contacto con el agua de riego.**

Raíces de Lenteja de agua finales		
Código	Dilución	ufc/g de raíz
L6	1/10 <sup>2</sup>	ND
L6	1/10 <sup>3</sup>	ND
L6	1/10 <sup>4</sup>	175
L6	1/10 <sup>5</sup>	114

**Elaborado por:** Calderón, María Dolores; 2015

**Tabla A28.- Resumen de resultados del número de ufc/g de raíz de Lenteja de agua después de estar en contacto con el agua de riego.**

Raíces de Lenteja de agua finales		
Código	Dilución	ufc/g de raíz
L4	1/10 <sup>2</sup>	ND
L4	1/10 <sup>3</sup>	ND
L4	1/10 <sup>4</sup>	146
L4	1/10 <sup>5</sup>	107
L5	1/10 <sup>2</sup>	ND
L5	1/10 <sup>3</sup>	ND
L5	1/10 <sup>4</sup>	163
L5	1/10 <sup>5</sup>	109
L6	1/10 <sup>2</sup>	ND
L6	1/10 <sup>3</sup>	ND
L6	1/10 <sup>4</sup>	175
L6	1/10 <sup>5</sup>	114

**Elaborado por:** Calderón, María Dolores; 2015

# **ANEXO B**

## **Análisis estadístico**

**Tabla B1. Resultados de los análisis físicos químicos del agua de riego con la implementación de lechuguín y lenteja para reducirla concentración de dureza.**

Tratamiento	Semana	Conductividad Eléctrica	Dureza	Nitratos	pH	Sulfatos
Unidades		uS/cm	mgCaCO <sub>3</sub> /l	mg/l	pH	mg/l
LECHUGIN	1	563	180,43	0,5	7,27	37,23
	2	551	177,23	2	7,1	26,23
	3	543,33	172,23	0,5	6,9	29,97
	4	536,4	166,23	1	6,57	28,2
	5	526,93	154,47	1	6,57	25,83
LENTEJA	1	638,33	227,27	0,5	8,63	43,5
	2	683,67	210,37	0,5	8,57	58,43
	3	667,33	244	0,5	8	46,17
	4	670	311,53	1	7,97	54,8
	5	1186,33	377,4	1	8,33	71,77
TESTIGO	1	688	218	4,7	8,4	49,4
	2	688	218	4,7	8,4	49,4
	3	688	218	4,7	8,4	49,4
	4	688	218	4,7	8,4	49,4
	5	688	218	4,7	8,4	49,4

**Elaborado por:** Calderón, María Dolores; 2015

**Tabla B2. Diseño de un solo un factor completamente aleatorizado para Lechuguín vs el testigo.**

Tratamiento	Semana	Conductividad Eléctrica	Dureza	Nitratos	pH	Sulfatos
Unidades		uS/cm	mgCa CO <sub>3</sub> /l	mg/l	pH	mg/l
Lechuguín	1	563	180,43	0,5	7,27	37,23
	2	551	177,23	2	7,1	26,23
	3	543,33	172,23	0,5	6,9	29,97
	4	536,4	166,23	1	6,57	28,2
	5	526,93	154,47	1	6,57	25,83
Testigo	1	688	218	4,7	8,4	49,4
	2	688	218	4,7	8,4	49,4
	3	688	218	4,7	8,4	49,4
	4	688	218	4,7	8,4	49,4
	5	688	218	4,7	8,4	49,4

**Elaborado por:** Calderón, María Dolores; 2015

**Tabla B3. Diseño de un solo factor completamente aleatorizado para Conductividad eléctrica para Lechugin**

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	51744,0	1	51744,0	545,11	0,0000
Intra grupos	759,387	8	94,9233		
Total (Corr.)	52503,4	9			

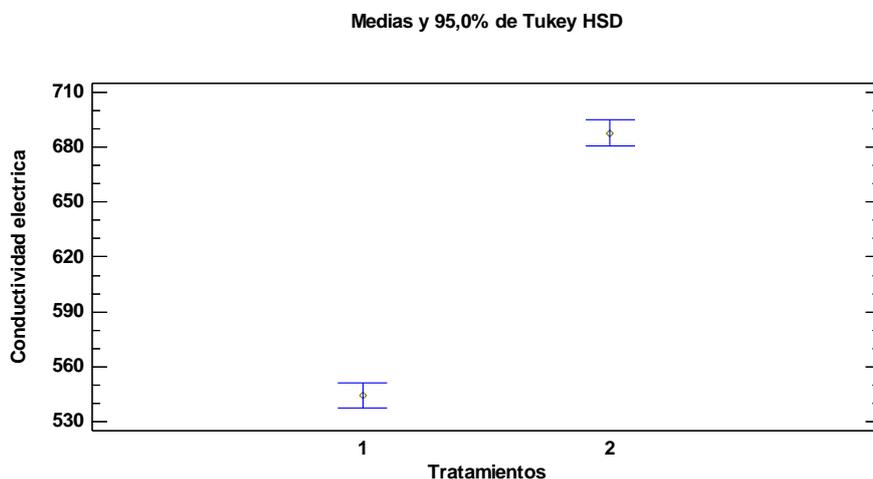
**Elaborado por:** Calderón, María Dolores; 2015

**Tabla B4. Prueba de TUKEY al 95% para Conductividad eléctrica por Tratamientos**

<i>Tratamientos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>	<i>Significación</i>
1	544,133	A	* - 143,867
2	688,0	B	

**Elaborado por:** Calderón, María Dolores; 2015

**Gráfico B1. Tratamientos vs respuestas para conductividad**



**Elaborado por:** Calderón, María Dolores; 2015.

**Tabla B5. Diseño de un solo factor completamente aleatorizado para Dureza**

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	5731,24	1	5731,24	108,76	0,0000
Intra grupos	421,564	8	52,6954		
Total (Corr.)	6152,8	9			

