



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN,  
INNOVACIÓN Y TRANSFERENCIA DE  
TECNOLOGÍA**

**CENTRO DE POSGRADOS**

**MAESTRÍA EN SISTEMAS DE GESTIÓN AMBIENTAL**

**TRABAJO DE TITULACIÓN, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO  
DE MAGISTER EN SISTEMAS DE GESTION AMBIENTAL.**

**DESARROLLO DE UN PLAN PILOTO PARA LA EVALUACIÓN Y  
COMPARACIÓN DEL CRECIMIENTO INICIAL DE DOS ESPECIES  
FORESTALES NATIVAS (*CEDRELA MONTANA*, *TECOMA STANS*) Y  
DOS AGRÍCOLAS (*LACTUCA SATIVA*, *DAUCUS CAROTA*) REGADAS  
CON AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA TRATADA CON LODOS  
ACTIVADOS EN EL CANTÓN RUMIÑAHUI, PROVINCIA DE PICHINCHA**

**AUTOR: DÍAZ GÓMEZ, PAOLA GRIMANESA**

**DIRECTOR: Ing. PACHACAMA MÉNDEZ, RICARDO FERNANDO Mg.**

**SANGOLQUÍ**

**2018**



VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN, INNOVACIÓN Y  
TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA  
CENTRO DE POSGRADOS

**CERTIFICACIÓN**

Certifico que el trabajo de titulación, ***“DESARROLLO DE UN PLAN PILOTO PARA LA EVALUACIÓN Y COMPARACIÓN DEL CRECIMIENTO INICIAL DE DOS ESPECIES FORESTALES NATIVAS (CEDRELA MONTANA, TECOMA STANS) Y DOS AGRÍCOLAS (LACTUCA SATIVA, DAUCUS CAROTA) REGADAS CON AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA TRATADA CON LODOS ACTIVADOS EN EL CANTÓN RUMIÑAHUI, PROVINCIA DE PICHINCHA”*** fue realizado por la señorita ***Díaz Gómez, Paola Grimanesa*** el mismo que ha sido revisado en su totalidad, analizado por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Sangolquí, junio del 2018

Ing. Ricardo Fernando Pachacama Méndez, Mg

C.C.: 1712961323



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN, INNOVACIÓN Y  
TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA  
CENTRO DE POSGRADOS

**AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD**

Yo, **Díaz Gómez, Paola Grimanesa**, con cédula de ciudadanía n° 1716193667, declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: ***Desarrollo de un plan piloto para la evaluación y comparación del crecimiento inicial de dos especies forestales nativas (Cedrela montana, Tecomma stans) y dos agrícolas (Lactuca sativa, Daucus carota) regadas con agua residual doméstica tratada con lodos activados en el cantón Rumiñahui, provincia de Pichincha*** es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Consecuentemente el contenido de la investigación mencionada es veraz.

Sangolquí, junio de 2018

**Ing. Paola Grimanesa Díaz Gómez**

**C.C.: 1716193667**



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN, INNOVACIÓN  
Y TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA  
CENTRO DE POSGRADOS**

**AUTORIZACIÓN**

Yo, **Díaz Gómez, Paola Grimanese**, con C.C. n°1716193667 autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación **Desarrollo de un plan piloto para la evaluación y comparación del crecimiento inicial de dos especies forestales nativas (*Cedrela montana*, *Tecoma stans*) y dos agrícolas (*Lactuca sativa*, *Daucus carota*) regadas con agua residual doméstica tratada con lodos activados en el cantón Rumiñahui, provincia de Pichincha** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Sangolquí, junio de 2018

Una firma manuscrita en tinta azul que parece ser 'Paola Grimanese'.

**Ing. Paola Grimanese Díaz Gómez**

**C.C.: 1716193667**

## DEDICATORIA

Dedico este esfuerzo con mucho cariño y amor a Dios, nuestro padre, por brindarme la oportunidad y la dicha de tener salud, una familia increíble y maravillosa y por servirme de sabiduría e iluminación para la elaboración de esta investigación.

A mis padres, por ser el motivo de mi existencia y un apoyo incondicional. A mis hermanos, sobrinos y familia por acompañarme a lo largo del camino con sus ocurrencias y alegrías, dándome consejos y orientándome en todo momento.

A mi enamorado Damián, por ser un compañero y un hombre extraordinario que con su apoyo y compañía he logrado culminar esta nueva meta profesional.

A todos mis amigos por su amistad, afecto y palabras de aliento para la culminación de mi tesis.

***Paola Grimanesa Díaz Gómez***

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios, por brindarme salud y sabiduría, guiar mis pasos por el camino del bien, protegerme con su divina misericordia para vencer las dificultades y hacer realidad todos mis sueños, porque a través de la fe me ayuda cada día a superar todos los obstáculos que se me han presentado durante todo el transcurso de mi vida.

A mis padres, Gonzalo y Esthela, por el amor que me depositan cada día, por el apoyo incondicional, por su lucha constante para darme todo cuanto pueden, por la confianza depositada en mí, ya que a través de sus consejos supieron formarme e indicarme el camino para poder alcanzar mis objetivos y llegar a ser una excelente profesional con principios y valores inculcados desde pequeña, logrando vencer todas las adversidades que se me han presentado en el diario vivir con responsabilidad, rectitud, tenacidad y solidaridad.

A mis hermanas: Andrea, Verónica, Belén; hermanos: Christian, Johan; sobrinas: Anandita, Karlita y sobrino Huguito, por extenderme su mano amiga y ayudarme cuando más los necesité en la ejecución de la fase de campo, gracias por facilitarme las cosas, ustedes me motivan a superarme cada día para llegar a ser su ejemplo.

A mi enamorado Damián quien ha traído a mi vida mucha felicidad y me ha permitido ver la vida de una forma más tranquila, espontánea y positiva, gracias por sus consejos llenos de cariño y sinceridad, gracias por su preocupación, apoyo incondicional, ayuda y compañía en la realización y ejecución de esta investigación.

A mi familia Díaz Gómez, por estar pendiente de mí, por su gracia, simpatía y ocurrencias, por aconsejarme y creer en los resultados de mi investigación, quienes fueron protagonistas de la cosecha y consumo del producto final, ayudándome así en la consecución de este objetivo.

A la ESPE, al Consejo de Posgrados; por su oportuna gestión y toma de decisión apegada a la norma y en beneficio de los derechos estudiantiles, a la Unidad de Gestión de Posgrados, su personal Docente y Administrativo, por los excelentes conocimientos impartidos y por su valiosa colaboración en la consecución de esta maestría.

Agradezco de manera especial la valiosa colaboración y acertadas recomendaciones del Ing. Ricardo Pachacama Mg, Director de tesis, quien aprobó y fue pieza fundamental para concebir y concretar la realización del presente trabajo, así como también al Ing. Wilson Jácome, quien en calidad de Oponente de tesis, aportó su conocimiento y experiencia en la revisión, validación y aprobación final de esta investigación.

Y a todas las personas que me han sabido brindar instrucciones esenciales para entender que el conocimiento es el arma más poderosa que posee el ser humano para cambiar el mundo y quienes lo integran.

***Paola Grimanesa Díaz Gómez***

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

CERTIFICACIÓN.....	i
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD .....	ii
AUTORIZACIÓN .....	iii
DEDICATORIA .....	iv
AGRADECIMIENTO .....	v
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	vii
INDICE DE TABLAS.....	xi
INDICE DE FIGURAS .....	xiii
GLOSARIO DE ABREVIATURAS .....	xvi
RESUMEN.....	xvii
ABSTRACT .....	xviii
CAPÍTULO I	
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	
1.1 Antecedentes .....	1
1.2 Planteamiento del Problema .....	2
1.3 Justificación e importancia .....	3
1.4 Hipótesis .....	5
1.5 Interrogantes de la Investigación .....	5
1.6 Objetivos de la Investigación .....	6
1.6.1 Objetivo General .....	6
1.6.2 Objetivos Específicos.....	6
1.7 Factibilidad y Accesibilidad a la información .....	7
CAPÍTULO II	
MARCO TEÓRICO	

2.1 Marco Institucional.....	8
2.2 Marco Legal.....	8
2.3 Marco Ético.....	14
2.4 Datos generales del proyecto .....	14
2.4.1 Antecedentes .....	14
2.4.2 Ubicación geográfica y accesibilidad .....	15
2.4.3 Componente Biofísicos del cantón Rumiñahui.....	18
2.4.3.1 Relieve .....	18
2.4.3.2 Geología .....	18
2.4.3.3 Suelo.....	19
2.4.3.4 Clima.....	20
2.4.3.5 Causas de la degradación de los recursos naturales y de producción .....	21
2.4.3.6 Recurso hídrico.....	22
2.4.3.7 Uso del agua.....	22
2.4.3.8 Recurso aire .....	24
2.5 Características de las especies investigadas.....	25
2.5.1 Especies forestales .....	25
2.5.1.1 Cholán ( <i>Tecoma Stans</i> ).....	25
2.5.1.2 Cedro ( <i>Cedrela Montana</i> ) .....	28
2.5.2 Especies agrícolas .....	31
2.5.2.1 Lechuga ( <i>Lactuca sativa</i> ).....	31
2.5.2.2 Zanahoria ( <i>Daucus carota</i> ) .....	37
2.5.3 Parámetros fisicoquímicos del suelo .....	43
2.6 Reutilización del agua en la agricultura.....	46
2.6.1 Agua regenerada para uso agrícola .....	48
2.7 Sistemas de tratamiento de aguas residuales .....	49
2.7.1 Lodos activados .....	50

2.7.1.1 Fórmulas consideradas para la implementación del sistema de tratamiento de lodos activados.....	52
2.7.2 Parámetros fisicoquímicos del agua .....	54
2.8 Viveros forestales y agrícolas .....	58
2.9 Restauración Ecológica. ....	59
2.9.1 Sistemas agrosilvopastoriles.....	61
2.10 Propuesta.....	62

### CAPÍTULO III

#### MATERIALES Y MÉTODOS DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Materiales .....	66
3.1.1 Materiales, equipos e insumos para el Tratamiento de Aguas Residuales .....	66
3.1.2 Materiales para la construcción de dos viveros de 15 m <sup>2</sup> .....	67
3.1.3 Materiales, equipos e insumos para la siembra y riego de las especies agrícolas y forestales.....	68
3.2 Métodos .....	70
3.2.1 Metodología para la implementación del sistema de tratamiento .....	70
3.2.2 Metodología de muestreo para el agua residual doméstica y agua tratada.....	73
3.2.3 Metodología del diseño y adecuación del invernadero y semilleros .....	75
3.2.4 Metodología del muestreo de suelo.....	80
3.2.5 Metodología para el diseño experimental de la siembra de las especies forestales y agrícolas.....	82
3.2.6 Siembra de las especies forestales y agrícolas. ....	85
3.2.7 Metodología del riego .....	87
3.2.8 Adaptación de las plantas en los viveros.....	89
3.2.9 Medición de la especies forestales y agrícolas.....	90

### CAPÍTULO IV

#### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Resultados del monitoreo del agua .....	94
---	----

4.1.1 Parámetros del agua residual previo a la implementación del sistema de tratamiento.....	94
4.1.2 Parámetros del agua residual tratada previo y durante el riego .....	95
4.2.1 Parámetros del suelo previo y durante el riego .....	97
4.3 Resultados de la medición de las especies agroforestales.....	99
4.3.1 Resultados de la medición de las Especies Agrícolas .....	99
4.3.2 Resultados de la medición de las Especies Forestales .....	107
4.4 Discusión .....	115
4.4.1 Especies Agrícolas.....	116
4.4.2 Especies Forestales.....	119
4.4.3 Testigos .....	122
<b>CAPÍTULO V</b>	
<b>PROPUESTA A MAYOR ESCALA EN BASE A LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN ESTA INVESTIGACIÓN.</b>	
5.1 Evaluación económica de la propuesta .....	126
5.1.1 Beneficios .....	129
5.1.2 Costos .....	132
5.3 Propuesta técnica para la implementación de un proyecto a mayor escala .....	133
<b>CAPITULO VI</b>	
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.</b>	
6.1 Conclusiones .....	142
6.2 Recomendaciones.....	144
Bibliografía.....	146

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> <i>Legislación aplicable en el Ecuador</i> .....	9
<b>Tabla 2</b> <i>Uso y superficie de cobertura vegetal en el cantón Rumiñahui</i> .....	20
<b>Tabla 3</b> <i>Factores Climáticos del Cantón Rumiñahui</i> .....	21
<b>Tabla 4</b> <i>Degradación Recursos Naturales en el cantón Rumiñahui</i> .....	21
<b>Tabla 5</b> <i>División Hidrográfica del Cantón Rumiñahui</i> .....	22
<b>Tabla 6</b> <i>Fuentes fijas de combustión de las empresas del cantón Rumiñahui</i> .....	24
<b>Tabla 7</b> <i>Características del Tecoma Stans</i> .....	25
<b>Tabla 8</b> <i>Características del Cedrela Montana</i> .....	28
<b>Tabla 9</b> <i>Características de la Lactuca sativa</i> .....	31
<b>Tabla 10</b> <i>Principales Plagas que afecta a la Lechuga</i> .....	35
<b>Tabla 11</b> <i>Características de la Daucus carota</i> .....	37
<b>Tabla 12</b> <i>Principales Plagas de Daucus carota</i> .....	41
<b>Tabla 13</b> <i>Parámetros Físico – Químicos de análisis de suelo previo a la siembra de las especies seleccionadas</i> .....	45
<b>Tabla 14</b> <i>Límites permisibles del suelo</i> .....	45
<b>Tabla 15</b> <i>Cultivos agrícolas que utilizan aguas residuales municipales sin tratar o tratadas parcialmente</i> .....	49
<b>Tabla 16</b> <i>Índice de sedimentabilidad del lodo activado</i> .....	53
<b>Tabla 17</b> <i>Parámetros técnicos de análisis del agua residual previo a la implementación del tratamiento de lodos activados.</i> .....	57
<b>Tabla 18</b> <i>Parámetros Físico - Químicos de calidad para el análisis de agua tratada previo al riego y durante el crecimiento de las plantas agroforestales</i> .....	57
<b>Tabla 19</b> <i>Límites permisibles del agua previo al riego y durante el crecimiento de las plantas agroforestales</i> .....	58

<b>Tabla 20</b> <i>Cuadro resumen de los datos iniciales para el tratamiento de lodos activados .....</i>	71
<b>Tabla 21</b> <i>Frecuencia de riego para cada especie durante el desarrollo y crecimiento ..</i>	87
<b>Tabla 22</b> <i>Resultados del análisis físico químico del agua residual sin tratamiento .....</i>	94
<b>Tabla 23</b> <i>Resultados del análisis físico químico del agua residual tratada previo al riego.....</i>	95
<b>Tabla 24</b> <i>Resultados del análisis físico químico del agua residual tratada durante el riego.....</i>	96
<b>Tabla 25</b> <i>Resultados del análisis físico químico del suelo previo a la siembra de las especies forestales y agrícolas.....</i>	97
<b>Tabla 26</b> <i>Clasificación de los suelos en base a su CEE y el efecto general sobre los cultivos.....</i>	98
<b>Tabla 27</b> <i>Resultados del análisis físico químico del suelo durante el crecimiento de las especies forestales y agrícolas .....</i>	99
<b>Tabla 28</b> <i>Promedio de la medición de las variables en las 36 unidades experimentales de la lechuga .....</i>	100
<b>Tabla 29</b> <i>Promedio de la medición de las variables en las 36 unidades experimentales de la zanahoria .....</i>	103
<b>Tabla 30</b> <i>Promedio de la medición de las variables en las 36 unidades experimentales del cedro.....</i>	107
<b>Tabla 31</b> <i>Promedio de la medición de las variables en las 36 unidades experimentales del cholán .....</i>	111
<b>Tabla 32</b> <i>Análisis ANOVA con el método de TUKEY en el cultivo de lechuga.....</i>	117
<b>Tabla 33</b> <i>Análisis ANOVA con el método de TUKEY en el cultivo de zanahoria.....</i>	118
<b>Tabla 34</b> <i>Análisis ANOVA con el método de TUKEY en el cultivo de cedro .....</i>	120
<b>Tabla 35</b> <i>Análisis ANOVA con el método de TUKEY en el cultivo de cholán.....</i>	121
<b>Tabla 36</b> <i>Ficha 1 .....</i>	134

<b>Tabla 37 Ficha 2</b> .....	136
<b>Tabla 38 Ficha 3</b> .....	138
<b>Tabla 39 Ficha 4</b> .....	140

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Marco Institucional.....	8
<b>Figura 2</b> Ubicación geográfica del Plan Piloto .....	17
<b>Figura 3</b> Desarrollo Sostenible.....	47
<b>Figura 4</b> Sistema de Tratamiento por Lodos Activados .....	51
<b>Figura 5</b> Materiales utilizados en la investigación.....	69
<b>Figura 6</b> Implementación del Sistema de Tratamiento de Lodos Activados .....	71
<b>Figura 7</b> Crecimiento del lecho bacteriológico a los 25 días de implementado el sistema tratamiento de lodos activados.....	72
<b>Figura 8</b> Proceso para la implementación del Sistema de Tratamiento de Lodos Activados .....	73
<b>Figura 9</b> Preparación de muestras previas al tratamiento .....	74
<b>Figura 10</b> Preparación de muestras previo al riego .....	74
<b>Figura 11</b> Muestreo del agua residual tratada durante el riego.....	75
<b>Figura 12</b> Esquema del Diseño de los Viveros .....	76
<b>Figura 13</b> Construcción de los viveros.....	77
<b>Figura 14</b> Esquema del diseño del semillero. ....	78
<b>Figura 15</b> Preparación de los semilleros.....	79
<b>Figura 16</b> Adecuación de los semilleros .....	80
<b>Figura 17</b> Muestreo de suelo previo a la cosecha de las especies agrícolas y forestales .....	81

<b>Figura 18</b> Muestreo de suelo durante el crecimiento y riego de las especies forestales y agrícolas .....	81
<b>Figura 19</b> Control de malezas en las camas.....	84
<b>Figura 20</b> Plantas medicinales sembradas en el perímetro externo de los viveros .....	84
<b>Figura 21</b> Adecuación de los controles o testigos.....	85
<b>Figura 22</b> Control y verificación de las semillas .....	85
<b>Figura 23</b> Distribución de los surcos.....	86
<b>Figura 24</b> Siembra de las semillas.....	86
<b>Figura 25</b> Riego durante la siembra y crecimiento de las plantas forestales .....	88
<b>Figura 26</b> Riego durante la germinación y repique de las plantas agrícolas.....	88
<b>Figura 27</b> Inventario de Especies Forestales.....	89
<b>Figura 28</b> Inventario de Especies Agrícolas.....	89
<b>Figura 29</b> Medición de Altura de la Planta .....	91
<b>Figura 30</b> Medición del Diámetro del tallo.....	91
<b>Figura 31</b> Conteo de número de hojas .....	92
<b>Figura 32</b> Comparación promedio de las variables en las 36 unidades experimentales de la lechuga .....	101
<b>Figura 33</b> Desarrollo Fenológico de la Lechuga <i>Lactuca sativa</i> .....	102
<b>Figura 34</b> Comparación promedio de las variables en las 36 unidades experimentales de la zanahoria .....	104
<b>Figura 35</b> Desarrollo Fenológico de la Zanahoria <i>Daucus carota</i> .....	106
<b>Figura 36</b> Comparación promedio de las variables en las 36 unidades experimentales del cedro.....	108
<b>Figura 37</b> Desarrollo Fenológico del cedro <i>Cedrela montana</i> .....	110

<b>Figura 38</b> Comparación promedio de las variables en las 36 unidades experimentales del cholán .....	112
<b>Figura 39</b> Desarrollo Fenológico del cholán <i>Tecoma stans</i> .....	114
<b>Figura 40</b> Crecimiento de la Lechuga a condiciones normales.....	123
<b>Figura 41</b> Crecimiento de la Zanahoria a condiciones normales .....	123
<b>Figura 42</b> Parcelas Testigo de Especies Forestales con alta incidencia de maleza ...	124
<b>Figura 43</b> Comparación del Índice de Supervivencia de las especies en vivero y parcelas testigos.....	125

## **GLOSARIO DE ABREVIATURAS**

**TULAS- MA:** Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria del Ministerio del Ambiente.

**EIA:** Estudio de Ingeniería Ambiental

**MAE:** Ministerio de Ambiente

**ONU:** Organización de las Naciones Unidas

**ODS:** Objetivos del Desarrollo Sostenible

**PNDBV:** Plan Nacional de Desarrollo del Buen Vivir.

**FAO:** Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación.

## RESUMEN

Esta investigación contiene la información necesaria para desarrollar un plan piloto que permita evaluar y comparar el crecimiento inicial de dos especies forestales nativas, durante un lapso de 5 meses, y dos especies agrícolas, durante su ciclo de cultivo, en etapa de vivero, regadas con agua residual doméstica tratada con lodos activados. El área utilizada para el ensayo fue de 15 m<sup>2</sup> para cada vivero, la distribución interna del invernadero fue de 9 camas con dimensiones de 0,60 x 1m, donde se sembraron 144 plantas por vivero, 72 por especie. El diseño experimental seleccionado fue aleatorio simple aplicando un riego con agua residual tratada con lodos activados para las 4 especies agroforestales, realizando un riego diario por especie en un lapso de 5 meses a fin de medir las variables: diámetro del tallo, número de hojas, altura de la planta y supervivencia. Una vez concluido el tiempo de crecimiento y desarrollo de las plantas se obtuvieron los siguientes porcentajes de supervivencia de las especies agrícolas en vivero: lechuga reportó un índice de 96%; zanahoria reportó un índice de supervivencia del 88%. Respecto a las especies forestales se evidenció que el cedro reportó un índice de supervivencia del 70%; finalmente, el cholán reportó una supervivencia del 97%. En tal virtud, los resultados obtenidos permiten desarrollar una propuesta a mayor escala utilizando la metodología implementada en esta investigación a fin de fortalecer y fomentar actividades sustentables, amigables con el medioambiente, socioeconómicamente rentables e incluyentes con los grupos más vulnerables del cantón Rumiñahui.

### **PALABRAS CLAVE:**

- **AGUA RESIDUAL**
- **TRATAMIENTO**
- **LODOS ACTIVADOS**
- **INVERNADERO**
- **ESPECIES AGROFORESTALES**

## **ABSTRACT**

This research contains the necessary information to develop a pilot plan that allows to evaluate and compare the initial growth of two native forest species, during a period of 5 months, and two agricultural species, during their cultivation cycle, in nursery stage, irrigated with domestic wastewater treated with activated sludge. The area used for the trial was 15 m<sup>2</sup> for each nursery, the internal distribution of the greenhouse was 9 beds with dimensions of 0.60 x 1m, where 144 plants per nursery were planted, 72 per species. The experimental design selected was simple randomized applying an irrigation with residual water treated with activated sludge for the 4 agroforestry species, performing a daily irrigation by species in a period of 5 months in order to measure the variables: diameter of the stem, number of leaves, height of the plant and survival. Once the time of growth and development of the plants was completed, the following percentages of survival of the agricultural species in the nursery were obtained: lettuce reported an index of 96%; carrot reported a survival rate of 88%. Regarding the forest species, it was evidenced that cedar reported a survival rate of 70%; finally, the cholán reported a survival of 97%. In such virtue, the results obtained allow developing a proposal on a larger scale using the methodology implemented in this research in order to strengthen and promote sustainable, environmentally friendly, socioeconomically profitable and inclusive activities with the most vulnerable groups of the Rumiñahui city.

### **KEYWORDS:**

- **RESIDUAL WATER**
- **TREATMENT**
- **ACTIVATED SLUDGE**
- **GREENHOUSE**
- **AGROFOREST SPECIES**

## CAPÍTULO I

### 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

#### 1.1 Antecedentes

Según el reporte del año 2000 de la FAO sobre el uso del recurso hídrico para el riego en el Ecuador, nuestro país es uno de los menos afectados por la deficiencia hídrica, sin embargo; este panorama ha variado debido al mal manejo del recurso. En muchas de las comunas y parroquias rurales del cantón Rumiñahui que requieren de agua para el riego agrícola; se ve la necesidad de extraerla de acuíferos a través de pozos. Otra alternativa, poco usada, es el uso potencial de las aguas residuales tratadas mediante filtros biológicos; donde la depuración del agua residual tratada permite obtener agua para riego cumpliendo los límites máximos permisibles establecidos en la normativa de riego agrícola. En el caso del cantón Rumiñahui el uso del agua residual tratada para riego de especies forestales y agrícolas es limitado y no se dispone de información bibliográfica y experimental que permita evaluar resultados de crecimiento y supervivencia, sin embargo, experiencias conocidas en Ecuador y México se realizaron en condiciones diferentes al lugar donde se ejecutó la presente investigación.

El aprovechamiento de las aguas residuales permite reducir el consumo de aguas subterráneas o superficiales limpias disminuyendo otros problemas como la salinización de los acuíferos o la escasez de agua para consumo humano.

La ubicación y topografía del cantón Rumiñahui es propicio para el desarrollo de la agricultura, motivo por el cual posibilita la siembra de cultivos de ciclo corto, anuales y perennes sembrados bajo invernadero y con un eficiente riego, sin embargo; el aprovechamiento a gran escala de las aguas residuales domésticas para el riego de plantaciones agrícolas y/o forestales es aun relativamente limitado; debido a que el tratamiento de aguas residuales, en general, se ha enfocado en la eliminación de los desechos, contaminantes y sedimentos más no en el reaprovechamiento sustentable del agua depurada para otros procesos productivos, agroindustriales y agro comunitarias, desde una visión más específica y local (Latorre, 2007). Finalmente cabe mencionar que la deforestación agresiva en el cantón Rumiñahui es uno de los principales causantes del déficit del agua de riego (Morales, 2009).

## **1.2 Planteamiento del Problema**

El mal aprovechamiento del recurso hídrico debido a la gran cantidad de aguas residuales generadas en los hogares por actividades de limpieza, alimentación y lavado de jaulas de animales domésticos requiere de un tratamiento adecuado para la posterior reutilización como alternativa de riego en especies forestales y agrícolas.

La técnica controlada de riego manual, con agua residual doméstica tratada, para diferentes etapas fenológicas de especies forestales nativas y agrícolas de una determinada zona, es una opción económica y sustentable para evaluar el comportamiento y la adaptación de las plantas seleccionadas.

El plan piloto desarrollado en la presente investigación se realizó en las siguientes etapas: implementación de sistema de tratamiento, construcción del invernadero y adecuación de los semilleros, siembra de las especies forestales y agrícolas, medición y toma de datos, interpretación de resultados y propuesta final con diferentes alternativas que permitirán replicar y aplicar a mayor escala, utilizando una metodología experimental analítica de campo.

### **1.3 Justificación e importancia**

El incremento de la población del cantón Rumiñahui ha conllevado el aumento del consumo de agua potable, que ha generado una mayor cantidad de aguas residuales, sin que sean reutilizadas previo a la descarga final. Por tanto, existe la necesidad de crear proyectos o programas sustentables que permitan un reaprovechamiento tecnificado para tratar este tipo de aguas, facilitando solucionar esta problemática, misma que infiere a ciertos factores relacionados con la salud pública, ambiental, beneficios económicos, sociales y estéticos. Estos proyectos unidos a la gran demanda de madera, ya sea para leña o construcción; cultivos de primera necesidad, a fin de, abastecer el mercado comercial y el consumo humano han hecho crecer el interés de riego utilizando agua residual tratada (Winpenny, 2013).

El tratamiento estandarizado que se le da a las aguas residuales no es apta para el consumo humano, pero es factible para el riego de especies forestales pudiendo ser usada en proyectos forestales y agrícolas (FAO, 2000).

Este proyecto se alinea con el objetivo N°6 del Plan Nacional del Buen Vivir que establece: “*Desarrollar las capacidades productivas y del entorno para lograr la soberanía alimentaria y el Buen Vivir Rural.*”; dado que el ineficiente uso de los recursos y la escasa tecnificación del agro requiere de propuestas emergentes para garantizar el desarrollo sustentable y la soberanía alimentaria (SENPLADES, 2017), además se alinea con el objetivo N°12 de los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la ONU el cual establece: “*Garantizar modalidades de consumo y producción sostenible*”; para fomentar el uso eficiente de los recursos que conlleven a una producción agroforestal de calidad, participativa en las zonas rurales que genere beneficios socio económicos (ONU, 2015).

La presente investigación utilizó aguas residuales domésticas tratadas con lodos activados provenientes del lavado de jaulas de animales domésticos para el riego de las especies nativas forestales y agrícolas en la etapa de vivero durante cinco meses. Los resultados obtenidos de esta se podrán replicar a mayor escala con la finalidad de ejecutar las siguientes alternativas:

- a. Reforestación lineal del parque Santa Clara con especies forestales nativas cultivadas en invernadero y regadas con agua residual domestica tratada.
- b. Adecuación de huertos familiares con especies agrícolas cultivadas en invernadero y regadas con agua residual domestica tratada.
- c. Adecuación de viveros comunitarios con especies forestales cultivadas en invernadero y regadas con agua residual domestica tratada.

- d. Comercialización sustentable de especies forestales y agrícolas en los mercados internos y externos al cantón Rumiñahui.

Estas alternativas facilitarán el aprovechamiento sustentable del agua residual doméstica generada en urbanizaciones, condominios y centros educativos del cantón; además de incentivar a grupos sociales y comunitarios a desarrollar proyectos amigables con el ambiente generando réditos económicos.

La propuesta final deberá tener un alcance claro, conciso y ajustado a una prefactibilidad de proyecto para su posterior estudio de factibilidad técnica y económica.

#### **1.4 Hipótesis**

El crecimiento y desarrollo de especies forestales y agrícolas regadas con agua residual doméstica tratada con lodos activados sembradas bajo invernadero, permitirá evaluar porcentajes de supervivencia, medir altura de la planta, diámetro del tallo y contabilizar el número de hojas a fin de obtener resultados favorables que permitan ser replicados a mayor escala.

#### **1.5 Interrogantes de la Investigación**

¿El uso de agua residual doméstica tratada con lodos activados, para riego, favorecerá el crecimiento inicial de las especies nativas forestales y agrícolas en el cantón Rumiñahui?

¿El diseño aleatorio simple permitirá disminuir el error experimental entre las variables, considerando parcelas o subparcelas de terreno homogéneas para medir el crecimiento inicial de las especies nativas forestales y agrícolas del cantón Rumiñahui?

¿Los resultados que se obtengan en la investigación permitirán replicar a gran escala la propuesta para el aprovechamiento sustentable de las especies forestales y agrícolas dentro del cantón Rumiñahui?

## **1.6 Objetivos de la Investigación**

### **1.6.1 Objetivo General**

- Desarrollar un plan piloto que permita evaluar y comparar el crecimiento inicial de dos especies forestales nativas, durante un lapso de 5 meses, y dos especies agrícolas, durante su ciclo de cultivo, en etapa de vivero, regadas con agua residual doméstica tratada con lodos activados.

### **1.6.2 Objetivos Específicos**

- Caracterizar los parámetros físico químicos del suelo y agua residual doméstica tratada con lodos activos.
- Establecer el porcentaje de supervivencia de las especies forestales nativas y agrícolas sembradas en vivero y regadas con agua residual doméstica tratada con lodos activados, tanto en los tratamientos como con los testigos.

- Determinar la eficiencia del crecimiento de las plantas de acuerdo con las variables de altura, diámetro del tallo y número de hojas para cada especie cultivada en vivero y regadas con agua residual doméstica tratada con lodos activados.
- Proponer alternativas sustentables, amigables con el medioambiente, de beneficio social y económico que permita replicar a mayor escala el crecimiento y desarrollo de especies agroforestales de acuerdo a la metodología aplicada.

### **1.7 Factibilidad y Accesibilidad a la información**

Debido a la necesidad de viabilizar alternativas de gestión ambiental para recuperar y conservar especies forestales nativas y optimizar el cultivo y uso de las especies agrícolas, tomando en cuenta prácticas de forestación, reforestación y producción de plantas a través del uso de agua residual doméstica tratada, permitirá determinar durante la fase de vivero, si el agua residual puede utilizarse como fuente alternativa de riego.

La obtención de los datos se realizó en la fase de semilleros, mientras que el procesamiento de la información obtenida será exclusivamente de gabinete, dando como resultado final un documento que permita evidenciar el crecimiento inicial de especies agrícolas y forestales regadas con agua residual doméstica tratada, tomando en cuenta las siguientes variables: diámetro del tallo, número de hojas, altura de la planta y porcentaje de supervivencia. El resultado de la investigación facilitará replicar una propuesta sustentable a mayor alcance.

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Marco Institucional

En la figura 1 se detallan las instituciones específicas que tienen relación directa con la aplicación de la propuesta que se presentará en el presente proyecto de titulación.



*Figura 1* Marco Institucional

#### 2.2 Marco Legal

En la tabla 1 se detalla los cuerpos normativos que regulan la actividad agroforestal en el Ecuador y que se aplican en la presente investigación.

**Tabla 1**  
*Legislación aplicable en el Ecuador*

CUERPO NORMATIVO	ARTÍCULOS
<p><b>CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR (2008)</b></p>	<p><b>Art. 395.-</b> La Constitución reconoce los siguientes principios ambientales: 1. El Estado garantizará un modelo sustentable de desarrollo, ambientalmente equilibrado y respetuoso de la diversidad cultural, que conserve la biodiversidad y la capacidad de regeneración natural de los ecosistemas, y asegure la satisfacción de las necesidades de las generaciones presentes y futuras.</p>
<p><b>OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE (ONU) 2015</b></p>	<p><b>Objetivos N° 12:</b> Garantizar modalidades de consumo y producción sostenible</p>
<p><b>CÓDIGO ORGÁNICO DE AMBIENTE COA (2018)</b></p>	<p><b>COMPETENCIAS DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE MAE</b></p> <p><b>Artículo 24.-</b> Atribuciones de la Autoridad Ambiental Nacional. La Autoridad Ambiental Nacional tendrá las siguientes atribuciones: 10. Delimitar dentro del Patrimonio Forestal Nacional las tierras de dominio público y privado y adjudicar a sus legítimos poseedores de acuerdo con la ley; 11. Realizar y mantener actualizado el inventario forestal nacional, la tasa de deforestación y el mapa de ecosistemas.</p> <p><b>Artículo 88.-</b> Ámbito. Se instituye el Régimen Forestal Nacional como un sistema destinado a promover la conservación, manejo, uso sostenible y fomento del Patrimonio Forestal Nacional, así como sus interacciones ecosistémicas, en un marco de amplia participación social y contribución eficaz al desarrollo sostenible, especialmente en el ámbito rural.</p> <p><b>Artículo 89.-</b> Patrimonio Forestal Nacional. La Autoridad Ambiental Nacional ejerce la rectoría, planificación, regulación, control y gestión del Patrimonio Forestal Nacional. El Patrimonio Forestal Nacional estará conformado por: 1. Los bosques naturales y tierras de aptitud forestal, incluyendo aquellas tierras que se mantienen bajo el dominio del Estado o que por cualquier título hayan ingresado al dominio público;</p>

CONTINÚA

**CÓDIGO ORGÁNICO DE AMBIENTE**  
**COA**  
**(2018)**

2. Las formas de vegetación no arbórea asociadas o no al bosque, como manglares, páramos, moretales y otros;
3. Bosques y Vegetación Protectores;
4. Los bosques intervenidos y secundarios; y,
5. Las tierras de restauración ecológica o protección

**Artículo 125.-** Potestad de monitoreo, control y seguimiento en el ámbito forestal.

Todas las acciones de monitoreo, control y seguimiento son actos de tutela del Patrimonio Forestal Nacional. Estas acciones incluirán el seguimiento de la degradación y deforestación, así como el monitoreo del inventario nacional forestal.

**Artículo 128.-** Control Forestal. El control forestal se realizará según las reglas establecidas por la Autoridad Ambiental Nacional y se efectuará sobre:

1. Las actividades que afecten al Patrimonio Forestal Nacional, en inobservancia a las disposiciones del Régimen Forestal Nacional;
2. El aprovechamiento y la movilización de productos forestales maderables y no maderables;
3. Las actividades que se realicen en las industrias, primarias, secundarias y comercialización de bienes y servicios forestales. Cuando se requiera el ingreso a las instalaciones para realizar las inspecciones, la fuerza pública tendrá la obligación de acompañar a la autoridad de control.

Como una de las estrategias de control se priorizarán sistemas de trazabilidad o cadenas de custodia, con el fin de validar la procedencia lícita de los productos forestales.