**Elaborado por:** Calderón, María Dolores; 2015.

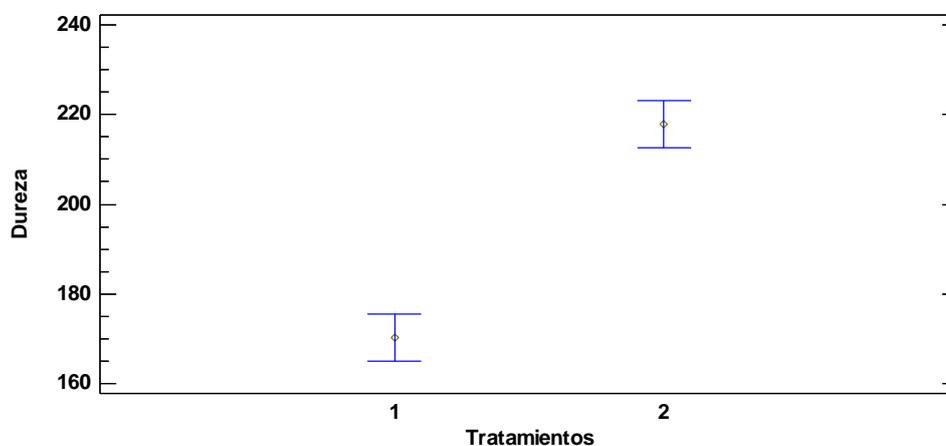
**Tabla B6. Prueba de TUKEY al 95% para Dureza por Tratamientos**

<i>Tratamientos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>	<i>Significación</i>
1	170,12	A	* - 47,88
2	218,0	B	

**Elaborado por:** Calderón, María Dolores; 2015

**Gráfico B2. Tratamientos vs respuestas para dureza**

Medias y 95,0% de Tukey HSD



**Elaborado por:** Calderón, María Dolores; 2015

**Tabla B7. Diseño de un solo factor completamente aleatorizado para Nitratos**

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	34,225	1	34,225	182,53	0,0000
Intra grupos	1,5	8	0,1875		
Total (Corr.)	35,725	9			

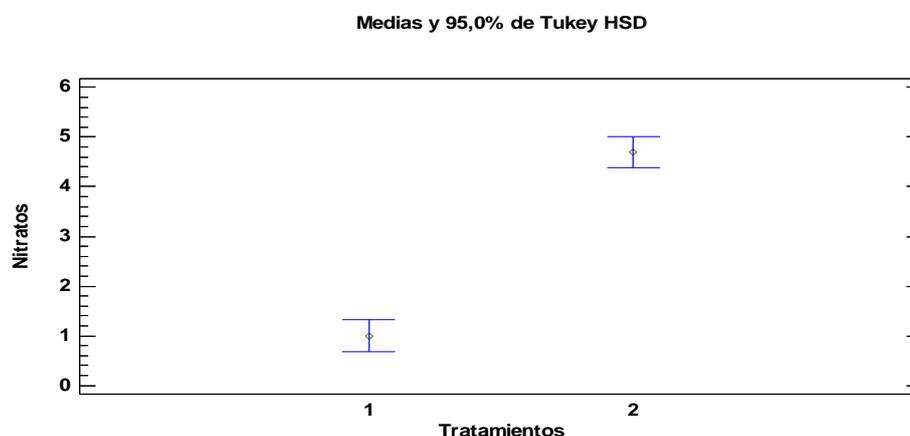
**Elaborado por:** Calderón, María Dolores; 2015.

**Tabla B8. Prueba de TUKEY al 95% para Nitratos por Tratamientos**

<i>Tratamientos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>	<i>Significación</i>
2	1,0	A	* -3,7
1	4,7	B	

**Elaborado por:** Calderón, María Dolores; 2015.

**Gráfico B3. Tratamientos vs respuestas para nitratos**



**Elaborado por:** Calderón, María Dolores; 2015.

**Tabla B9. Diseño de un solo factor completamente aleatorizado para pH**

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	5,776	1	5,776	117,08	0,0000
Intra grupos	0,394667	8	0,0493333		
Total (Corr.)	6,17067	9			

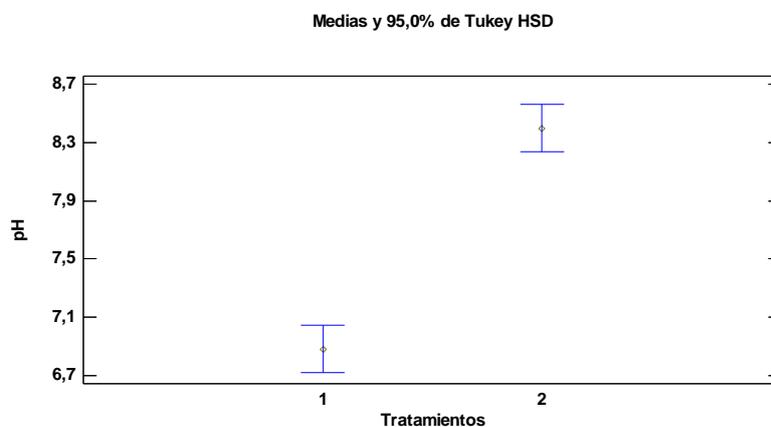
**Elaborado por:** Calderón, María Dolores; 2015.