**COMPETENCIAS DEL MINISTERIO DEL  
 AGRICULTURA Y GANADERIA MAG**

**Artículo 97.-** Autoridad Nacional de Agricultura.

La Autoridad Nacional de Agricultura ejercerá la regulación, planificación, promoción, fomento y gestión de plantaciones forestales y sistemas agroforestales de producción y con fines comerciales.

**Artículo 98.-** Atribuciones. Con relación a la gestión de las plantaciones forestales de producción con fines comerciales, le corresponde a la Autoridad Nacional de Agricultura, en coordinación con la Autoridad Ambiental Nacional las siguientes atribuciones:

1. Elaborar y actualizar, conjuntamente con la Autoridad Ambiental Nacional y la Autoridad Única del Agua, el mapa para la zonificación de tierras para

<p><b>CÓDIGO ORGÁNICO DE AMBIENTE COA (2018)</b></p>	<p>la forestación y reforestación con fines comerciales, el cual contendrá un enfoque territorial;</p> <p>2. Elaborar, aprobar y ejecutar planes, programas, proyectos y estrategias de fomento para plantaciones forestales y sistemas agroforestales de producción;</p> <p>3. Administrar el registro de las plantaciones forestales y sistemas agroforestales de producción, el mismo que tiene carácter público y obligatorio. La información del registro y de las autorizaciones, se integrará al Sistema Único de Información Ambiental;</p> <p>4. Emitir autorizaciones para el aprovechamiento, circulación, importación y exportación de productos forestales maderables y no maderables provenientes de plantaciones forestales y de sistemas agroforestales productivos;</p> <p>5. Realizar el inventario forestal nacional de plantaciones forestales y de sistemas agroforestales de producción;</p> <p>6. El seguimiento de las actividades o proyectos de plantaciones forestales y los sistemas agroforestales de producción;</p> <p>10. Emitir lineamientos, en coordinación con la Autoridad Ambiental Nacional, respecto de la formación de viveros y huertos, así como la producción, comercialización, acopio y control de calidad de semillas de especies forestales para plantaciones con fines productivos. Para ello se promoverán los mecanismos de acreditación de procedencia y tratamiento de semillas forestales y cualquier otro tipo de material genético cuyo uso sea para este tipo de plantaciones.</p> <p><b>COMPETENCIAS DEL GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO DE RUMIÑAHUI</b></p> <p><b>Artículo 27.-</b> Facultades de los Gobiernos Autónomos Descentralizados Metropolitanos y Municipales en materia ambiental.</p> <p>En el marco de sus competencias ambientales exclusivas y concurrentes corresponde a los Gobiernos Autónomos Descentralizados Metropolitanos y Municipales las siguientes facultades, que ejercerán en las áreas rurales de su respectiva circunscripción territorial, en concordancia con las políticas y normas emitidas por la Autoridad Ambiental Nacional:</p> <p>2. Elaborar planes, programas y proyectos de incidencia provincial para la protección, manejo, restauración, fomento, investigación, industrialización y comercialización del recurso</p>
--	--

CONTINÚA

	<p>forestal y vida silvestre, así como para la forestación y reforestación con fines de conservación.</p> <p style="text-align: center;"><b>NORMATIVA IMPORTANTE</b></p> <p><b>Artículo 118.-</b> Restauración ecológica. En las actividades de restauración ecológica de suelos o ecosistemas se priorizará la regeneración natural cuando esta sea posible técnica, económica y socialmente.</p> <p>Los Gobiernos Autónomos Descentralizados, en el marco de sus competencias, darán atención prioritaria a los suelos degradados o en proceso de desertificación, bajo lineamientos de la Autoridad Ambiental Nacional.</p> <p><b>Artículo 124.-</b> De los Sistemas Agroforestales.</p> <p>Los sistemas agroforestales y los árboles de la regeneración natural orientarán sus actos de la siguiente forma:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Solo calificarán como sistemas agroforestales aquellas combinaciones de especies forestales y cultivos que cuenten con suficiente densidad de árboles, conforme con las normas técnicas de la materia;</li> <li>2. Para el aprovechamiento en sistemas agroforestales productivos o árboles de la regeneración natural no se requerirá de un plan de manejo. El aprovechamiento de los recursos forestales en estos sistemas estará sujeto a un procedimiento simplificado de autorización;</li> <li>3. La movilización de sus productos requerirá de guía de circulación al solo objeto de distinguirlos de los productos de bosques naturales y con fines de registro estadístico nacional;</li> <li>4. Los árboles o individuos del vuelo forestal, georreferenciados y valuados, podrán ser otorgados en garantía real de créditos y ser objeto de titularización; y,</li> <li>5. Tratándose de cortinas anti erosivas o rompe vientos, entendidas como sistemas de protección de cobertura, se promoverá el raleo o la entresaca de individuos en un grado que garantice la continuidad de sus funciones protectoras.</li> </ol>
	<p><b>Artículo 3. Deberes del Estado.-</b> Para el ejercicio de la soberanía alimentaria, además de las responsabilidades establecidas en el Art. 281 de la Constitución el Estado, deberá:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>a) Fomentar la producción sostenible y sustentable de alimentos, reorientando el modelo de desarrollo agroalimentario, que en el enfoque multisectorial de esta ley hace</li> </ol>

<p style="text-align: center;"><b>LEY ORGÁNICA DEL RÉGIMEN DE LA SOBERANÍA ALIMENTARIA (2009)</b></p>	<p>referencia a los recursos alimentarios provenientes de la agricultura, actividad pecuaria, pesca, acuicultura y de la recolección de productos de medios ecológicos naturales;</p> <p>b) Establecer incentivos a la utilización productiva de la tierra, desincentivos para la falta de aprovechamiento o acaparamiento de tierras productivas y otros mecanismos de redistribución de la tierra;</p> <p>c) Impulsar, en el marco de la economía social y solidaria, la asociación de los microempresarios, microempresa o micro, pequeños y medianos productores para su participación en mejores condiciones en el proceso de producción, almacenamiento, transformación, conservación y comercialización de alimentos;</p> <p>d) Incentivar el consumo de alimentos sanos, nutritivos de origen agroecológico y orgánico, evitando en lo posible la expansión del monocultivo y la utilización de cultivos agroalimentarios en la producción de biocombustibles, priorizando siempre el consumo alimenticio nacional;</p> <p>e) Adoptar políticas fiscales, tributarias, arancelarias y otras que protejan al sector agroalimentario nacional para evitar la dependencia en la provisión alimentaria;</p> <p>f) Promover la participación social y la deliberación pública en forma paritaria entre hombres y mujeres en la elaboración de leyes y en la formulación e implementación de políticas relativas a la soberanía alimentaria.</p>
<p style="text-align: center;"><b>TEXTO UNIFICADO DE LA LEGISLACIÓN SECUNDARIA DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE (Decreto Ejecutivo No.3516, R.O. Edición Especial No. 2 del 31 de marzo del 2003) actualizado mediante Acuerdo Ministerial No. 97-A publicado en el Registro Oficial No. 387 Edición Especial del miércoles 4 de noviembre de 2015.</b></p>	<p>Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes al recurso agua (Anexo 1, Libro VI de la Calidad Ambiental.</p> <p>Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes al recurso suelo (Anexo 2, Libro VI de la Calidad Ambiental.</p>
<p style="text-align: center;"><b>ORDENANZA 001-2014 DE ZONIFICACIÓN, USO Y OCUPACIÓN DEL SUELO EMITIDA POR EL GADMUR (2014)</b></p>	<p>Uso y ordenamiento territorial del cantón Rumifahui para reforestación en áreas verdes, parques y jardines.</p>

<p><b>PLAN NACIONAL DEL BUEN VIVIR</b></p> <p><b>PERIODO 2017-2021</b></p>	<p>Objetivo N° 6: Desarrollar las capacidades productivas y del entorno para lograr la soberanía alimentaria y el Buen Vivir Rural.</p>
--	---

## **2.3 Marco Ético**

La investigación realizada fue avalada con una metodología de investigación científica experimental y analítica que garantizó una óptima recolección, interpretación de datos y resultados; que permitieron proponer alternativas a mayor escala a fin de resolver la problemática ambiental relacionada con la escasa reutilización de aguas residuales domésticas, para fomentar un aprovechamiento sustentable del recurso hídrico para la siembra y desarrollo de especies agroforestales dentro de las comunidades cantón Rumiñahui.

## **2.4 Datos generales del proyecto**

### **2.4.1 Antecedentes**

El cantón Rumiñahui está atravesado por innumerables ríos, quebradas y diferentes efluentes los cuales se encuentran contaminados por aguas residuales domésticas e industriales; las aguas residuales son eliminadas de forma directa a los cuerpos de agua en este caso a los ríos circundantes al cantón, inclusive se evidencia que las aguas domésticas residuales son dispuestas sin ningún tratamiento previo (GADMUR , 2014).

De acuerdo con el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial 2014 – 2019 el Gobierno Autónomo Descentralizado del Municipio del Cantón Rumiñahui, indica que el

cantón desde el año 2012 ya dispone con dos Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales ubicadas en Rumiloma y Patagua que sirven para el saneamiento del agua potable, en tal virtud, se ve la necesidad de la implementación de una planta de tratamiento para la depuración de aguas residuales e industriales, efluentes que se disponen en los principales ríos, originados por las actividades económicas diarias del cantón (GADMUR , 2014).

El aprovechamiento y reutilización de aguas residuales domésticas depuradas en actividades agrícolas, forestales y agropecuarias no se realiza en este cantón; razón por la cual se requieren de iniciativas, proyectos, planes y propuestas sustentables encaminadas a brindar y buscar el cumplimiento de los objetivos del Plan Nacional de Desarrollo y los objetivos del Desarrollo Sostenible.

Para el caso, se evidencia que el uso de suelo en el cantón Rumiñahui, principalmente en las zonas urbano-rurales, es propicio para ejecutar actividades agroforestales con la reutilización de aguas residuales tratadas. El sector en donde se ejecutó la investigación se divide en residencial e industrial, existiendo también zonas agropecuarias.

#### **2.4.2 Ubicación geográfica y accesibilidad**

El Plan piloto se halla ubicado en el cantón Rumiñahui que cuenta con una extensión de aproximadamente 135,7 km<sup>2</sup>, a una altitud de 2.524 m.s.n.m. Se localiza al sureste de la provincia de Pichincha y colinda con los siguientes cantones:

Norte: Cantón Quito

Oeste: Cantón Quito

Este: Cantón Quito

Sur: Cantón Mejía.

Rumiñahui cuenta con tres parroquias urbanas: Sangolquí, San Pedro de Taboada y San Rafael; y dos rurales: Cotogchoa y Rumipampa.

La investigación se desarrolló en la parroquia de Sangolquí, Barrio San Nicolás. El acceso al proyecto es por vías de primer orden; la principal calle de ingreso es por la Av. General Enríquez hasta la intersección con la calle Darío Figueroa, tal como se muestra en la figura 2.

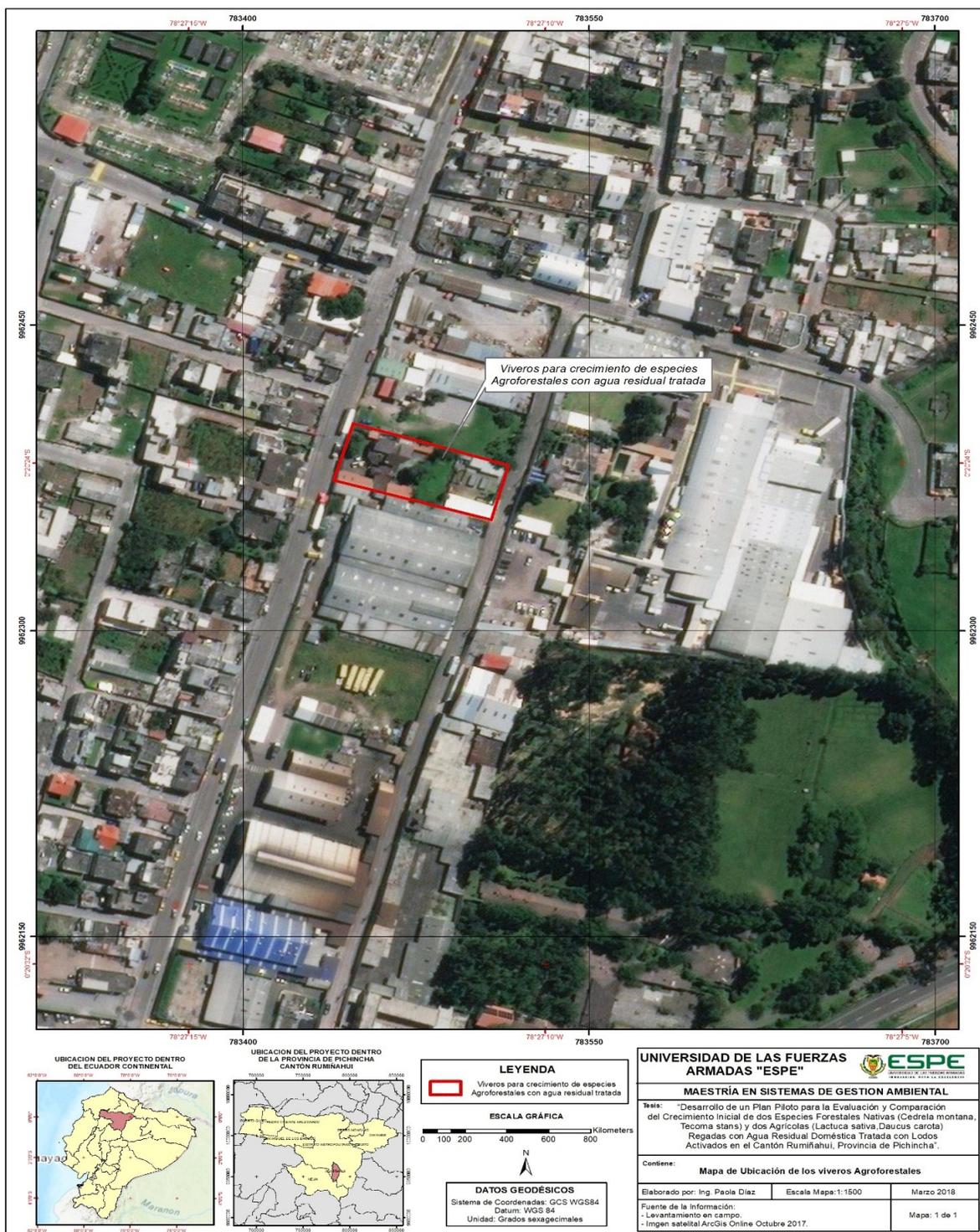


Figura 2 Ubicación geográfica del Plan Piloto

### **2.4.3 Componente Biofísicos del cantón Rumiñahui**

#### **2.4.3.1 Relieve**

En las partes altas del cantón Rumiñahui se presenta un relieve montañoso, mientras tanto que en las partes bajas se presenta una morfología constituida de niveles casi planos a ondulados y bisecados por los cauces de quebradas, riachuelos y ríos.

El cantón fue moldeado principalmente, por la acción volcánica denotando los flancos de los volcanes que los rodean, flujos de lava y relieves volcánicos geológicamente constituidos por rocas del tipo andesitas piroxénicas.

Posteriormente los procesos de erosión, deposicionales y acumulativos de materia fueron dando las diferentes formas de relieve como llanuras y superficies onduladas; mismos que previamente fueron llenados por flujos piroclásticos, flujo de ceniza y depósitos de lahar producto de las erupciones históricas de los volcanes Cotopaxi, Ilaló y Pasochoa (GADMUR , 2014).

#### **2.4.3.2 Geología**

El cantón Rumiñahui se encuentra dentro del basamento del graben por estar situado entre los volcanes Ilaló y Pasochoa. La composición geológica de la formación está establecida por: depósitos de lahar, depósitos aluviales, coluviales, sedimentos chiche y cangagua.

### 2.4.3.3 Suelo

El cantón Rumiñahui ocupa una superficie de alrededor de 13.576 hectáreas, de las cuales el 45,88 % corresponde a un tipo de suelo compuesto de áreas semiáridas a semihúmedas, localizado bajo una cobertura de pasturas, además del tipo de suelos negros de origen volcánico que típicamente se encuentran en zonas montañosas que corresponden a un 17,88 %.

La superficie restante 35,07 % corresponde a áreas urbanas, bosque protector y ríos dobles. Las tierras misceláneas con el 1,17 %, corresponden a sitios que no están caracterizadas como unidades de suelos o unidades taxonómicas particulares. (GADMUR , 2014)

El cantón cuenta con relieves que van desde muy bajos a altos de origen volcánico asociados a las formaciones Cangahua y Chiche, y Volcánicos Pasochoa y Sincholagua donde los suelos en su mayoría son francos y franco arenosos.

- **Uso y cobertura del suelo**

El uso y la cobertura del suelo del cantón Rumiñahui se puede especificar de acuerdo con las principales actividades productivas y la superficie que estas ocupan como se detalla en la tabla 2.

**Tabla 2***Uso y superficie de cobertura vegetal en el cantón Rumiñahui*

USO	SUPERFICIE (HA)	PORCENTAJE (%)
Pecuario	5.049,46	37,19
Antrópico	3.932,13	28,96
Conservación y protección	3.402,17	25,06
Protección o producción	945,54	6,96
Agropecuario mixto	183,35	1,35
Agrícola	47,86	0,35
Agua	15,53	0,11
<b>TOTAL</b>	<b>13.576,04</b>	<b>100,00</b>

Fuente: (GADMUR , 2014)

**2.4.3.4 Clima**

La ubicación geográfica del cantón Rumiñahui permite identificar tres tipos de climas: Ecuatorial frío húmedo con un 15% de incidencia superficial, Ecuatorial Mesotérmico Húmedo con un 75% de incidencia y finalmente el clima de Páramo con un 10% de incidencia territorial.

Razón por la cual el clima del Cantón Rumiñahui pertenece a una zona subtropical de tierras altas, la cual oscila desde los 16 a 23 °C durante el día y en las noches baja hasta los 8 °C, siendo julio y agosto los meses más calurosos. Por otro parte, la precipitación media anual es de aproximadamente 1000 mm que se detalla en la tabla 3, siendo los meses abril y octubre los de mayor precipitación, esto permite que la mayoría de las zonas del cantón sean fértiles y que en su mayoría el paisaje se conserve siempre verde (GADMUR , 2014).