**Tabla B10. Prueba de TUKEY al 95% para pH por Tratamientos**

<i>Tratamientos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>	<i>Significación</i>
1	6,88	A	* - 1,52
2	8,4	B	

**Elaborado por:** Calderón, María Dolores; 2015.

**Gráfico B3. Tratamientos vs respuestas para pH**



**Elaborado por:** Elaborado por: Calderón, María Dolores; 2015

**Tabla B11. Diseño de un solo factor completamente aleatorizado para sulfatos**

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	990,688	1	990,688	92,34	0,0000
Intra grupos	85,8276	8	10,7284		
Total (Corr.)	1076,52	9			

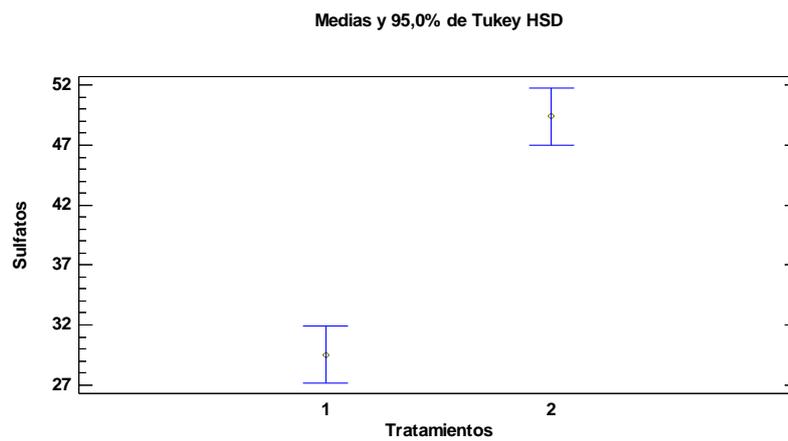
**Elaborado por:** Calderón, María Dolores; 2015.

**Tabla B12. Prueba de TUKEY al 95% para sulfatos por Tratamientos**

<i>Tratamientos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>	<i>Significación</i>
1	29,4933	A	-19,9067
2	49,4	B	

**Elaborado por:** Calderón, María Dolores; 2015.

**Gráfico B4. Tratamientos vs respuestas para Sulfatos**



**Elaborado por:** Calderón, María Dolores; 2015.

**Tabla B13. Diseño de un solo un factor completamente aleatorizado para Lenteja vs el testigo.**

Tratamiento	Semana	Conductividad Eléctrica	Dureza	Nitratos	pH	Sulfatos
Unidades		uS/cm	mgCaCO <sub>3</sub> /l	mg/l	pH	mg/l
Lenteja	1	638,33	227,27	0,5	8,63	43,5
	2	683,67	210,37	0,5	8,57	58,43
	3	667,33	244	0,5	8	46,17
	4	670	311,53	1	7,97	54,8
	5	1186,33	377,4	1	8,33	71,77
Testigo	1	688	218	4,7	8,4	49,4
	2	688	218	4,7	8,4	49,4
	3	688	218	4,7	8,4	49,4
	4	688	218	4,7	8,4	49,4
	5	688	218	4,7	8,4	49,4

**Elaborado por:** Calderón, María Dolores; 2015.

**Tabla B14. Diseño de un solo factor completamente aleatorizado para Conductividad eléctrica para Lenteja**

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	16456,5	1	16456,5	0,60	0,4601
Intra grupos	218660,	8	27332,5		
Total (Corr.)	235116,	9			

**Elaborado por:** Calderón, María Dolores; 2015.

**Tabla B15. Diseño de un solo factor completamente aleatorizado para Dureza**

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	7871,77	1	7871,77	3,27	0,1080
Intra grupos	19233,5	8	2404,18		
Total (Corr.)	27105,2	9			

**Elaborado por:** Calderón, María Dolores; 2015.

**Tabla B16. Diseño de un solo factor completamente aleatorizado para Nitratos**

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	40,0	1	40,0	1066,67	0,0000
Intra grupos	0,3	8	0,0375		
Total (Corr.)	40,3	9			

**Elaborado por:** Calderón, María Dolores; 2015.

**Tabla B17. Prueba de TUKEY al 95% para Nitratos por Tratamientos**

<i>Tratamientos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>	<i>Significación</i>
1	0,7	A	* - 4,0
2	4,7	B	

**Elaborado por:** Calderón, María Dolores; 2015.

**Tabla B18. Diseño de un solo factor completamente aleatorizado para pH**

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	0,025	1	0,025	0,52	0,4913
Intra grupos	0,384444	8	0,0480556		
Total (Corr.)	0,409444	9			

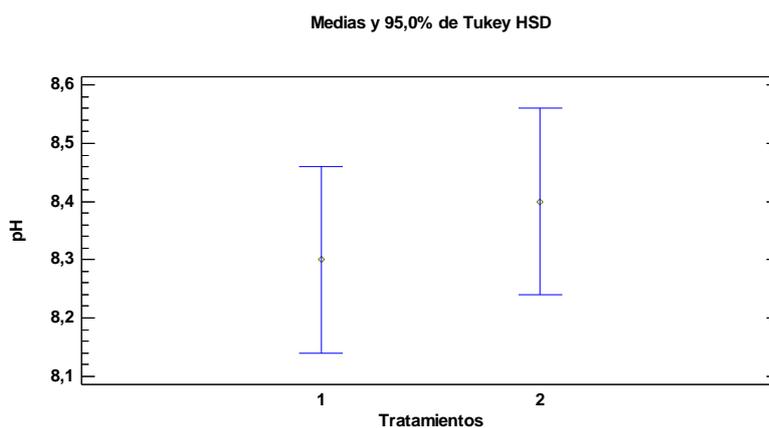
**Elaborado por:** Calderón, María Dolores; 2015.