**Tabla 3**  
*Factores Climáticos del Cantón Rumiñahui*

Áreas	Temp. (°C)	Precipitación (mm)	Humedad (%)	Vientos (dirección)	Nubosidad (cielo cubierto)	Heliofanía (horas sol)
Urbana (Sangolquí)	15,45	1.000	73,5	SE	5,4	171,6
Rural (Rumipamba, Cotogchoa)	11,6	1.421	81	SE	6	Sin dato

Fuente: (GADMUR , 2014)

#### 2.4.3.5 Causas de la degradación de los recursos naturales y de producción

Caracterizado el componente biofísico del cantón Rumiñahui, se pudo identificar las principales causas de la degradación de los recursos (flora, agua y aire) que afectan drásticamente el cuidado, mantenimiento y sostenibilidad de los mismos. Detallados en la tabla 4.

**Tabla 4**  
*Degradación Recursos Naturales en el cantón Rumiñahui*

Recurso	Nombre del recurso	Causa de la degradación
<b>Flora (especies nativas) y Producción (especies agrícolas)</b>	Ejemplo: Molle ( <i>Tecoma stans</i> ) Cedro ( <i>Cedrela montana</i> ) Lechuga ( <i>Lactuca sativa</i> ) Zanahoria ( <i>Daucus carota</i> )	Destrucción de la mayoría de los bosques naturales de la zona. Uso excesivo de agroquímicos.
<b>Agua</b>	Ejemplo: Río Santa Clara	Descargas líquidas a causa del sector industrial, de servicios y comercial. Inadecuado tratamiento de residuos sólidos. Nulo tratamiento y reutilización de efluentes residuales domésticos.
<b>Aire</b>		Generación de contaminantes al aire por smog, ruido y

CONTINUÍA

	Ejemplo: Sector urbano - industrial en la Av. Gral. Enríquez y Darío Figueroa.	fuentes fijas (quema de combustibles derivados del petróleo)
--	--	--

#### 2.4.3.6 Recurso hídrico

El cantón Rumiñahui se encuentra ubicado en la cuenca hidrográfica del río Esmeraldas, subcuenca del río Guayllabamba. Dentro del cantón se localizan las microcuencas de los ríos: Santa Clara, San Nicolás, El Salto, Capelo; y las quebradas: Suruhaycu, Santa Ana y otros drenajes menores. La superficie de las principales microcuencas de detallan en la tabla 5.

**Tabla 5**

*División Hidrográfica del Cantón Rumiñahui*

Microcuenca	Superficie (km <sup>2</sup> )
Río Santa Clara	49,32
Drenajes menores	30,28
Río San Nicolás	26,25
Río Pedregal	0,0003
Río Capelo	3,48
Río Salto	9,07
Quebrada Suruhaycu	16,90
Quebrada Santa Ana	0,23

Fuente: (GADMUR , 2014)

#### 2.4.3.7 Uso del agua

Según los datos de SENAGUA la mayor cantidad de concesionarios de agua en el cantón corresponden al riego de tierras productivas para un total de 5.080,34 hectáreas,

en contra parte los beneficiarios de agua para uso doméstico registran un volumen de 2559 l/s al día.

El cantón cuenta con 12 vertientes naturales y 6 pozos que producen 511,31 l/s, para consumo humano. La dotación de agua para consumo humano en el cantón registra un promedio de 120 a 160 l/hab/día. De acuerdo a la proyección de la población en el cantón Rumiñahui se necesitarán 786,56 l/s adicionales a los actualmente registrados, para una población de 131.900 habitantes para el año 2025; por otra parte, la responsabilidad del monitoreo de la calidad del agua recae en la Dirección de Protección Ambiental, para que realice la gestión ambiental idónea y oportuna de este recurso tan importante (GADMUR , 2014).

Rumiñahui es uno de los cantones con mayor cobertura del servicio de agua potable en el país. Actualmente alcanza al 96% del área del cantón. La población beneficiaria del sistema de alcantarillado es del 92%.

Se han establecido dos mecanismos de control para garantizar un líquido de buena calidad: uno por la Escuela Politécnica Nacional y, el segundo, por la Dirección de Protección Ambiental del Municipio, entidades que realizan monitoreos físico químicos periódicos para ratificar la calidad del agua potable que llega a cada uno de los hogares del cantón.

El valor por metro cúbico de agua es también uno de los más bajos del país: 0,26 centavos de dólar la tarifa residencial; 0,32 centavos de dólar la tarifa comercial y 0,54 centavos de dólar la tarifa industrial.

### 2.4.3.8 Recurso aire

Rumiñahui presenta sectores con alto flujo vehicular (fuentes móviles) donde la contaminación del aire por smog y ruido es evidente principalmente por las manchas de smog que se reflejan en las edificaciones; de acuerdo con la CORPAIRE para el 2010 en el Valle de los Chillos los principales contaminantes son PM10 y PM2.5 (GADMUR , 2014).

De acuerdo con el Plan Maestro Ambiental del GADMUR del año 2011, en lo que respecta a la emisión de ruido se han registrado 22 fuentes en el cantón las cuales alcanzan un cumplimiento del 77% con relación la norma ambiental de emisión vigente; en contraparte el 23% incumple la norma, estas fuentes fueron observadas y verificadas en sectores industriales para la fabricación de sustancias y productos químicos, de calzado y partes, medicamentos de uso humano, vidrio y demás productos derivados del vidrio. Las principales fuentes fijas se detallan en la Tabla 6.

**Tabla 6**

*Fuentes fijas de combustión de las empresas del cantón Rumiñahui*

Fuentes fijas de combustión	Número
Hornos	9
Generadores	39
Calderos	34
Compresores	7

Fuente: (GADMUR , 2014)

## 2.5 Características de las especies investigadas

### 2.5.1 Especies forestales

#### 2.5.1.1 Cholán (*Tecoma Stans*)

El cholán es una especie forestal nativa del cantón Rumiñahui, tiene la capacidad de producir materia orgánica, madera, leña y/o carbón vegetal. Adicionalmente, puede ser utilizada como planta medicinal contra la diabetes y enfermedades del sistema digestivo. Por tal motivo es importante describir las características de la planta para el óptimo crecimiento y desarrollo, tal como se detalla en la tabla 7.

**Tabla 7**

*Características del Tecoma Stans*

Característica	Descripción		
<b>Origen</b>	México, Centroamérica y toda la región Andina de Sudamérica		
<b>Morfología</b>	Árbol o arbusto pequeño, caducifolio, con una corteza dura y acostillada, mide de 1 a 20 m de alto, con un diámetro de 25 cm a la altura del pecho, dispone de hojas compuestas imparipinadas con 5 a 13 folíolos aserrados y lanceolados, donde el folíolo terminal mide de 2,4 a 15 cm de largo. La inflorescencia es un racimo terminal, son débilmente fragantes, disponen de 20 flores con cáliz corto y cupular (4 a 7 mm de largo), la corola es de color amarillo claro, tubular y en forma de campana (3 a 5 cm de largo), florecen en los meses de julio y agosto. El Fruto es una cápsula alargada, ahusada a los extremos, cilíndrica y dehiscente, de color café, mide de 7 a 21 cm de largo y de 5 a 7 mm de ancho, los frutos maduran entre los meses de noviembre y marzo. Su reproducción es asexual, donde sus semillas son hermafroditas, pequeñas, y planas, mide de 7 a 9 mm de largo, y se las puede obtener desde finales del mes de enero hasta marzo (García, 1988).		
	<table border="1"> <tr> <td><b>Reino:</b></td> <td>Plantae</td> </tr> </table>	<b>Reino:</b>	Plantae
<b>Reino:</b>	Plantae		

CONTINÚA

<b>Taxonomía</b>	<b>Clase:</b>	Magnoliopsida
	<b>Orden:</b>	Lamiales
	<b>Familia:</b>	Bignoniaceae
	<b>Género:</b>	<i>Tecoma</i>
	<b>Especie:</b>	<i>T. stans</i>
<b>Requerimientos Edafoclimáticos</b>	La temperatura media anual va desde los 23 °C hasta los 37 °C, la precipitación va desde los 1.500 hasta más de los 5.000 mm; tolera temporadas de sequías cortas. Se adapta a diferentes tipos de suelo desde poco profundos y pantanosos hasta suelos aluviales arcillo-arenosos profundos (café oscuro), pero tiene mejores resultados de crecimiento y desarrollo en suelos de origen calizo o aluvial muy bien drenados, evitando las aguas estancadas (Gerthardt, 1996).	
<b>Crecimiento y hábitat</b>	La supervivencia en estas plantaciones es del 90%. Prospera en regiones de abundante precipitación, en terrenos totalmente descubiertos sufren por la falta de humedad, necesitando asociarse con plantas protectoras, también es una especie demandante de luz, porque puede sobrevivir por algún tiempo bajo la sombra, pero responde positivamente a la entrada de mayor cantidad de irradiación (Gerthardt, 1996).	
<b>Preparación del terreno</b>	Se debe desmenuzar bien la tierra, ararla y nivelar el terreno.	
<b>Siembra y Población</b>	Por lo general la siembra es directa y se realiza en hileras entre 15 - 20 cm de distancia, el tiempo de germinación tiene un rango de 45 a 60 días y repican después de un mes aproximadamente, cuando ya alcanzan una altura de 7 a 8 cm. Su suelo debe mantenerse húmedo y protegido de los rayos solares principalmente en los 3 primeros meses de crecimiento, el trasplante va desde los 6 u 8 meses, cuando alcanza una altura de 25 cm. Se planta cuando el brote terminal ha endurecido alcanzando una altura de 1 a 2 m. La distancia de plantación varía a distancias de 3 x 3 m y también de 7 x 4 m. (Gómez, 1996)	

CONTINÚA

<b>Plantación</b>	<p>Previo a esta práctica es importante mantener limpio el sitio o establecimiento de la plantación, ya que esta especie requiere de suelos arenosos, profundos y bien drenados.</p> <p>Con esta especie se realizan plantaciones experimentales para estudios científicos, así mismo se recolectan sus semillas para emplearlas en los viveros forestales con fines de reforestación y establecimiento de plantaciones comerciales.</p>
<b>Reforestación y / o Restauración</b>	<p>Es una especie con potencial para reforestación productiva en zonas degradadas de selva, siendo su introducción y producción muy exitosa en varios países tropicales.</p>
<b>Sistema agroforestal</b>	<p>Es una especie con mucho potencial para usarse en cultivos y callejones forrajeros de estratos múltiples y barbechos mejorados, principalmente para dar sombra a los cafetales. Siendo muy común encontrarla en los huertos familiares y se le utiliza para dar sombra en cafetales.</p>
<b>Manejo en silvicultura</b>	<p>El éxito de la plantación depende del mantenimiento y del manejo que se aplique, es decir, realizar la limpieza durante los primeros 4 años (para evitar la competencia por luz, humedad y nutrientes). Los tratamientos silviculturales (podas y raleos) se recomiendan en caso de ataques, secado o pudriciones de las ramas, principalmente cuando vienen los rebrotes.</p>
<b>Riesgos</b>	<p>Es tolerante al daño por termitas (madera cosechada), insectos de hoja, susceptible al ataque del barrenador <i>Hypsipyla grandella</i> Zeller (ataca la yema apical causando la pérdida de la forma y la bifurcación del árbol, lo cual puede corregirse mediante la poda).</p> <p>Es intolerante al fuego (plántula e individuos adultos).</p> <p>Sensible y susceptible al daño por ramoneo (Corella, 1995).</p>
<b>Usos</b>	<p><b>Artesanal (madera).</b> - Se emplea para la fabricación de instrumentos musicales.</p> <p><b>Combustible (madera).</b> - Leña y carbón.</p> <p><b>Construcción.</b> - Su madera sirve para la construcción de casas por su rusticidad y dureza.</p> <p><b>Maderable.</b> - Es una madera de excelente calidad. Se usa para fabricar herramientas de trabajo agrícola, postes, muebles y gabinetes, decoración de interiores, remos, chapa para madera terciada, parquet, culatas para todo tipo de armas de fuego y ebanistería.</p>

CONTINÚA

	<p><b>Medicinal (fruto, semilla, hoja, corteza).</b>- La infusión de las hojas se utiliza para evitar diarreas, acelera el parto, evita la calentura o la fiebre. La corteza cocida sirve para la diabetes, paludismo, tifoidea, parasitosis.</p> <p><b>Melífera (flor).</b> - Se aplica para apicultura.</p> <p><b>Regeneración natural.</b></p> <p><b>Barrera rompe vientos.</b> - Da sombra, refugio y se utiliza como cerca viva en agro hábitats.</p> <p><b>Ornamental.</b> - Este árbol sirve para decoración de avenidas.</p>
--	--

### 2.5.1.2 Cedro (*Cedrela Montana*)

El cedro es una especie forestal nativa del cantón Rumiñahui, tiene la capacidad de producir madera muy fina, empleada en ebanistería y construcción de viviendas, adicionalmente tiene un uso ornamental para espacios amplios como parques y bulevares. Por tal motivo es importante describir las características de la planta para el óptimo crecimiento y desarrollo, tal como se detalla en la tabla 8.

**Tabla 8**  
*Características del Cedrela Montana*

Características	Descripción
<b>Origen</b>	El cedro es oriundo de la América tropical continental, Antillas mayores, menores, Trinidad y Tobago. Su extensión ha sido ampliamente distribuida desde las Islas del Caribe y México hasta Sudamérica ensanchándose por los Andes hasta el norte de Argentina, exceptuando Chile. Está pródigamente esparcido por los bosques húmedos de altitudes bajas de la América tropical (Cabrera , 1958).
	Es un árbol que alcanza alturas de hasta 40 m, sus raíces son grandes y tubulares, su tronco es recto y cilíndrico con corteza gruesa de color grisáceo marrón con unas fisuras longitudinales demasiado irregulares. La copa es redondeada, muy densa y con bastante follaje. Sus hojas son pinnadas y agrupadas hacia el extremo de las ramas, su longitud varía

CONTINÚA

<p><b>Morfología</b></p>	<p>entre los 15 a 50 cm, disponen de 5 a 11 pares de folíolos opuestos, con forma de hoz, de color verde amarillento en el envés y verde oscuro en el haz, liso, se aprecia un olor a ajo cuando las hojas se estrujan, disponen de flores masculinas y femeninas en la misma inflorescencia y su fruto es una cápsula leñosa, elipsoide y dehiscente. Para su reproducción vegetativa se usa estacas procedentes de ramas jóvenes (conservando 2 o más nudos y una hoja superior, eliminando los entrenudos terminales y basales lignificados) que midan de 4 a 6 cm de longitud y entre 3 y 6 mm de diámetro. Como enraizante se emplea ácido Indol Butílico de 0.2% en polvo o diluido en alcohol, donde se introduce la base de la estaca por unos segundos para sembrar inmediatamente al sustrato (Vinueza , 2012).</p>												
<p><b>Taxonomía</b></p>	<table border="1"> <tr> <td><b>Reino:</b></td> <td>Plantae</td> </tr> <tr> <td><b>Clase:</b></td> <td>Magnoliopsida</td> </tr> <tr> <td><b>Orden:</b></td> <td>Sapindales</td> </tr> <tr> <td><b>Familia:</b></td> <td>Meliaceae</td> </tr> <tr> <td><b>Género:</b></td> <td><i>Cedrela</i></td> </tr> <tr> <td><b>Especie:</b></td> <td><i>Cedrela montana</i></td> </tr> </table>	<b>Reino:</b>	Plantae	<b>Clase:</b>	Magnoliopsida	<b>Orden:</b>	Sapindales	<b>Familia:</b>	Meliaceae	<b>Género:</b>	<i>Cedrela</i>	<b>Especie:</b>	<i>Cedrela montana</i>
<b>Reino:</b>	Plantae												
<b>Clase:</b>	Magnoliopsida												
<b>Orden:</b>	Sapindales												
<b>Familia:</b>	Meliaceae												
<b>Género:</b>	<i>Cedrela</i>												
<b>Especie:</b>	<i>Cedrela montana</i>												
<p><b>Requerimientos Edafoclimáticos</b></p>	<p>Su altitud oscila entre los 0 hasta 1.200 msnm, la temperatura media anual va desde los 18 °C hasta los 30 °C y la precipitación desde los 1.200 hasta los 2.000 mm; tolerando temporadas de sequías.</p>												
<p><b>Crecimiento y hábitat</b></p>	<p>Se adapta a suelos con textura franco arcilloso a franco-arenoso, situando un pH de 5 a 7, con buena disponibilidad de elementos mayores, es una especie exigente en suelos bien fértiles, aireados, profundos, bien drenados porque soporta sitios húmedos y suelos neutros y calcáreos. Cabe mencionar que esta especie es atacada por la polilla barrenadora <i>Hypsipyla grandella</i>, la misma que afecta a la yema terminal tanto en vivero como en plantación. No tolera suelos con contenidos de aluminio por encima de 1 ppm (Vinueza , 2012).</p>												
	<p>Las semillas son recolectadas de árboles semilleros, mismos que son seleccionados de los bosques naturales, cada kg contiene de 40.000 a 55.000 semillas de cedro, éstas gozan de un poder germinativo superior al 70%, pero para lograr que sea más uniforme su germinación es</p>												

CONTINÚA

<b>Siembra y Población</b>	recomendable la inmersión en agua a temperatura ambiente por 24 horas, además las semillas soportan un almacenamiento en frío de 4°C en cámaras frigoríficas. Las plántulas se originan en semilleros, la siembra de las semillas se las realiza a espaciamientos de 10cm x 15cm, la germinación se produce entre 45 a 60 días. El trasplante se realiza en macetas o fundas de polietileno, cuando las plántulas alcanzan una altura de 5cm, donde permanecen de 3 a 4 meses más, adquiriendo un tamaño idóneo para ser llevadas al sitio de plantación final. En cuanto a la producción por pseudo estacas, se debe trasplantar las plántulas del semillero germinador a las bandejas o platabandas, a una distancia de 20cm x 20 cm, cuando tengan de 1,5 cm y 2 cm de diámetro en el cuello de la raíz (6 a 7 meses), posteriormente se debe podar la parte aérea entre 15 a 25 cm dejando 2 a 3 yemas (Alcaldía de Medellín, 2007).
<b>Preparación del terreno</b>	Permite reducir la erosión, la cubierta de vegetación (mala hierba) que compite por agua, luz y nutrimentos y es un obstáculo físico que detiene el crecimiento de los árboles. Facilita la plantación y el almacenamiento de agua, mediante barreras físicas a la escorrentía y permite establecer sistemas de drenajes en estaciones húmedas.
<b>Plantación</b>	Previo a esta práctica es importante mantener limpio el sitio o establecimiento de la plantación, ya que esta especie requiere de suelos arenosos, profundos y bien drenados. Una vez preparado el terreno se realiza la plantación a un distanciamiento que varía de 4m x 4m (aproximadamente 625 árboles /ha) a 4m x 3 m (aproximadamente 833 árboles/ha).
<b>Crecimiento</b>	La supervivencia en estas plantaciones es del 60%; con incrementos medios anuales en altura del tallo (1,4m) y en diámetro del tallo (2,2cm).
<b>Manejo en silvicultura y Usos</b>	El éxito de la plantación depende del mantenimiento y del manejo que se aplique, es decir, realizar la limpieza durante los primeros 4 años (para evitar la competencia por luz, humedad y nutrientes). Los tratamientos silviculturales (podas y raleos) se recomiendan en caso de ataques, secado o pudriciones de las ramas, principalmente cuando vienen los rebrotes. Las propiedades de su madera son idóneas y fáciles de trabajar con maquinaria y herramientas manuales para aserrar, cepillar, torneear y lijar, los acabados son excelentes a parte que es de secado rápido, permitiendo que ingrese con facilidad el clavo, razón por la cual la madera sirve para la construcción de canoas, muebles, contrachapados, torneados, artesanías, instrumentos musicales y domésticos en general.

CONTINÚA

<b>Riesgos</b>	Por el ataque de la polilla barrenadora o el taladrador de las meliáceas ( <i>Hypsipyla grandella</i> ) a la yema terminal, cuyo daño induce en la formación de bifurcaciones tempranas y no deseadas. Otro de los riesgos es por el ataque de hongos y otros defoliadores que causan deformaciones en el haz o envés de las hojas.
----------------	--

## 2.5.2 Especies agrícolas

### 2.5.2.1 Lechuga (*Lactuca sativa*)

El consumo de lechuga por parte del hombre se remota al imperio egipcio hace más de 5.000 años, de acuerdo a hallazgos arqueológicos, desde esas épocas se evidencia la importancia de esta hortaliza en la dieta del hombre y es por ello que una producción de lechuga con iniciativas sustentables apropiadas a los tiempos modernos y a la problemática medioambiental actual, es de vital importancia. Considerando una fertilización y control de plagas orgánica es importante describir las características de la planta para su óptimo crecimiento y desarrollo, tal como se detalla en la tabla 9.

**Tabla 9**

*Características de la Lactuca sativa*

Características	Descripción																
<b>Importancia</b>	Es el cultivo más importante dentro de las hortalizas de hoja. La producción total es de 10.545 t/año con un rendimiento promedio de 11,3 t/ha. Es una importante fuente de proteínas, vitaminas A y C, minerales, rica en Ca y Fe, y provee una reacción alcaloide al organismo acompañada de un alto contenido de celulosa y carbohidratos.																
<b>Origen</b>	Es originaria de Asia Menor y de Europa, siendo el continente que más demanda tiene. En el Ecuador se cultivan alrededor de 930 ha todas ubicadas en la región interandina y particularmente en la zona central. <table border="1" style="width: 100%; margin-top: 10px;"> <thead> <tr> <th>Provincia</th> <th>Superficie (ha)</th> <th>Producción (t)</th> <th>Rendimiento (t/ha)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Chimborazo</td> <td>660</td> <td>9.092</td> <td>13,8</td> </tr> <tr> <td>Tungurahua</td> <td>190</td> <td>1.119</td> <td>5,9</td> </tr> <tr> <td>Imbabura</td> <td>80</td> <td>334</td> <td>4,2</td> </tr> </tbody> </table>	Provincia	Superficie (ha)	Producción (t)	Rendimiento (t/ha)	Chimborazo	660	9.092	13,8	Tungurahua	190	1.119	5,9	Imbabura	80	334	4,2
Provincia	Superficie (ha)	Producción (t)	Rendimiento (t/ha)														
Chimborazo	660	9.092	13,8														
Tungurahua	190	1.119	5,9														
Imbabura	80	334	4,2														
<b>Fuente:</b> (Barahona, 2006)																	

CONTINUÍA

<b>Morfología</b>	Es una planta herbácea, autógama, pertenece a la familia Asterácea, tradicionalmente llamada Compositae, sus tejidos contienen una sustancia lechosa denominada látex. La raíz pivotante y las de absorción tienen una profundidad entre 5 y 30cm. Las hojas son medianamente redondeadas, lisas, onduladas, aserradas y sin peciolo, su color dependerá de la variedad, el limbo es entero y dentado los mismos que forman la roseta. El tallo es pequeño y no ramificado. Las inflorescencias se presentan en grupos de 15 – 20 flores de color amarillento, dispuestos en racimos, mientras que la semilla se encuentra provista de un conjunto vilano plumoso (Barahona, 2006).												
<b>Taxonomía</b>	<table border="1"> <tr> <td data-bbox="467 573 630 615"><b>Reino:</b></td> <td data-bbox="638 573 1182 615">Plantae</td> </tr> <tr> <td data-bbox="467 625 630 667"><b>Clase:</b></td> <td data-bbox="638 625 1182 667">Magnoliopsida</td> </tr> <tr> <td data-bbox="467 678 630 720"><b>Orden:</b></td> <td data-bbox="638 678 1182 720">Asterales</td> </tr> <tr> <td data-bbox="467 730 630 772"><b>Familia:</b></td> <td data-bbox="638 730 1182 772">Asteraceae, legumbre, hortalizas y verduras</td> </tr> <tr> <td data-bbox="467 783 630 825"><b>Género:</b></td> <td data-bbox="638 783 1182 825"><i>Lactuca</i></td> </tr> <tr> <td data-bbox="467 835 630 877"><b>Especie:</b></td> <td data-bbox="638 835 1182 877"><i>Lactuca sativa</i></td> </tr> </table>	<b>Reino:</b>	Plantae	<b>Clase:</b>	Magnoliopsida	<b>Orden:</b>	Asterales	<b>Familia:</b>	Asteraceae, legumbre, hortalizas y verduras	<b>Género:</b>	<i>Lactuca</i>	<b>Especie:</b>	<i>Lactuca sativa</i>
<b>Reino:</b>	Plantae												
<b>Clase:</b>	Magnoliopsida												
<b>Orden:</b>	Asterales												
<b>Familia:</b>	Asteraceae, legumbre, hortalizas y verduras												
<b>Género:</b>	<i>Lactuca</i>												
<b>Especie:</b>	<i>Lactuca sativa</i>												
<b>Ciclo Vegetativo</b>	Su ciclo vegetativo es de 3 a 4 meses, alcanzando alturas entre 10 a 20 cm, su modo de producción es sexual												
<b>Requerimientos Edafoclimáticos</b>	La lechuga prospera bajo climas templados y húmedos, su altitud oscila entre los 1.800 – 2.800 msnm, la temperatura óptima para empezar a germinarla va desde los 2 a 25°C y el rango de temperatura para desarrollo en el campo va de los 13 a 25 °C. Las plantas pueden llegar a emerger en 7 días a la siembra, y son demasiado exigentes con la luminosidad, ya que requieren muchas horas luz para evitar que sus hojas sean delgadas y la cabeza se desgaje con facilidad. La humedad relativa conveniente para este cultivo va desde los 60 a 80% (Barahona, 2006).												
<b>Suelo</b>	Se adapta a suelos con textura franco y franco arenoso con suficiente contenido de materia orgánica (6%) y un buen drenaje, situando un pH de 5,5 a 6,8, a parte requiere de una profundidad de suelo superior a 1 m, siendo una hortaliza medianamente tolerante a la salinidad de 4 a 10 mmho (Lara & Vallejo, 2010).												

<b>Tipos, variedades y cultivares</b>	Como en toda especie agrícola se han identificado tipos de variedades que se adaptan a diferentes condiciones climáticas, de suelo y tienen un uso especial.		
	<b>Variedad</b>	<b>Descripción</b>	<b>Fotografía</b>
	Romana ( <i>Longifolia</i> )	Cabeza poco compacta, con hojas alargadas y nervaduras prominentes, no forman verdaderos cogollos.	
	Crespa ( <i>Inybasea</i> )	Hojas sueltas y dispersas, lisas o crespas, no forman cabeza.	
	Repollada ( <i>Capitata</i> )	Hojas suculentas y mantecosas, forman un cogollo apretado de hojas.	
	<b>Fuente:</b> (Vega, 2015)		
<b>Siembra y Población</b>	Se recomienda que la siembra se la realice directamente por surcos, utilizando 1 a 2 kg/ha. Cuando se utiliza el método de trasplante se usa entre 200-300 gr de semilla por almácigo de 85 m <sup>2</sup> , misma superficie que proporciona suficientes plantas por ha. Para el trasplante la lechuga debe tener 4 a 5 hojas verdaderas. Las germinaciones de las semillas se logran óptimamente cuando el suelo tiene buena aireación, una temperatura que no sobrepase los 20°C y un adecuado tenor de humedad (70% capacidad de campo) (Vega, 2015).		
<b>Plantación</b>	Las siembras comerciales tienen poblaciones de 44.000 a 72.000 plantas/ha, utilizando para la doble hilera la distancia entre 0,25 a 0,30 entre plantas y utilizando distancias entre surcos de 0,55 a 0,75 y 0,30 entre plantas (Barahona, 2006).		
<b>Preparación del terreno</b>	Es necesario remover el suelo, ya sea de forma manual en superficies pequeñas o mecánica realizando el proceso de arado y rastra en superficies grandes.		

CONTINÚA

<b>Control Malezas</b>	<b>de</b>	Puede ser de dos maneras: control manual, se lo debe realizar superficialmente con deshierba, aporque y control químico, con la aplicación de herbicidas preemergentes como Linurón.
<b>Escarda</b>		Esta práctica ayuda parcialmente a la eliminación de las malezas entre surcos y a la vez ayuda a remover el suelo sobre todo si es de tipo arcilloso.
<b>Aporque</b>		Tiene una frecuencia de 3 veces durante todo el ciclo del cultivo.
<b>Trasplante</b>		Se escogen las mejores plantas, que dispongan de 3 a 5 hojas color verde intenso y se siembran cada 0,40 de distancia entre plantas.
<b>Fertilización Complementaria</b>		Aplicación de N, el mismo que debe ser suministrado a los 35 días del trasplante.
<b>Riego</b>		Riegos no muy prolongados pero frecuentes
<b>Cosecha y Comercialización</b>		La recolección de la lechuga por lo general es de manera manual, esto va a depender de la superficie cultivada, para su cosecha se consideran dos parámetros: el ciclo del cultivo (duración 90-100 días) y cuando el 50% de la población del cultivo ha formado bien la cabeza (Guerrero, 1998). Una vez cosechadas, se eliminan las hojas externas y los troncos a la altura de las hojas basales, posteriormente se introducen en bolsas de polietileno y bandejas para su comercialización.

### **Plagas y Enfermedades**

En la tabla 10 se describe y evidencia las principales plagas y enfermedades fitosanitarias que inciden en el crecimiento y desarrollo de la lechuga durante el ciclo del cultivo.

Tabla 10

Principales Plagas que afecta a la Lechuga.

NOMBRE DE LA PLAGA	DESCRIPCIÓN	FOTOGRAFIA
Pulgón ( <i>Appis spp.</i> )	Succiona la savia, ocasionando enrojecimiento y deformación de los tejidos, produciendo amarillento en la planta.	
Minadores ( <i>Liriomyza trifolii</i> )	Excava galerías en el interior de la hoja, alimentándose del tejido parenquimático, retrasando el inicio de la maduración.	
Falso Medidor ( <i>Trichoplusia ni</i> )	Devora el follaje, dejando hojas esqueletizadas, cuando joven la planta es destruida.	
Gusano Trozador ( <i>Agrotis sp.</i> )	Le atraen las zonas frescas y húmedas, atravesando los tallos haciendo agujeros, en el día se alimentan de las hojas y por las noches se esconden en la tierra.	
Mosca blanca ( <i>Trialeurodes vaporariorum</i> )	Se alimenta de la savia, provocando debilidad y amarillamiento de las hojas, al mismo tiempo producen un azúcar denominado melaza, atrayendo consigo al hongo "negrilla".	
NOMBRE DE LA ENFERMEDAD	DESCRIPCIÓN	FOTOGRAFIA

CONTINÚA

<p>Antracnosis (<i>Marssonina panattoniana</i>)</p>	<p>Aparece en las hojas más viejas principalmente por el peciolo, nervio central y limbo, son manchas necróticas pequeñas hundidas, color anaranjado rojizo.</p>	
<p>Botritis o moho gris (<i>Botrytis cinerea</i>)</p>	<p>Este hongo aparece por exceso de humedad, es importante una buena aireación de la planta.</p>	
<p>Mildiu veloso (<i>Bremia Lactucae</i>)</p>	<p>Manchas cloróticas, luego necróticas en el envés de la hoja, con moho grisáceo aterciopelado.</p>	
<p>Esclerotinia (<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>)</p>	<p>Causa podredumbre blanca en las hojas y raíces.</p>	
<p>Septoriosis (<i>Septoria lactucae</i>)</p>	<p>El hongo que causa esta enfermedad produce esporas o manchas sobre la parte inferior de la hoja, mismas que se dispersan por las gotas de lluvia e invernan en el tejido vegetal infectado.</p>	

CONTINÚA

<p>Alternaria (<i>Alternaria dauci</i> – <i>Stemphyllium spp</i>)</p>	<p>Causada por un hongo, aparición de manchas oscuras sobre las hojas.</p>	
---	--	--

### 2.5.2.2 Zanahoria (*Daucus carota*)

La aparición de la zanahoria data del imperio Babilónico tiene sus orígenes en Irán, país identificado por su gran variedad de especies silvestres, esta planta se cultivaba por sus hojas y sus semillas aromáticas, que brindaban grandes beneficios para la salud. Desde esas épocas se evidencia la importancia de esta hortaliza en la dieta del hombre y es por ello que se requiere una producción de zanahoria con iniciativas sustentables apropiadas a los tiempos modernos y a la problemática medioambiental actual. Considerando una fertilización y control de plagas orgánica es importante describir las características de la planta para su óptimo crecimiento y desarrollo, tal como se detalla en la tabla 11.

**Tabla 11**

*Características de la Daucus carota*

Características	Descripción
<p><b>Importancia</b></p>	<p>Este cultivo es el más importante dentro de las hortalizas de raíz. Es un alimento excelente desde el punto de vista nutricional, gracias a sus propiedades vitamínicas, minerales y proteicas. La vitamina K que presenta la zanahoria ayuda en la coagulación de la sangre, es rica en caroteno que es precursor de la vitamina A y tiene cantidades importantes de vitamina B1 (tiamina) y vitamina B2 (riboflavina), los nutrientes y antioxidantes que posee ayudan a neutralizar los efectos del sol y los rayos ultravioletas en la piel, previene enfermedades de la vista como: glaucoma, miopía y combate el cáncer de mama.</p>

CONTINUÁ

<p><b>Origen</b></p>	<p>Es originaria del Asia, principalmente de la parte central en el territorio de Afganistán, debido a la mayor diversidad de formas silvestres que se encuentran en ese país, actualmente este cultivo se encuentra distribuido en todo el mundo. Se la puede producir en cualquier época del año, siempre y cuando se disponga de agua de riego. En el Ecuador se cultivan alrededor de 4.100 ha, con una producción media de 7,6 t/ha. (Barahona, 2006)</p> <p><i>Provincias productoras de zanahoria en el Ecuador</i></p> <table border="1" data-bbox="451 520 1271 867"> <thead> <tr> <th>Provincia</th> <th>Superficie (ha)</th> <th>Producción (t)</th> <th>Promedio (t/ha)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Chimborazo</td> <td>2.840</td> <td>22.903</td> <td>8,1</td> </tr> <tr> <td>Pichincha</td> <td>420</td> <td>2.355</td> <td>5,6</td> </tr> <tr> <td>Carchi</td> <td>340</td> <td>1.941</td> <td>5,7</td> </tr> <tr> <td>Cotopaxi</td> <td>300</td> <td>1.596</td> <td>5,3</td> </tr> <tr> <td>Tungurahua</td> <td>120</td> <td>592</td> <td>4,9</td> </tr> <tr> <td>Cañar</td> <td>80</td> <td>901</td> <td>11,3</td> </tr> </tbody> </table> <p><b>Fuente:</b> (Barahona, 2006)</p>	Provincia	Superficie (ha)	Producción (t)	Promedio (t/ha)	Chimborazo	2.840	22.903	8,1	Pichincha	420	2.355	5,6	Carchi	340	1.941	5,7	Cotopaxi	300	1.596	5,3	Tungurahua	120	592	4,9	Cañar	80	901	11,3
Provincia	Superficie (ha)	Producción (t)	Promedio (t/ha)																										
Chimborazo	2.840	22.903	8,1																										
Pichincha	420	2.355	5,6																										
Carchi	340	1.941	5,7																										
Cotopaxi	300	1.596	5,3																										
Tungurahua	120	592	4,9																										
Cañar	80	901	11,3																										
<p><b>Morfología</b></p>	<p>La zanahoria es una planta herbácea, hermafrodita, alógama y dicotiledónea, pertenece a la familia Apiaceae, tradicionalmente llamada Umbelliferae en su primera etapa de crecimiento produce reservas para la raíz (parte comestible) y en la segunda etapa y luego de la vernalización se desarrollan los vástagos o tallos florales. La raíz es napiforme y tuberosa de consistencia carnosa de varias coloraciones: amarilla, anaranjada o roja. Su longitud va desde los 10 a 30 cm, dependiendo de la variedad, y es complementado por un conjunto de raíces longitudinales y laterales, las que pueden alcanzar entre 1.2 y 1,5 m de profundidad. El tallo es pequeño y rudimentario, consigue una longitud de 1 a 2,5 cm, sin embargo, el tallo floral alcanza alturas de 1 a 1,5 m. Las hojas son pubescentes de color verde, alternas, presentan una lámina muy dividida en segmentos muy angostos, bi o tripinatisectas, dentados y lobulados con peciolo largos, presentándose en rosetas de 7 a 13. La inflorescencia es una umbela compuesta subglobosa con flores blancas verdosas, cada planta está formada por umbelas primarias y secundarias, cada flor está compuesta por cinco pétalos, cinco estambres y dos pistilos. El fruto es un diaquenio y las semillas son pequeñas de color verde oscuro y provistas de aguijones curvados en los extremos, posee un poder germinativo de 3 a 4 años, un gr. Contiene aproximadamente 600 granos de semilla. (Barahona, 2006).</p>																												
<p><b>Taxonomía</b></p>	<table border="1" data-bbox="451 1577 1175 1831"> <tbody> <tr> <td><b>Reino:</b></td> <td>Plantae</td> </tr> <tr> <td><b>Orden:</b></td> <td>Apiales</td> </tr> <tr> <td><b>Familia:</b></td> <td>Apiaceae</td> </tr> <tr> <td><b>Género:</b></td> <td><i>Daucus</i></td> </tr> <tr> <td><b>Especie:</b></td> <td><i>Daucus carota</i></td> </tr> </tbody> </table>	<b>Reino:</b>	Plantae	<b>Orden:</b>	Apiales	<b>Familia:</b>	Apiaceae	<b>Género:</b>	<i>Daucus</i>	<b>Especie:</b>	<i>Daucus carota</i>																		
<b>Reino:</b>	Plantae																												
<b>Orden:</b>	Apiales																												
<b>Familia:</b>	Apiaceae																												
<b>Género:</b>	<i>Daucus</i>																												
<b>Especie:</b>	<i>Daucus carota</i>																												