**Tabla B19. Prueba de TUKEY al 95% para pH por Tratamientos**

<i>Tratamientos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>	<i>Significación</i>
1	6,88	A	* - 1,52
2	8,4	B	

**Elaborado por:** Calderón, María Dolores; 2015.

**Gráfico B5. Tratamientos vs respuestas para pH**



**Elaborado por:** Calderón, María Dolores; 2015.

**Tabla B20. Diseño de un solo factor completamente aleatorizado para sulfatos**

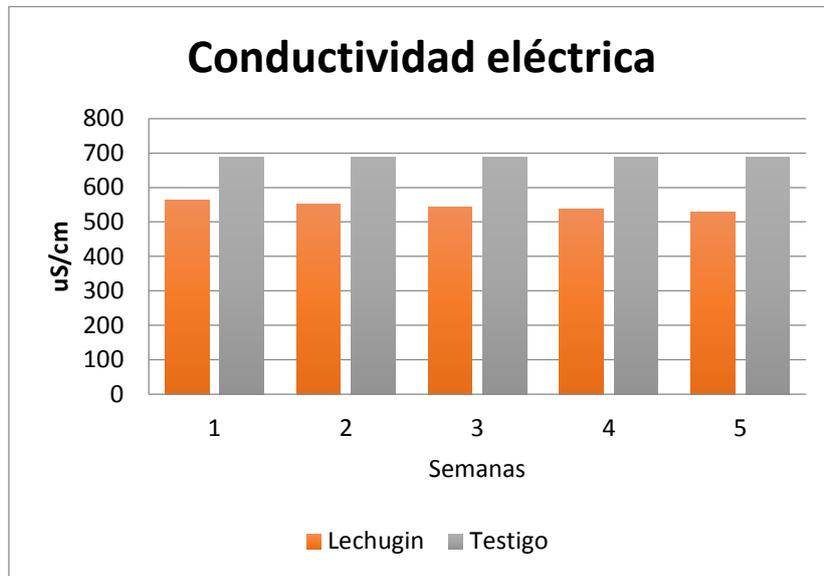
<i><b>Fuente</b></i>	<i><b>Suma de Cuadrados</b></i>	<i><b>Grados de libertad</b></i>	<i><b>Cuadrado Medio</b></i>	<i><b>Razón-F</b></i>	<i><b>Valor-P</b></i>
Entre grupos	990,688	1	990,688	92,34	0,0000
Intra grupos	85,8276	8	10,7284		
Total (Corr.)	1076,52	9			

**Elaborado por:** Calderón, María Dolores; 2015.

# **ANEXO C**

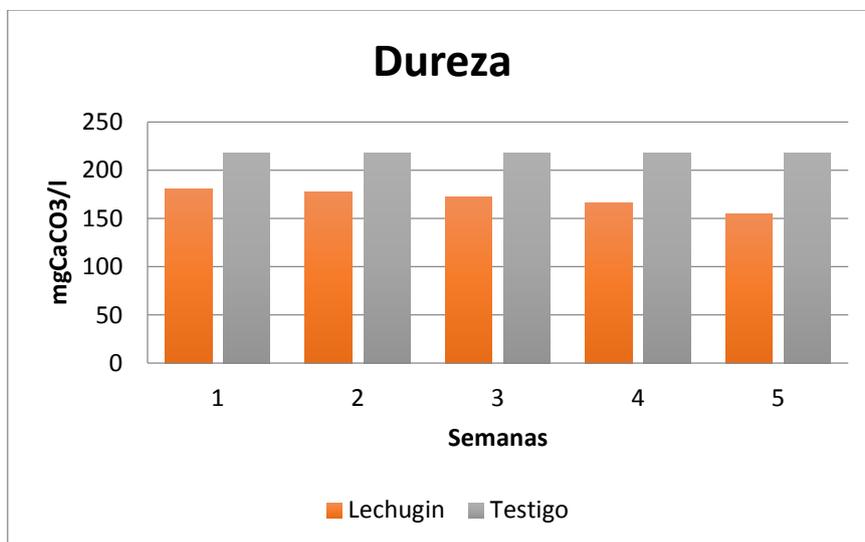
## **Gráficas de barras**

**Anexo C1.- Gráfica resumen de Conductividad eléctrica, Lechuguín vs Testigo**



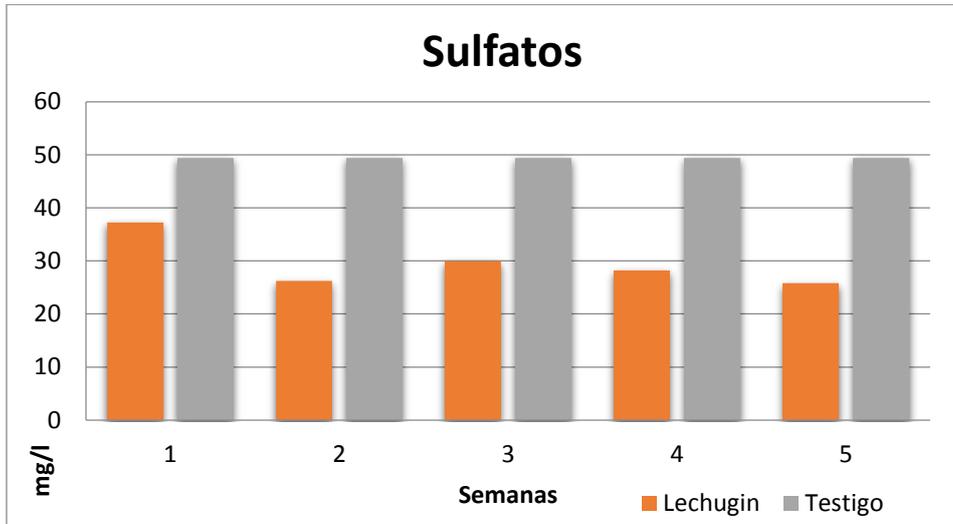
**Elaborado por:** Calderón, María Dolores; 2015