CONTINÚA

<b>Ciclo Vegetativo</b>	De 4 a 5 meses.
<b>Requerimientos Edafoclimáticos</b>	<p>La zanahoria es una planta bianual de clima frío, sin embargo se puede cultivar bajo climas cálidos durante todo el año, la temperatura de germinación es mayor a 5°C y las temperaturas ideales oscilan entre 18 – 25°C emergiendo las semillas bajo estas condiciones entre 12 a 15 días, la temperatura para el desarrollo del color y crecimiento de la raíz oscila entre los 15 a 21 °C, al sobrepasar los 30°C la planta deja de crecer, cuando el desarrollo vegetativo es pobre sus rendimientos también lo serán afectando otros parámetros de calidad de raíz en forma y tamaño, cuanto más elevada sea la temperatura, más cortas serán las raíces y cuanto más baja sea la temperatura más larga será la raíz. La zanahoria es demasiado exigente con la luminosidad ya que favorece la tasa fotosintética, la síntesis de carotenos y su acumulación en la raíz, aunque no ejerce efecto directo en la ocurrencia anticipada de la etapa reproductiva. (Del Amo , 2002)</p>
<b>Suelo</b>	<p>Se adapta a suelos orgánicos ligeros o arenosos y limo arenosos bien drenados, no se recomienda suelos arcillosos ya que deforman la parte comestible, retrasan su desarrollo, forman raíces cortas, gruesas y bifurcadas. En cuanto a la acidez esta especie está clasificada como moderadamente tolerante, el rango de pH más favorable va desde 5,5 a 6,8 siendo una hortaliza relativamente sensible a la salinidad de 4 a 10 mmho (Vega, 2015).</p>
<b>Tipos, variedades y cultivares</b>	<p>Las zanahorias por sus características fenotípicas se clasifican por su color y tamaño, los cultivares más conocidos son: Nantes (tamaño intermedio), Chatenay (tamaño pequeño) y Emperador (tamaño grande), todas son de color anaranjado. Además de estos cultivares también se están cultivando híbridos como Bradford, Bangor, Newton y Baby zanahorias, como Mokun y Adelaide (Barahona, 2006).</p> <div data-bbox="516 1220 1300 1717" style="text-align: center;"> <p><b>CULTIVARES</b></p> <p>1. LADYFINGER 2. REDONDA DE PARIS 3. AMSTERDAM FORCING 4. NANTES 5. CHANTENAY 6. DANVERS 7. FLAKEE 8. BERLIKUM 9. IMPERATOR</p> </div> <p style="text-align: center;">Fuente: (Cosme, 2015)</p> <p>Las principales variedades de <i>Daucus carota</i> utilizadas en el Ecuador son las siguientes:</p>

CONTINÚA

	<b>Variedad</b>	<b>Descripción</b>	<b>Fotografía</b>
<b>Tipos, variedades y cultivares</b>	Imperator	Raíces largas (aprox. 20cm) y delgadas, peso máximo 150 g, de forma aguzada, de color anaranjado intenso.	
	INIA 101	Raíces de gran tamaño (mayor a 25cm), peso mayor a 250 g, con forma cónica y rebanada, color anaranjado claro con altos contenidos de sólidos solubles.	
<b>Fuente:</b> (Cosme, 2015)			
<b>Siembra y Población</b>	Se recomienda que la siembra se la realice directamente por surcos, utilizando 4 a 5 kg/ha para la siembra manual y 2,5 a 3,5 kg/ha para la siembra con sembradora.  Con la cantidad de semilla que se siembra se puede llegar a tener entre 800.000 a 950.000 plantas /ha, con distancias entre surcos de 60 y 90 cm, entre hilera van de 20 a 30 cm, entre doble hilera 1 m, y entre plantas va de 4 a 8 cm.		
<b>Preparación del terreno</b>	Es necesario remover el suelo, alcanzando un terreno homogéneo y suelto en su primera capa.		
<b>Control de Malezas</b>	De forma manual o un herbicida pos emergente como Afalón y Esterón en dosis de 3 a 4 Kg/ha.		
<b>Escarda</b>	Esta práctica es una de las más importantes en las hortalizas de bulbo y raíz, sobre todo cuando se siembran en suelos pesados.		
<b>Aporque</b>	El objetivo de esta práctica es evitar el verdeo tapando a las plantas, también es necesario aplicar dosis de N para facilitar su riego.		
<b>Riego</b>	El cultivo requiere de 500 a 600 mm de agua desde la siembra hasta la cosecha, evitando que el viento seque el suelo porque afecta la uniformidad de germinación y obliga a realizar 2 o más riegos.		
	El ciclo de cultivo va entre los 90 a 120 días, la recolección de la zanahoria es eminentemente manual y se recomienda realizar un riego ligero al cultivo antes de su cosecha.		

CONTINUÍA

<b>Cosecha y Comercialización</b>	Concluida la cosecha, se procede a seleccionarlas, calibrando las zanahorias en 3 categorías para posteriormente colocarlas en fundas plásticas o en atados sin eliminar la parte foliar para su comercialización.
-----------------------------------	--

### Plagas y Enfermedades

En la tabla No. 12 se resume las principales plagas y enfermedades fitosanitarias que inciden en la zanahoria.

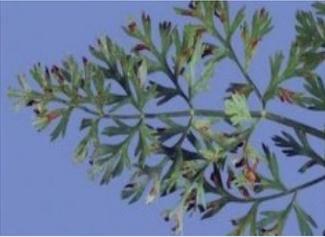
**Tabla 12**  
*Principales Plagas de Daucus carota*

NOMBRE DE LA PLAGA	DESCRIPCION	FOTOGRAFIA
Mosca ( <i>Psila rosae</i> )	Sus larvas producen galerías en la raíz.	
Pulgón ( <i>Semeaphis dauci</i> )	Producen un amarillamiento general de las plantas.	
Gusano cortador ( <i>Trichoplusia ni</i> )	Es un lepidóptero que mordisquea las bases de las plántulas y el follaje.	

CONTINÚA

<p>Nemátodos (<i>Meloidogyne sp.</i>)</p>	<p>Producen abultamientos y deformaciones en las raíces.</p>	
<p><b>NOMBRE DE LA ENFERMEDAD</b></p>	<p><b>DESCRIPCION</b></p>	<p><b>FOTOGRAFIA</b></p>
<p>Cenicilla (<i>Erysiphe umbeliferaum</i>)</p>	<p>Se cubre la hoja con un polvo blanquecino.</p>	
<p>Alternaria (<i>Alternaria dauci</i>)</p>	<p>Son manchas de color pardo y se localizan en los bordes de la hoja.</p>	
<p>Pudrición suave (<i>Erwinia carotovora</i>)</p>	<p>Se produce una lesión acuosa blanda a la raíz, acompañada con un fuerte olor.</p>	

CONTINÚA

<p>Tizón bacteriano (<i>Xanthomonas campestris</i>)</p>	<p>Manchas foliares necróticas que comprometen gran parte de la hoja.</p>	
<p>Septoriosis (<i>Septoria apiicola</i>)</p>	<p>Produce lesiones necróticas esféricas de color marrón evidenciándose en las hojas viejas con aspecto atizonado.</p>	

### 2.5.3 Parámetros fisicoquímicos del suelo

La calidad del suelo es uno de los factores más importantes en el desarrollo de prácticas agrícolas sustentables. El uso de los suelos y las prácticas de manejo marcan principalmente la alteración, restauración, depuración de la calidad del suelo en el tiempo (Quiroga & Funaro, 2004).

La utilización de indicadores de calidad del suelo permitirá medir el estado de la condición física, las propiedades hidráulicas de los suelos como la velocidad de infiltración, siendo esta un buen indicador de la estabilidad estructural (Silva Rossi, 2004).

La materia orgánica (MO) es un indicador fundamental de la calidad del suelo, debido a que tiene un papel directo sobre las propiedades edáficas, como estructura y disponibilidad de carbono y nitrógeno (Gregorich et al., 1984). Numerosos estudios

coinciden en que la MO, es el principal indicador que tiene una influencia directa y significativa sobre la calidad del suelo y la productividad (FAO, 2017)

Además, hay que considerar que el suelo contiene ciertos compuestos que corresponden a la fase sólida del mismo, pueden pasar fácilmente a la fase líquida por ser extraordinariamente solubles, por lo que tienen una fácil movilidad. Dentro de este grupo se identifican fundamentalmente a los contenidos de diferentes sustancias importantes como macronutrientes (N, P, Ca, K, Mg, S) y micronutrientes (Fe, Mn, Cu, Zn, B, Mo, Cl) para las plantas, debido a que brinda y dotan al suelo de determinadas características (Carbono orgánico, Carbonato cálcico, y hierro en diferentes estados). Estos elementos se consideran como las sales solubles del suelo.

El desequilibrio en la solubilidad de estos elementos en el suelo puede causar salinización, la cual se puede deber a una sobresaturación de las sales disueltas en el suelo relacionada directamente con el riego prolongado de agua con altos índices salinos; estas características se evidencian en suelo de baja permeabilidad y bajo climas secos subhúmedos o más secos (FAO, 2017).

El contenido salino del suelo puede medirse de forma directa, a razón que los iones disueltos en la fase líquida del suelo conducen la electricidad, para lo cual se utiliza la medición de la conductividad eléctrica medida en uS/cm. Este parámetro en el suelo puede variar en función de la movilidad de los iones y por tanto con aumento o disminución de la temperatura; es por ellos que la medición de este indicador se lo realiza a una temperatura fija de 25° C.

En la fase previa a la siembra de las especies agrícolas y forestales, se realizó la medición y análisis de diversos parámetros fisicoquímicos del suelo, los mismos que se describen en la tabla 13:

**Tabla 13**

*Parámetros Físico – Químicos de análisis de suelo previo a la siembra de las especies seleccionadas*

Ensayo	Métodos Referencia	Unidades
<b>pH</b>	APHA 4500	Unid. pH
<b>Humedad</b>	N/A	N/A
<b>Conductividad</b>	APHA 2510 B	uS/cm
<b>Boro**</b>	APHA 3120 B	mg/kg
<b>Azufre elemental*</b>	APHA 3120 B	mg/kg
<b>Zinc**</b>	APHA 3120 B	mg/kg

\* MACRONUTRIENTES

\*\* MICRONUTRIENTES

Los resultados de la medición de los parámetros fisicoquímicos del suelo antes descritos darán cumplimiento a lo establecido en el Acuerdo Ministerial No. 97-A publicado en el Registro Oficial No. 387 Edición Especial del miércoles 4 de noviembre de 2015; tal como se citan en la tabla 14, detallada a continuación:

**Tabla 14**

*Límites permisibles del suelo*

Ensayo	Unidades	Limite Permissible
<b>pH</b>	Unid. pH	6-8
<b>Humedad</b>	N/A	N/A
<b>Conductividad</b>	uS/cm	200
<b>Boro**</b>	mg/kg	2
<b>Azufre elemental*</b>	mg/ kg	250
<b>Zinc**</b>	mg/kg	60

\* MACRONUTRIENTES

\*\* MICRONUTRIENTES

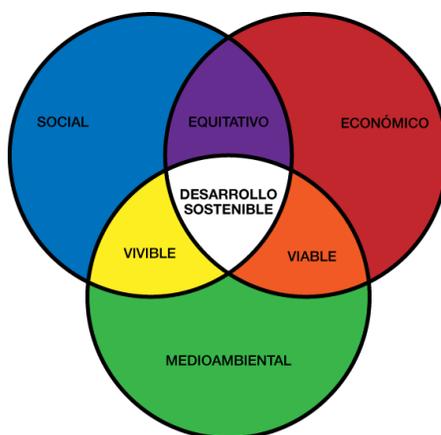
## 2.6 Reutilización del agua en la agricultura

La reutilización de las aguas residuales tratadas para la agricultura es una opción que se está estudiando y adoptando cada vez más en regiones con escasez de agua, así mismo en países en vías de desarrollo, que están fundamentando y guiando sus investigaciones en los manuales que emite la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Muchas regiones del mundo están experimentando crecientes problemas de déficits hídricos; debido al crecimiento implacable de la población, por sus necesidades básicas y productivas, lo que ocasiona un mal manejo de los recursos hídricos y cuya disminución ha conllevado una pérdida considerable de fuentes primarias de abastecimiento, sin que se evidencie proyectos y planes de remediación para reutilizar y aprovechar las aguas residuales (FAO, 2017).

El deterioro de los recursos hídricos de agua dulce también se produce por la falta de tratamiento y depuración de las aguas residuales no tratadas, además, la utilización de químicos en la agricultura dificulta la remediación y depuración efectiva en el origen, lo cual imposibilita un oportuno reaprovechamiento (Winpenny, 2013).

Los proyectos de reutilización del agua pueden ofrecer múltiples beneficios en los ámbitos económico, social, ambiental y productivo. En situaciones críticas de estrés hídrico, el uso de agua regenerada debe considerarse como una opción totalmente viable y ambientalmente sostenible en el tiempo (Tello, 2016).

Para encontrar iniciativas, proyectos y soluciones sostenibles, estas deben fundamentarse en el punto de encuentro entre los tres círculos que garantizan el desarrollo sostenible y que a continuación se muestran en el Figura 3.



**Figura 3** Desarrollo Sostenible  
Fuente: (ONU, 1987)

Como se señala en el esquema anterior los tres aspectos fundamentales en el manejo integral del agua y que corresponden al triple fondo común son:

- Tener viabilidad económica o sea una excelente relación entre inversión inicial, costo operacional y de mantenimiento, y un óptimo beneficio ambiental.
- Contar con políticas gubernamentales específicas para el caso, que brinden una eficiente gestión para sectores vulnerables (subsidios), y una cooperación integral con empresas privadas comprometidas con la sociedad y el medioambiente, para desarrollar proyectos agroindustriales comunitarios.
- Todas las iniciativas, proyectos y soluciones deberán contemplar la preservación y conservación del medioambiente garantizando a mediano y largo plazo una eficiente gestión y manejo de cuerpos de aguas, reforestación de bosques,

paramos, productividad agropecuaria y sostenimiento de la biodiversidad, entre otras.

### **2.6.1 Agua regenerada para uso agrícola**

Existe evidencia de la reutilización de aguas residuales en la agricultura en las civilizaciones griegas y romanas (Angelakis & Durham, 2008). Dado que la agricultura utiliza alrededor del 70% de toda el agua extraída de cuerpos y fuentes de agua. Actualmente los agricultores están considerando utilizar aguas residuales urbanas y/o domésticas como fuente para riego, esta alternativa se posesiona como la más factible en países en vías de desarrollo con asesoramiento técnico de la FAO.

La Organización de las Naciones Unidas ha estimado que en países del primer mundo al menos 20 millones de hectáreas agrícolas son regadas con aguas residuales sin tratar o tratadas parcialmente, diluidas o no, lo que representa alrededor del 10% del total de las tierras de regadío que usan esta alternativa como riego (FAO, 2017). Alrededor de 525.000 hectáreas agrícolas son regadas con agua regenerada; a pesar de que se ha progresado en el control de la contaminación de las aguas residuales municipales, por diversos tipos de tratamientos físicos, químicos o biológicos, la realidad muestra que aún se sigue regando con aguas residuales sin tratar, por los altos costos de depuración y tratamiento (Asano & Burton, 2007).

En la Tabla 15, se muestra la amplia gama de cultivos que se pueden regar con aguas residuales sin tratar o tratadas parcialmente. Otro tipo de variedades de cultivos podrían utilizar agua regenerada bajo condiciones adecuadas. (Winpenny, 2013)

**Tabla 15**

*Cultivos agrícolas que utilizan aguas residuales municipales sin tratar o tratadas parcialmente*

Tipos	Ejemplo de cultivos
<b>Cultivos agrícolas</b>	Cebada, maíz (maíz verde), avena, trigo.
<b>Cultivos de fibras y semillas</b>	Algodón, semillas de flores y hortalizas.
<b>Cultivos de hortalizas que puede consumirse crudos</b>	Brócoli, repollo, coliflor, apio, ají, tomate verde (tomatillo), lechuga, pimiento, tomate, zanahoria.
<b>Cultivos de hortaliza que se preservaran antes del consumo.</b>	Alcachofa, frijol, cebolla, maní, papa, espinaca, zapallo, remolacha, girasol.
<b>Cultivos par forraje</b>	Alfalfa, cebada, trébol, mijo, heno, maíz, pasto.
<b>Huertos y viñedos</b>	Árboles frutales, manzanos, paltos, cítricos, limoneros, duraznos, pistachos, ciruelos, olivos, dátiles y vides.
<b>Invernaderos</b>	Flores

Fuente: (Winpenny, 2013)

## 2.7 Sistemas de tratamiento de aguas residuales

Existe una variedad de sistemas de tratamiento de aguas residuales que con el pasar del tiempo han logrado una alta eficiencia, la innovación tecnológica ha permitido reducir los costos asociados al proceso de descontaminación y depuración requerido.