**Anexo C2.- Gráfica resumen de Dureza, Lechuguín vs Testigo**



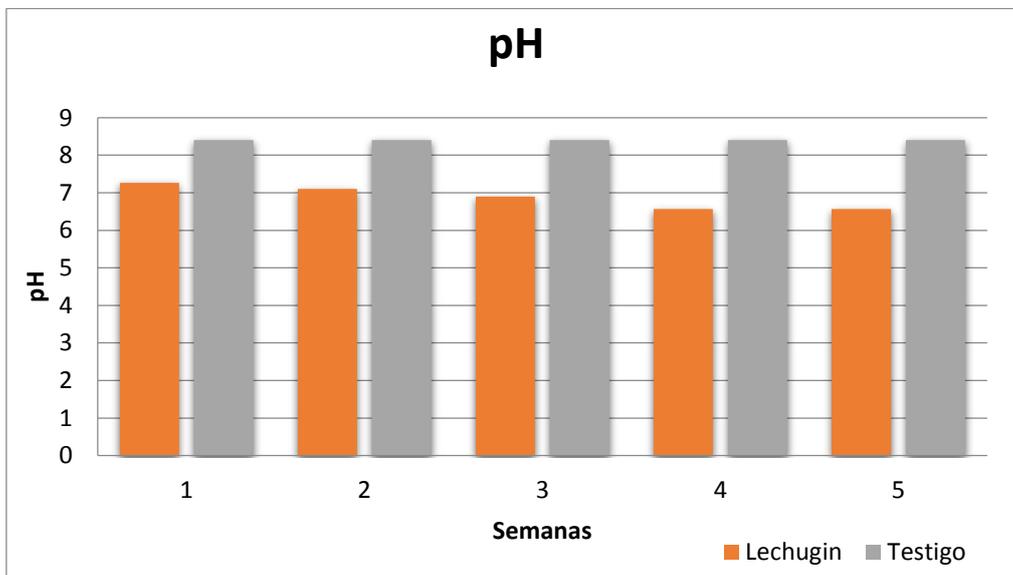
**Elaborado por:** Calderón, María Dolores; 2015

### Anexo C3.- Gráfica resumen de Sulfatos, Lechuguín vs Testigo



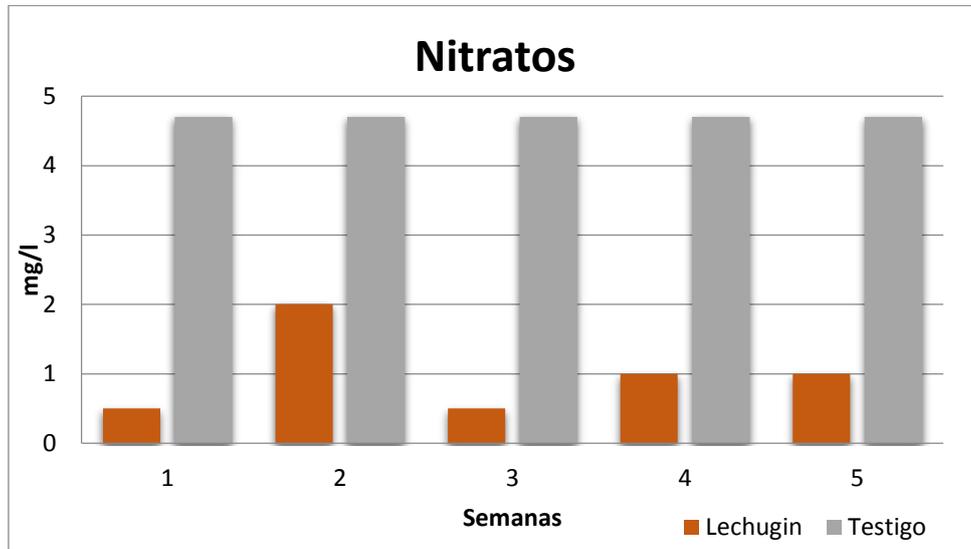
Elaborado por: Calderón, María Dolores; 2015

### Anexo C4.- Gráfica resumen de pH, Lechuguín vs Testigo



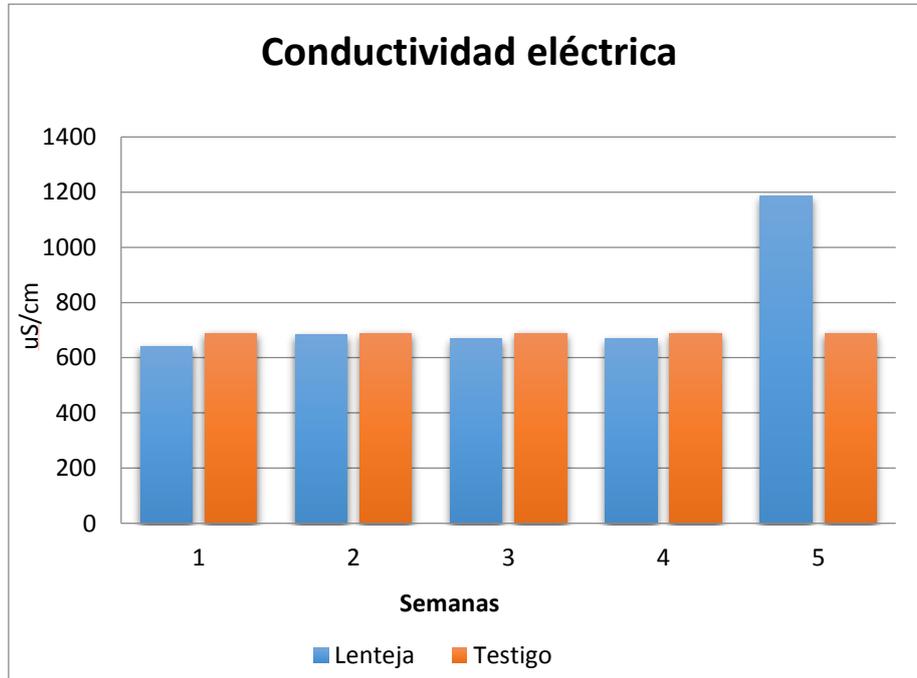
Elaborado por: Calderón, María Dolores; 2015

### Anexo C5.- Gráfica resumen de Nitratos, Lechuguín vs Testigo



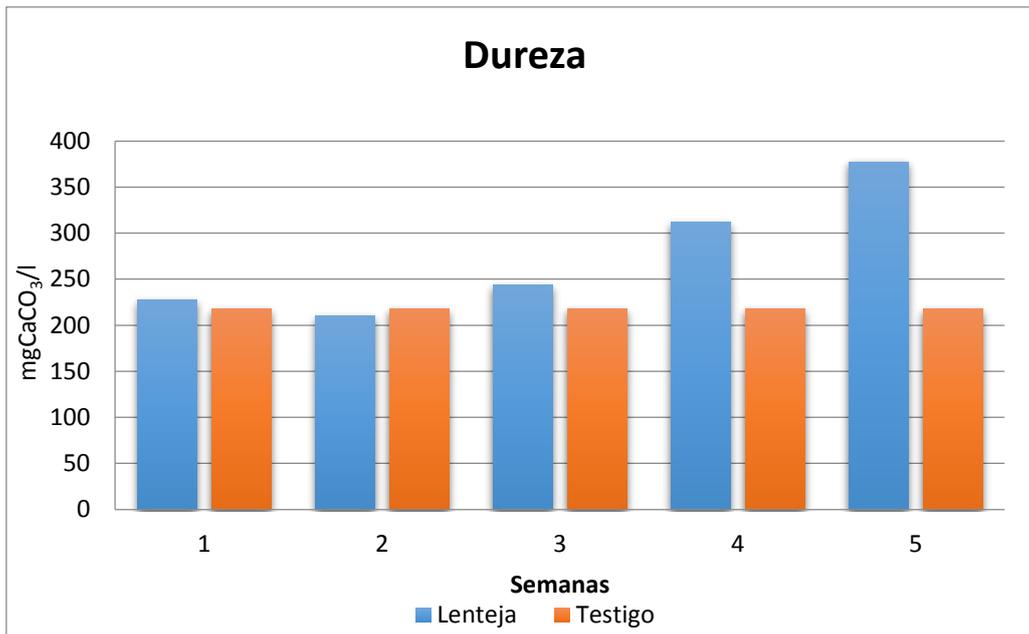
Elaborado por: **Calderón, María Dolores; 2015**

### Anexo C6.- Gráfica resumen de Conductividad eléctrica, Lenteja vs Testigo



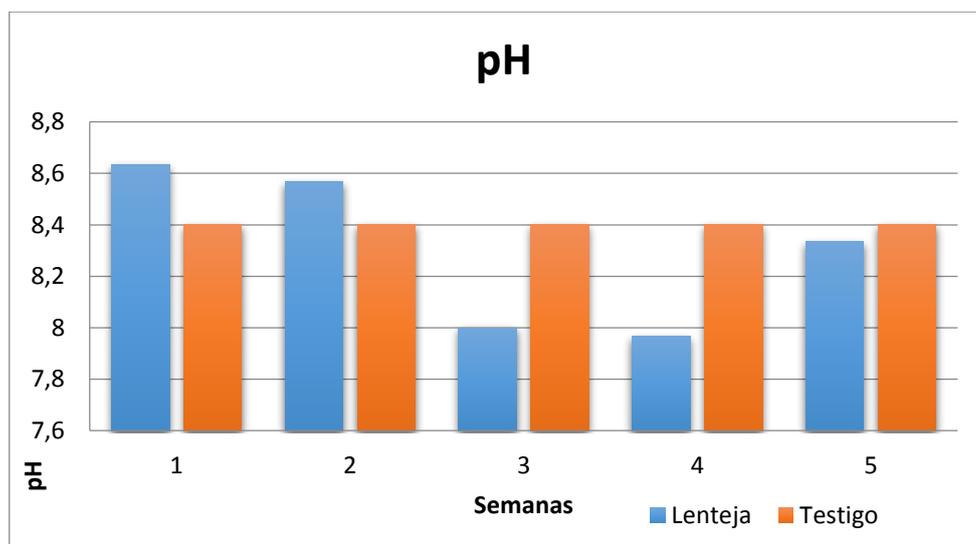
Elaborado por: **Calderón, María Dolores; 2015**