Entre los principales tratamientos naturales, podemos mencionar a las lagunas de oxidación, mismas que utilizan plantas acuáticas, otra opción son los tratamientos convencionales que comprenden una variedad de estructuras o procesos que tienen varias fases como: el pretratamiento y tratamiento primario, secundario pudiendo ser biológico (aeróbico y anaeróbico), MBR (membranas), CBR (biodiscos) o químico (adición de precipitantes), para luego tener un tratamiento terciario que busca depurar al máximo el agua residual a fin de alcanzar un reúso mucho más confiable (Tello, 2016). Finalmente, se tiene la fase del post tratamiento o tratamiento direccionado que busca llevar el agua a condiciones que permitan su reúso en el consumo humano; para el caso

del reúso en agricultura es suficiente completar la fase de tratamiento terciario y en algunos casos hasta la fase secundaria (Winpenny, 2013).

El reúso de las aguas residuales, tanto en los países industrializados, como en vías de desarrollo, se ha incrementado en los últimos años, debido a problemas de escasez de agua en varias regiones del planeta, especialmente por acción del cambio climático y sobre explotación del recurso; sin que aún se evidencie un aprovechamiento mayoritario en la agricultura (Angelakis & Durham, 2008).

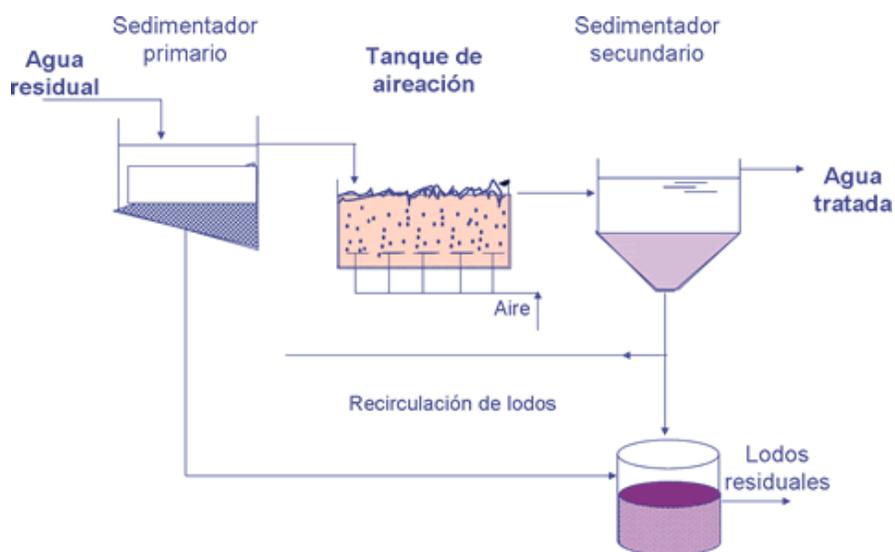
Debido a estos antecedentes la aplicabilidad del reúso en diferentes actividades humanas es cada vez mayor e importante. Las tecnologías juegan un papel fundamental para alcanzar un tratamiento que transforme aguas residuales comunes en aguas para reúso de buena calidad, para consumo humano y reutilización en procesos agroindustriales.

### **2.7.1 Lodos activados**

Los procesos biológicos, en su amplia diversidad, son componentes indispensables para integrar prácticas de tratamiento de aguas residuales con fines de reúso. Si bien las tecnologías más utilizadas en América Latina son las lagunas de estabilización y lodos activados; la práctica de tratamiento de lodos activados, puede alcanzar una amplia gama en lo que se refiere a la calidad del agua, mismas que podrán ser compatibles con los variados requerimientos de reaprovechamiento, reduciendo la huella de carbono y optimizando el consumo de energía, atributos que fortalecen el grado de sustentabilidad de los procesos de depuración por lodos activados (Tello, 2016).

El tratamiento por lodos activados es un sistema de mezcla completa. Su nombre proviene de la producción de una masa activada de microorganismos capaz de estabilizar un residuo en medio aerobio. Este método está provisto de un sistema de recirculación y eliminación de lodos.

El ambiente aerobio en el reactor se consigue mediante el uso de aireadores mecánicos, que también sirven para mantener el líquido en estado de mezcla completa. Al cabo de un periodo determinado de tiempo de haber iniciado el proceso de recirculación, la mezcla de las nuevas células con las antiguas se conduce hasta un tanque sedimentador para ser separados por sedimentación del agua residual tratada que se detalla en la figura 4. Una parte de las células sedimentadas se recirculan para mantener en el reactor la concentración de células deseadas, mientras que la otra parte se purga del sistema. La fracción purgada corresponde al crecimiento del tejido celular (Mendez, 2004).



**Figura 4** Sistema de Tratamiento por Lodos Activados

### 2.7.1.1 Fórmulas consideradas para la implementación del sistema de tratamiento de lodos activados

- **Relación Food / Mass (F:M)**

Es un parámetro usado para diseño del proceso, es ideal para que los microorganismos tengan la cantidad adecuada de alimento, poco o demasiado alimento causa problemas de sedimentación en el clarificador, en otras palabras, nos expresa la cantidad de carga orgánica de un proceso de lodo activado (Martínez de la Cuesta, 2004).

$$\frac{F}{M} = \frac{DBO * Q}{MLVSS * V_r}$$

Donde:

DBO= Demanda Biológica Oxígeno (mg/L)

Q= Caudal (m<sup>3</sup>)

V<sub>r</sub>= Volumen Reactor (m<sup>3</sup>)

MLVSS= Sólidos Suspendidos Volátiles en Licor Mezclado (mg/L)

- **Edad del lodo o tiempo de retención de sólidos**

Es la relación entre la cantidad total de sólidos que se encuentran en el sistema dividido entre la cantidad de sólidos que salen del sistema por una unidad de tiempo (días). También llamado tiempo de retención de sólidos.

Cuando la edad del lodo está por encima del rango recomendado, se habla de “lodo viejo”; la biomasa se sobre oxida y el efluente del clarificador arrastra flujos muy finos, cuando este rango está por debajo se habla de “lodo joven”, el cual es liviano, voluminoso, flotante, disperso y de lenta sedimentación. Referente a la edad del lodo los valores de los libros son guías, no hay valores estándar, en su mayoría se basa por la experiencia que puede tener cada planta de tratamiento (Martínez de la Cuesta, 2004).

$$MCRT = \frac{MLVSS * (V_r + V_c)}{(RAS_{ssv} * Q_{wras}) + (EFF_{ssv} * Q)}$$

Donde

MCRT= Edad lodo (días)

Q= Caudal entrada (m<sup>3</sup>)

Vc= Volumen Clarificador (m<sup>3</sup>)

Vr= Volumen Reactor (m<sup>3</sup>)

MLVSS= Sólidos Suspendidos Volátiles en Licor Mezclado (mg/L)

EFF<sub>ssv</sub>= Sólidos suspendidos en el efluente (mg/L)

Qwas= Caudal de Purga. (m<sup>3</sup>/ día)

RAS<sub>ssv</sub>= Sólidos suspendidos en el sedimentador (mg/L)

- **SVI (Índice de volumen de lodo).**

Es un indicador para determinar la sedimentabilidad de un lodo. Por definición corresponde al volumen ocupado por un gramo de sólidos suspendidos al cabo de 30 minutos de sedimentación. En la tabla 16 se detalla el factor y característica de sedimentabilidad.

**Tabla 16**

*Índice de sedimentabilidad del lodo activado*

IVL (ml/g)	Sedimentabilidad	Características
< 50	Mala	Pin Point Floc (mala sedimentabilidad)
80 – 150	Muy buena	Efluente bueno
150 – 200	Tolerable	Peligro de pérdida de lodo
200 – 400	Mala Lodo	Lodo con problemas (bulking filamentoso)
> 400	Muy Mala	Pérdida total de lodo

**Fuente:** (Martínez de la Cuesta, 2004)

- **Factores en el Clarificador**

**Caudal de recirculación:** El lodo sedimentado en el clarificador se recircula con respecto al reactor biológico con el fin de mantener una determinada carga. Este parámetro es importante y se conoce como la cantidad de lodos activados que regresan (RAS).

**Caudal de Purga:** El control de un proceso de lodos activados es importante para la eliminación de los lodos viejos a fin de mantener altos niveles en el funcionamiento del tratamiento conocido como (WAS).

$$Q_{was} = \frac{MLVSS * (V_r + V_c)}{MCRT_{des} * RAS_{ssv}}$$

Donde:

MCRT<sub>des</sub>= Edad lodo deseado (días)

V<sub>c</sub>= Volumen Clarificador (m<sup>3</sup>)

V<sub>r</sub>= Volumen Reactor (m<sup>3</sup>)

MLVSS= Sólidos Suspendidos Volátiles en Licor Mezclado (mg/L)

Q<sub>was</sub>= Caudal de Purga. (m<sup>3</sup>/ día)

RAS<sub>ssv</sub>= Sólidos suspendidos en el sedimentador (mg/L)

Todo lo anteriormente descrito son herramientas que sirven para optimizar el funcionamiento del sistema de tratamiento por lodos activados, y que además dependen de las condiciones y desempeño operativo de la planta o plan piloto.

### 2.7.2 Parámetros fisicoquímicos del agua

El término calidad del agua hace referencia al uso del recurso en diversas actividades. La interpretación de la calidad de agua en un cierto lugar pudiera significar que una fuente de agua suficientemente limpia que permita la vida de los peces puede

no ser apta para la natación, en contra parte a que una agua útil para el consumo humano puede resultar inadecuada para la industria (Barrenechea Martel, 2004).

Es importante considerar que la evaluación de la calidad del agua se realiza usando técnicas analíticas adecuadas para cada caso. Para que los resultados de estos valores sean representativos, es necesario dar mucha importancia a los procesos de muestreo y a las unidades empleadas para el efecto.

El criterio para definir la utilidad del agua para cierta actividad es a través de la comparación de los resultados obtenidos en la evaluación de la calidad del agua con los límites permisibles establecidos en la normativa vigente. La caracterización de agua se define por la medición de parámetros físico, químicos y biológicos, en la presente investigación se utilizaron los siguientes:

- **Características físicas:** Tienen directa incidencia sobre las condiciones estéticas y de aceptabilidad del agua (pH y sólidos disueltos).
- **Características químicas:** Elementos significativos para el tratamiento del agua residual que tienen efecto directo sobre el uso posterior (DQO, DBO<sub>5</sub>, Aceites y grasas, Nitrógeno total, Fosforo total, Manganeseo, Nitritos, Oxígeno Disuelto, Sulfato, Hierro y Boro).
- **Características biológicas:** Puede ser de origen natural (excretas humanas, descomposición de animales, entre otros) y artificial de origen antropogénico como sustancias orgánicas de síntesis mucho más contaminantes: plaguicidas,

insecticidas, fungicidas, residuos industriales de diferentes tipos de actividades. (Coliformes fecales).

Los parámetros fisicoquímicos de análisis utilizados en la presente investigación inciden en el correcto uso y riego del agua para aprovechamiento agroforestal:

- DBO<sub>5</sub>: Verifica la cantidad de oxígeno disponible para garantizar la descomposición biológica aerobia.
- DQO: Verifica la cantidad de material orgánico presente en el agua residual susceptible a ser oxidado.
- Aceites y Grasas: Determina presencia de grasas animales en el agua residual.
- Nitrógeno Total: Elemento esencial para el crecimiento biológico.
- pH: Constata que el rango de medición sea de 5 – 9 para garantizar vida biológica.
- Sólidos Disueltos Totales: Materia suspendida que puede convertirse en lecho bacteriológico que depura el agua, el exceso puede incidir negativamente para la eficiencia del tratamiento de lodos activados.
- Fósforo Total: Elemento esencial para el crecimiento de algas y otros organismos biológicos.

En esta investigación se consideró tres análisis de agua: uno previo a la implementación del plan piloto de tratamiento de aguas residuales domésticas de acuerdo con la tabla 17, y los otros dos previo al riego y durante el crecimiento de las especies agrícolas y forestales detallados en la tabla 18.

**Tabla 17**

*Parámetros técnicos de análisis del agua residual previo a la implementación del tratamiento de lodos activados.*

Ensayo	Métodos Referencia	Unidades
<b>Demanda Bioquímica de Oxígeno 5</b>	APHA 5210 D	mg/l
<b>Demanda Química de Oxígeno</b>	APHA 5220 D	mg/l
<b>Aceites y Grasas</b>	EPA 418.1	---
<b>Nitrógeno Total*</b>	HACH 8075	mg/l
<b>pH</b>	APHA 4500	Unid. pH
<b>Sólidos Disueltos*</b>	APHA 2510	mg/l
<b>Fosforo Total</b>	HACH 8075	mg/l

**Tabla 18**

*Parámetros Físico - Químicos de calidad para el análisis de agua tratada previo al riego y durante el crecimiento de las plantas agroforestales*

Ensayo	Métodos Referencia	Unidades
<b>Manganeso**</b>	EPA 6020 A	mg/l
<b>Nitritos*</b>	APHA 4500 NO2-B	mg/l
<b>pH</b>	APHA 4500	Unid. pH
<b>Coliformes fecales</b>	APHA 9223 B	NMP/100ml
<b>Oxígeno disuelto</b>	APHA 4500 O G	mg/l
<b>Sulfatos*</b>	APHA 4500 SO4-E	mg/l
<b>Hierro**</b>	APHA 3120 B	mg/l
<b>Boro**</b>	EPA 6020 A	mg/l

\* MACRONUTRIENTES

\*\* MICRONUTRIENTES

Los resultados de la medición de los parámetros fisicoquímicos del agua antes descritos darán cumplimiento a lo establecido en el Acuerdo Ministerial No. 97-A publicado en el Registro Oficial No. 387 Edición Especial del miércoles 4 de noviembre de 2015; mismos que se detallan en la tabla 19 de acuerdo al Anexo 1 Tabla 2 de criterio para calidad de agua para riego agrícola.

**Tabla 19**

*Límites permisibles del agua previo al riego y durante el crecimiento de las plantas agroforestales*

Ensayo	Unidades	Límite Permissible
<b>Manganeso **</b>	mg/l	0.2
<b>Nitritos *</b>	mg/l	0.5
<b>pH</b>	Unid. pH	6-9
<b>Coliformes fecales</b>	NMP/100ml	1000
<b>Oxígeno disuelto</b>	mg/l	3
<b>Sulfatos *</b>	mg/l	250
<b>Hierro**</b>	mg/l	5
<b>Boro**</b>	mg/l	0.75

\* MACRONUTRIENTES

\*\* MICRONUTRIENTES

## 2.8 Viveros forestales y agrícolas

Son espacios cerrados donde se cultivan plantas a condiciones climáticas diferentes a las condiciones externas, también se consideran una especie de laboratorio de investigación, cuya función es producir, proteger las especies en extinción y propagar masivamente plantas o material vegetativo, convirtiéndose en bancos temporales de germoplasma y de plantas nativas de un determinado lugar. Los componentes de un vivero son: los semilleros (lugar donde se siembran las semillas para iniciar su proceso germinativo para una vez nacidas trasplantarlas a otro sitio, también es posible realizar el proceso de germinación en bandejas ubicadas bajo sombra para proteger y lograr obtener condiciones ambientales mínimamente controladas), bancos de tierra (de preferencia tierra negra y abonada para mejorar la textura del suelo y ayudar al desarrollo de las raíces, lo que favorece la absorción de agua y evita la aparición de hongos que afecten la germinación de las plantas), lotes de crecimiento de las especies (es preciso

cambiarlos de lugar a fin de prepararlas para su desarrollo definitivo en el campo) y una bodega (guardar insumos y protegerlos de los rayos solares) (Del Amo , 2002).

Con la finalidad de mejorar la calidad de vida de las personas y satisfacer las necesidades alimenticias y comerciales, el vivero es una alternativa que influye en el éxito de la producción, desempeño y crecimiento de las plantas. De acuerdo a su producción los viveros agrícolas pueden variar en su estructura y estar orientados a la obtención de cultivos para la venta y posterior consumo, efecto de la gran demanda mundial de alimentos. Adicionalmente la utilización de viveros forestales puede tener dificultades en el crecimiento de la semilla, debido a que se requiere de un cuidado especial para lograr producir una mayor cantidad de ejemplares, razón por la cual los viveros pueden ser controlados, semicontrolados o rústicos (CIPAV, 2013).

Entre los factores que determinan las características de un vivero y de sus plantas se hallan la luz, la temperatura, el sustrato empleado, la frecuencia de riego y la humedad ambiental (Napier , 1985).

## **2.9 Restauración Ecológica.**

Dentro de la restauración ecológica se podrían considerar tres visiones diferentes con un alcance y metodología de aplicación específica, pero con una finalidad en común, la remediación ecológica (Vázquez, 2012).

- La primera visión para la restauración considera el regreso a las condiciones existentes en las comunidades naturales originales de cada región, incluida la

diversidad biológica endémica, que en el mejor de los casos logra brindar cierta estabilidad sin necesidad de un manejo posterior, siendo viable en zonas no tan intervenidas.

- La segunda visión para una restauración ecológica consiste en recuperar las principales funciones ambientales del ecosistema original, a fin de que se logre mantener una óptima estabilidad y la fertilidad del suelo. Facilitando la conservación del suelo y del ciclo hidrológico, aunque parte de la diversidad se haya perdido, la estabilidad del sistema deberá ser monitoreada y manejada de manera cuidadosa evitando así que las especies exóticas ingresen en esta área altamente alterada.
- La restauración del paisaje es la tercera forma de lograr una restauración, en este caso se busca desarrollar un paisaje atractivo y salubre para reemplazar otro que difícilmente se logrará recuperar a corto o mediano plazo. Ejemplo, en un relleno sanitario.

Los niveles de destrucción de la cubierta vegetal, la calidad del suelo y la fertilidad asociada a la capacidad de regeneración de la vegetación nativa marcarán la pauta del origen y las características biológicas de las especies que podrán usarse para cada localidad (Vázquez, 2012).

En localidades con un nivel de deterioro medio se podría requerir técnicas de recuperación o rehabilitación que incluyen un manejo adecuado, mejoramiento ambiental del sitio usando especies de plantas que fortalezcan las cualidades del suelo y de un

vivero acondicionado, combinada con el uso de agua tratada para riego; dando así una recuperación integral del recurso suelo y agua (FAO, 2017).