### Anexo C7.- Gráfica resumen de Dureza, Lenteja vs Testigo



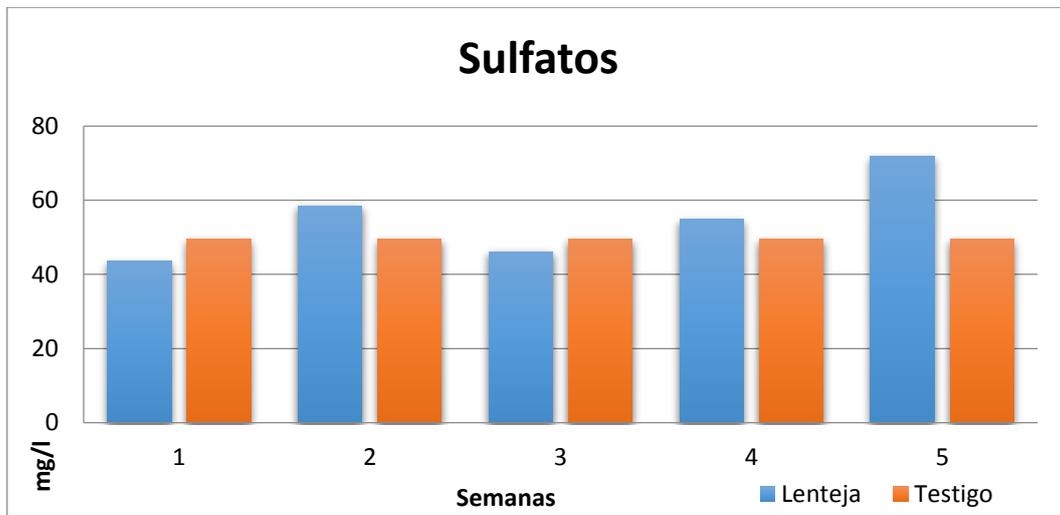
Elaborado por: **Calderón, María Dolores; 2015**

### Anexo C8.- Gráfica resumen de pH, Lenteja vs Testigo



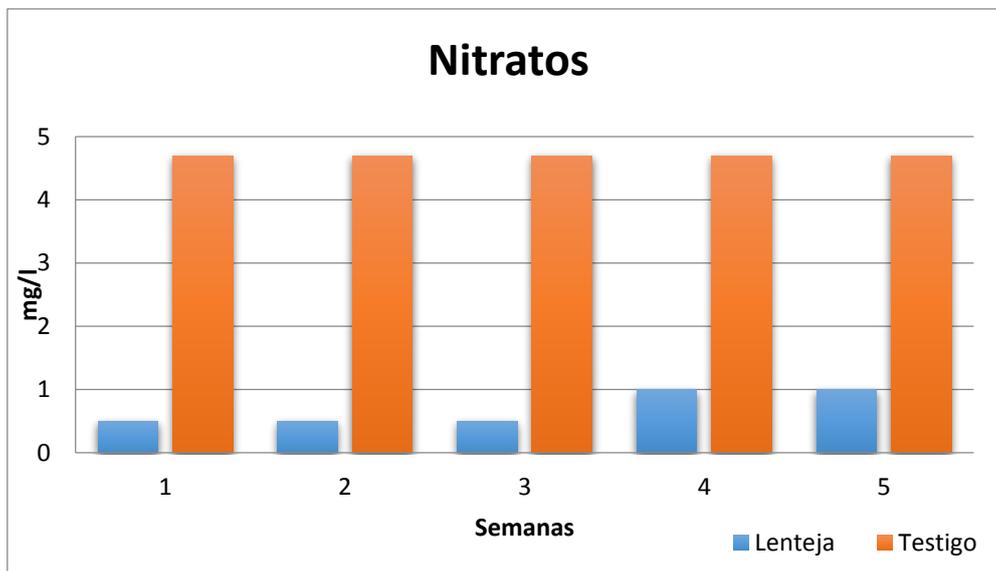
Elaborado por: **Calderón, María Dolores; 2015**

**Anexo C9.- Gráfica resumen de Sulfatos, Lenteja vs Testigo**



Elaborado por: **Calderón, María Dolores; 2015**

**Anexo C10.- Gráfica resumen de Nitratos, Lenteja vs Testigo**



Elaborado por: **Calderón, María Dolores; 2015**

# **ANEXO D**

## **Análisis económico de las metodologías implementadas**

### Anexo D1.- Análisis de costos en la implementación de Lechuguín

Ítem	Cantidad	Costo (dólares)
Planta Acuática	215.28 gramos de Lechuguín	0
Tinas Plásticas	10 de capacidad de 100 lt	120
Envases de recolección de muestras	50 botellas de 1 lt	19
Mano de obra	2 operadores	700
Servicios básicos	agua proveniente de río	0
Trasporte	Para traslado de las muestras (gasolina y peaje) por viaje	10
Análisis físico químico	CESAQ-PUCE, por cada 10 muestras	350
TOTAL		1199

## Anexo D2.- Análisis de costos en la implementación de Lenteja de agua

Ítem	Cantidad o actividad	Costo (dólares)
Planta Acuática	340 gramos de lenteja de agua	12
Tinas Plásticas	10 de capacidad de 100 lt	120
Envases de recolección de muestras	50 botellas de 1 lt	19
Mano de obra	2 operadores	700
Servicios básicos	agua proveniente de río	0
Trasporte	Para traslado de las muestras (gasolina y peaje) por viaje	10
Análisis físico químico	CESAQ-PUCE, por cada 10 muestras	350
Mantenimiento	Separación de plantas secas (1 operador)	350
Equipos	Cernidores, fundas	100
Reemplazo	Adición de plantas	12
TOTAL		1673

# **ANEXO E**

## **Fotografías**

**Anexo E1.- Vertiente proveniente de Rio Blanco**



**Anexo E2.- Reservorio de agua de la empresa Flores del Cotopaxi S.A.**



**Anexo E3.- Lechuguín antes de estar en tratamiento, observación 1 (8-11-2014).**



**Anexo E4.- Lechuguín antes de estar en tratamiento, observación 2 (8-11-2014).**



**Anexo E5.- Lechuguín antes de estar en tratamiento, observación 3 (8-11-2014).**



**Anexo E6.- Lechuguín durante el tratamiento, observación 1 (13-12-2014).**



**Anexo E7.- Lechuguín durante el tratamiento, observación 2 (13-12-2014).**



**Anexo E8.- Lechuguín durante el tratamiento, observación 3 (13-12-2014).**



**Anexo E9.- Lechuguín después de estar en tratamiento, observación 1 (17-01-2015)**



**Anexo E10.- Lechuguín después de estar en tratamiento, observación 2  
(17-01-2015)**



**Anexo E11.- Lechuguín después de estar en tratamiento, observación 3  
(17-01-2015)**



**Anexo E12.- Lenteja de agua antes de estar en tratamiento, observación 1  
(8-11-2014)**



**Anexo E13.- Lenteja de agua antes de estar en tratamiento, observación 2 (8-11-2014)**



**Anexo E14.- Lenteja de agua antes de estar en tratamiento, observación 3 (8-11-2014)**



**Anexo E15.- Lenteja de agua durante el tratamiento, observación 1 (13-12-2014).**



**Anexo E16.- Lenteja de agua durante el tratamiento, observación 2 (13-12-2014).**



**Anexo E17.- Lenteja de agua durante el tratamiento, observación 3 (13-12-2014).**



**Anexo E18.- Lenteja de agua después de estar en tratamiento, observación 1 (17-01-2015)**



**Anexo E19.- Lenteja de agua después de estar en tratamiento, observación 2 (17-01-2015)**



**Anexo E20.- Lenteja de agua después de estar en tratamiento, observación 3 (17-01-2015)**



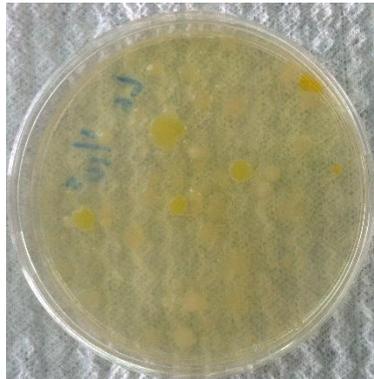
**Anexo E21.- Diluciones principales de lenteja de agua**



## Anexo E22- Diluciones principales de lechuguín



## Anexo E23- Dilución $10^{-5}$ de Lechuguín (foto más sobresaliente y clara)



## Anexo E24- Dilución $10^{-5}$ de Lenteja de agua (foto más sobresaliente y clara)



# **ANEXO F**

**Normas de calidad de  
aguas para uso agrícola  
en riego según el  
acuerdo ministerial No.  
028.; Libro VI**

## Anexo F1.- Criterios de calidad de aguas para uso agrícola en riego

PARÁMETRO	EXPRESADO COMO	UNIDAD	CRITERIO DE CALIDAD
Aluminio	Al	mg/l	5,0
Arsénico	As	mg/l	0,1
Berilio	Be	mg/l	0,1
Boro	B	mg/l	0,75
Cadmio	Cd	mg/l	0,05
Cinc	Zn	mg/l	2,0
Cobalto	Co	mg/l *	0,01
Cobré	Cu	mg/l	0,2
Cromo	Cr*	mg/l	0,1
Flúor	F	mg/l	1,0
Hierro	Fe	mg/l	5,0
Litio	Li	mg/l	2,5
Mercurio	Hg	mg/l	0,001
Manganeso	Mn	mg/l	0,2
Molibdénio	Mo	mg/l	0,01
Níquel	Ni	mg/l	0,2
PH	pH		6-9
Plomó	Pb	mg/l	5,0
Selenio	Se	mg/l	0,02
Vanadio	V	mg/l	0,1
Coliformes fecales	NMP	NMP/100ml	1000
Huevos de parásitos			Ausencia
Aceites y grasas	Película/Visible		Ausencia
Materia flotante	Visible		Ausencia

## Anexo F2.- Parámetros de los niveles de la calidad de agua para riego

PROBLEMA POTENCIAL	UNIDADES	GRADO DE RESTRICCIÓN *		
		Ninguno	Ugero-Moderado	Severo
Salinidad; (1)				
CE (2)	mitimhos/cm	0,7	450-2000	>3,0
SDT(3)	mg/l	450		>2000
Infiltración: (4)			0,7-0,2	<6,2
RAS=0-3yCE=^			1,2-0,3	<Q,3
RAS=3-6yCE=		1,9	1,9-0,5	<0,5
RAS=6-12yCE=		279	2,9-1,3	
RAS=12-20yCE=		5,0	5,0-2,9	<2,9
RAS=20-40YCE=				
Toxicidad por iones específicos (5) Sodio:				
Irrigación superficial RAS (6)	meq/l	3,0	3,0-9,0	>9
Aspersión	meq/l	3,0	3,0	
Cloruros; Irrigaciónsuperfíciai Aspersión	meq/t	4,0	4,0-10,0	>10
	meq/l	3,0 ~	3,0	
Boror	mg/l	0,7	0,7-3,0	>3
Efectos misceláneos (7)				
Nitrógeno (N-NQ3-)		5,0	5,0-30,0	>30
Bicarbonato (HCO3-) Solo aspersion	mg/l	1,5	1,5-8,5	>8,5
pH	Rango normal		6,5-8,4	

\* Es el grado de limitación, que indica el rango de factibilidad para el uso del agua en riego

- (1) Afecta a la disponibilidad de agua para los cultivos
- (2) CE = Conductividad eléctrica del agua de regadío (1milimhos/cm=1000micromhos/cm)
- (3) SDT = Sólidos disueltos totales
- (4) Afecta a la tasa de infiltración del agua en el suelo
- (5) Afecta a la sensibilidad de los cultivos
- (6) RAS, relación de absorción de sodio ajustada
- (7) Afecta a los cultivos susceptibles