Mientras tanto que en áreas muy alteradas o en las que se presenta una invasión natural o inducida de especies de plantas exóticas se podrían requerir de acciones como: eliminación de la vegetación invasora, mejoramiento ambiental del sitio por medio de especies vegetales locales o introducidas adecuadas para el fin buscado, e incluso puede requerirse cambios utilizando técnicas de ingeniería del paisaje para mejorar las condiciones de establecimiento de las plantas que se utilicen en la reforestación (Vázquez, 2012).

### **2.9.1 Sistemas agrosilvopastoriles**

Estos sistemas tratan de combinaciones de cultivos de árboles y arbustos con cultivos o pastizales, que varían de acuerdo al periodo de siembra y/o cultivo, a la composición de cada especie, a las interacciones biológicas. En este tipo de sistemas el diseño agrosilvopastoril permitirá que los componentes leñosos puedan prestar servicios valiosos como: sombra, protección al cultivo contra el viento, control de erosión eólica e hídrica, reducción de la evapotranspiración, acumulación de materia orgánica y fijación del nitrógeno atmosférico en el suelo, mientras que la vegetación, permitirá el reciclaje eficiente de macro y micronutrientes, retención e infiltración del agua en el suelo y un hábitat adecuado para algunas especies endémicas (Vázquez, 2012).

Los productos resultantes del sistema agrosilvopastoril pueden ser: forrajes, leña y carbón, postes, abonos verdes, vainas comestibles, miel, árboles maderables y frutas,

colorantes, fibras, entre otros productos. Las mayores ventajas que proporcionan los sistemas agrosilvopastoriles son una mejor conservación del suelo y reducción en el uso de fertilizantes. Desafortunadamente, la falta de voluntad política, inversión estratégica y organización social dificultan la implementación de estos sistemas (FAO, 2004).

Las leguminosas de la familia de las fabáceas juegan un papel primordial en el diseño y resultados que se obtengan en los sistemas agrosilvopastoriles tropicales debido a la capacidad para la fijación del nitrógeno molecular atmosférico en moléculas orgánicas (Vázquez, 2012); sin embargo, la eficaz aplicabilidad del sistema se logra mediante la combinación árboles cuya hojarasca tenga diferentes niveles de concentración de carbono y nitrógeno, ya que esto propicia una mejor calidad del humus formado y por lo tanto se mejora la capacidad de intercambio catiónico en el suelo y la estructura de los conglomerados edáficos cuya forma tamaño y disposición determinan el nivel de erosión y fertilidad del suelo recuperado (FAO, 2018).

## **2.10 Propuesta**

Una vez ejecutado el plan piloto y medidos los resultados, se establece una propuesta a mayor escala que permita replicar el resultado de esta investigación, mediante la implementación de 4 posibles alternativas que se detallan a continuación:

### **a. Reforestación lineal de los principales parques y bulevares del cantón Rumiñahui con especies forestales nativas.**

- Se plantea realizar actividades de reforestación con las especies cholán y cedro, utilizando la misma metodología aplicada en la investigación en la

etapa de vivero, para posteriormente trasplantar las especies al destino final seleccionado mejorando la estética y el paisaje de las áreas verdes del cantón.

**b. Adecuación de huertos familiares con especies agrícolas cultivadas.**

- Otra alternativa es impulsar, previa coordinación interinstitucional con las Autoridades cantonales, la implementación y apoyo para la adecuación de huertos familiares en zonas urbano - rurales del cantón, a fin de promover iniciativas sustentables de producción agrícola reaprovechando aguas residuales domésticas y pudiendo utilizar técnicas de crecimiento de especies agrícolas en vivero para generar mejores oportunidades socio económicas.

**c. Adecuación de viveros comunitarios con especies forestales**

- La implementación de viveros forestales en zonas rurales, con un riego controlado dependiendo la especie, permitirá el mejoramiento de las condiciones del suelo, y posteriormente facilitará la reforestación de zonas sensibles como: laderas, filos del río y bosques del cantón; sirviendo como cercas vivas, cortinas rompe vientos y contención en caso de catástrofes.

**d. Comercialización sustentable de especies forestales nativas y agrícolas**

- Las asociaciones, agremiaciones y personas que estén involucradas en las alternativas b y c podrán realizar la comercialización de las especies agroforestales a entidades gubernamentales, institutos de educación,

organizaciones sociales, empresas públicas o privadas con la finalidad de generar ingresos económicos sustentables y con responsabilidad ambiental.

La propuesta final que se aplique tendrá un alcance claro, conciso y ajustado a una prefactibilidad de proyecto, en donde se indique y establezca: las instituciones responsables para la ejecución del proyecto, encargado, objetivos generales y específicos, resultados, beneficiarios, requisitos técnicos y presupuesto de ejecución.

La propuesta seleccionada contendrá una evaluación económica a fin de asignar los recursos necesarios de forma sistemática y acorde a la necesidad reales de los beneficiarios.

El análisis costo beneficio identificará y comparará los costes y beneficios esperados de la propuesta, para que faciliten la toma de decisiones, siempre y cuando los beneficios sean mayores que los costos la propuesta será viable, rentable, socialmente aceptable y ambientalmente amigable (Winpenny, 2013).

El Análisis Costo Beneficio (ACB) se fundamenta en ciertos conceptos básicos:

- Siempre existen *alternativas*, la propuesta debe ser la más *eficaz* para el logro de los objetivos del proyecto y/o la más *viable* (por ej., práctica, oportuna, aceptable).
- *Hacer nada* es una opción a considerar, se da cuando los costos y beneficios netos de la propuesta deben compararse cuidadosamente con los efectos de “no hacer nada”.

- Los recursos utilizados en el proyecto normalmente tienen usos alternativos. Se debe calcular el *costo de oportunidad* de la inversión, que es el valor que permitirá que la sociedad logre un uso alternativo al que inicialmente fue implementado.
- Los costos y beneficios deben *cuantificarse* lo mejor posible. Deben expresarse en unidades comunes para lograr rigurosidad, objetividad y coherencia. No todos los costos y beneficios pueden cuantificarse o valorarse, y por eso la presentación de los resultados debe ser clara y hacer mención expresa a los ítems no cuantificados y su importancia, lo cual puede ser decisivo. Esto se aplica especialmente a los efectos en la salud pública y al valor recreativo de los lugares naturales y otros servicios ambientales (FAO, 2004).
- La consideración del *tiempo* es esencial en el ACB, especialmente para aquellos activos de larga duración y/o flujos de beneficios y costos que se extienden en el futuro, como los sistemas de riego, plantas de tratamiento de aguas residuales y otra infraestructura hídrica. Es fundamental tener en cuenta cuándo se dan los costos y los beneficios asociados al proyecto y comparar adecuadamente estos flujos.

El beneficio total de depurar, reutilizar agua residual y ejecutar la regeneración ecológica con especies endémicas será diferente en cada situación, pero generalmente será una mezcla entre los costos evitados y los beneficios económicos, ambientales y sociales generados.

## CAPÍTULO III

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS DE LA INVESTIGACIÓN

#### 3.1 Materiales

##### 3.1.1 Materiales, equipos e insumos para el Tratamiento de Aguas Residuales

###### Materiales

- 2 caballetes.
- 2 tableros de encofrado.
- Pecera (reactor) 185 litros con dimensiones (75x55x45) cm<sup>3</sup>.
- Manguera para aire comprimido de ½
- Acoples hidráulicos
- Tanque sedimentador primario de 120 litros.
- Cernidor para sedimentación primaria.
- 5 baldes de 20 litros.
- Papel filtro para sedimentación secundaria.
- Llave de paso

###### Equipos

- Mini Compresor de Aire de ¼ HP 1700<sub>RPM</sub>
- Regulador de voltaje

###### Insumos

- Agua residual proveniente del lavado y limpieza de jaulas de perros (Agua potable más materia orgánica animal).

### **3.1.2 Materiales para la construcción de dos viveros de 15 m<sup>2</sup>**

#### **Materiales**

- 10 puntales de 3 m de largo y 10 cm de diámetro.
- 10 pingos de 5 m de largo y 10 cm de diámetro.
- 8 piezas de eucalipto cortada a hacha de 13 cm de diámetro y 1,80 m de largo.
- 8 largueros de eucalipto (5cmx4cmx2,40m).
- 32 listones de eucalipto (7cmx3cmx1,80m).
- 50 tiras de eucalipto de (5cmx2cmx1,80m).
- 100 m<sup>2</sup> de plástico para invernadero.
- 120 ladrillos (30x20x15).
- Martillo de 27 onzas
- Clavos galvanizados de 5 pulgadas.
- Cinta métrica de 50 metros.
- Grampas.
- Tijera industrial.
- 1 rollo de piola para delimitar el terreno.
- Escuadra.

### **3.1.3 Materiales, equipos e insumos para la siembra y riego de las especies agrícolas y forestales.**

#### **Materiales**

- 360 semillas certificadas de zanahoria variedad Imperator.
- 360 semillas certificadas de lechuga certificada variedad Grandes Lagos.
- 360 semillas no certificadas de cholán.
- 360 semillas no certificadas de cedro.
- 500 kg de tierra negra.
- 250 kg de cascajo de arroz.
- 20 kg de turba.
- 200 kg de humus.
- 1 rollo de piola para demarcar las camas.
- 80 estacas para delimitar las camas.
- Cinta métrica de 50 metros.
- Nivel de 10 pulgadas.
- Rótulos para identificar cada parcela o cama.
- Azadón.
- Pala.
- Rastrillo.
- Escuadra.
- Serrucho.

- 1 regadera plásticas de 1 galón.
- Guantes.
- Mascarilla para desinfección.

### **Equipos**

- 1 bomba regadera de ½ galón.

### **Insumos**

- Agua residual tratada con lodos activados para riego en las especies agroforestales.
- 500 gramos de desinfectante de semilla vitavax, para las semillas no certificadas.
- Insecticida orgánico, constituido de: vinagre, ají y ajo, diluido en 500 ml de agua.

En la figura 5 se muestran todos los materiales, equipos e insumos utilizados para la implementación del sistema de tratamiento con lodos activados, además de los utilizados para el cuidado y riego de los cultivos.



**Figura 5** Materiales utilizados en la investigación

## **3.2 Métodos**

La metodología que se utilizó en esta investigación fue experimental, analítica y aplicada, debido a que su principal objetivo es relacionar variables entre grupos de estudio (especies agrícolas y forestales) que incidan en la evaluación y comparación del crecimiento inicial de las especies en análisis bajo invernadero y regadas con agua residual doméstica tratada.

La recolección de información se la realizó in situ, desde la germinación hasta el repique de las plantas para ejecutar un levantamiento periódico, tabulación de datos, análisis e interpretación de resultados.

### **3.2.1 Metodología para la implementación del sistema de tratamiento**

Una vez que se obtuvieron los resultados del análisis de laboratorio (ANEXO 1) se verificó que los parámetros medidos en el agua residual permitieron la ejecución del diseño para la implementación del plan piloto de tratamiento con lodos activados.

El caudal inicial que se utilizó para tratar el agua residual doméstica fue de 185 l/día, con un rendimiento del 80%, mientras que el volumen de riego con agua residual tratada requerido es de 70 litros diarios, tal como se muestra en la tabla 20. El lavado de jaulas se lo realizó cuando el tanque sedimentador primario se quedaba sin agua residual, es decir menos del 20% de su capacidad total. Siguiendo esta técnica se ejecutó en promedio 5 lavados de jaulas cada 8 días.

**Tabla 20**

*Cuadro resumen de los datos iniciales para el tratamiento de lodos activados*

DATOS INICIALES	LITROS
TANQUE SEDIMENTADOR PRIMARIO	120
PECERA o REACTOR	185
LAVADO JAULAS	100
RIEGO	70

Con los resultados obtenidos de análisis de agua residual se implementó el sistema de tratamiento con lodos activados como se observa en la figura 6, realizando las siguientes actividades:

- Instalación de un tanque sedimentador primario de 120 litros sobre dos caballetes con un tablero de encofrado como soporte a una altura de 1m.
- Instalación de la pecera ó reactor de 185 litros sobre un tablero de encofrado.
- Adaptación de la manguera y acoples al compresor de ¼ de HP para obtener el flujo de aire requerido.



**Figura 6** Implementación del Sistema de Tratamiento de Lodos Activados

Desde la implementación del sistema de tratamiento de lodos activados con un reactor lleno y un tiempo de retención de 25 días para el crecimiento del lecho bacteriológico, mismo que una vez estabilizado permitió que el nuevo caudal de agua residual doméstica, desde el tanque sedimentador primario reciba un tratamiento eficaz cada 24 horas, como se observa en la figura 7.



**Figura 7** Crecimiento del lecho bacteriológico a los 25 días de implementado el sistema tratamiento de lodos activados

Este proceso consistió en tratar el agua residual, mediante la generación de un lodo biológico (microorganismos) que se mezcló y aireó en un tanque denominado reactor (Figura 7). En el proceso de lodos activados los microorganismos son completamente mezclados con la materia orgánica en el agua residual de manera que ésta les sirve de sustrato alimenticio. Es importante indicar que la mezcla o agitación se efectúa por medios mecánicos superficiales o sopladores sumergidos, los cuales tiene doble función 1) producir mezcla completa y 2) agregar oxígeno al medio para que el proceso se desarrolle eficazmente, tal como se observa en la figura 8.



**Figura 8** Proceso para la implementación del Sistema de Tratamiento de Lodos Activados

### 3.2.2 Metodología de muestreo para el agua residual doméstica y agua tratada

El muestreo del agua residual doméstica con y sin tratamiento se realizó en tres etapas: previo al tratamiento como se observa en la figura 9. El siguiente antes del primer riego como muestra en la figura 10 y durante el cuarto mes de haber iniciado la germinación y repique de las especies forestales y agrícolas indicado en la figura 11. Para constancia de lo aquí descrito se anexan los resultados del laboratorio. (Ver resultados de análisis de agua Anexos 1, 2.2 y 3.2)



**Figura 9** Preparación de muestras previas al tratamiento



**Figura 10** Preparación de muestras previo al riego



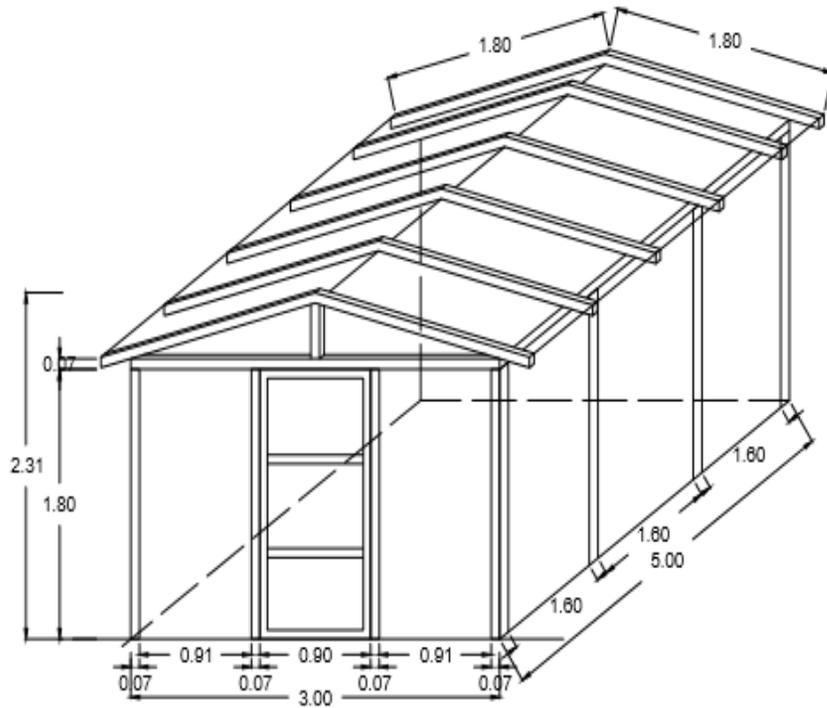
**Figura 11** Muestreo del agua residual tratada durante el riego

### **3.2.3 Metodología del diseño y adecuación del invernadero y semilleros**

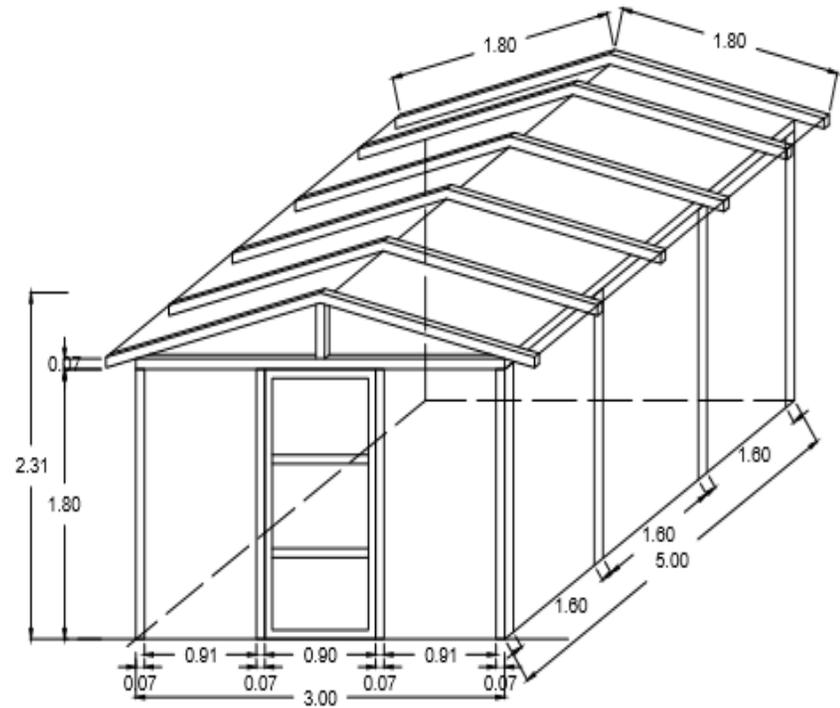
El diseño, construcción, implementación y adecuación de los invernaderos se realizó con la finalidad de brindar a las plantas agroforestales las condiciones óptimas, como se observa en la figura 13, para el correcto desarrollo, crecimiento, cosecha para consumo (especies agrícolas) y trasplante para reforestación en áreas verdes (especies forestales).

Todo el proceso comprende dos etapas:

**Primera etapa:** Construcción e implementación del vivero como se observa en la figura 12.



ESQUEMA INVERNADERO  
ESPECIES FORESTALES



ESQUEMA INVERNADERO  
ESPECIES AGRICOLAS

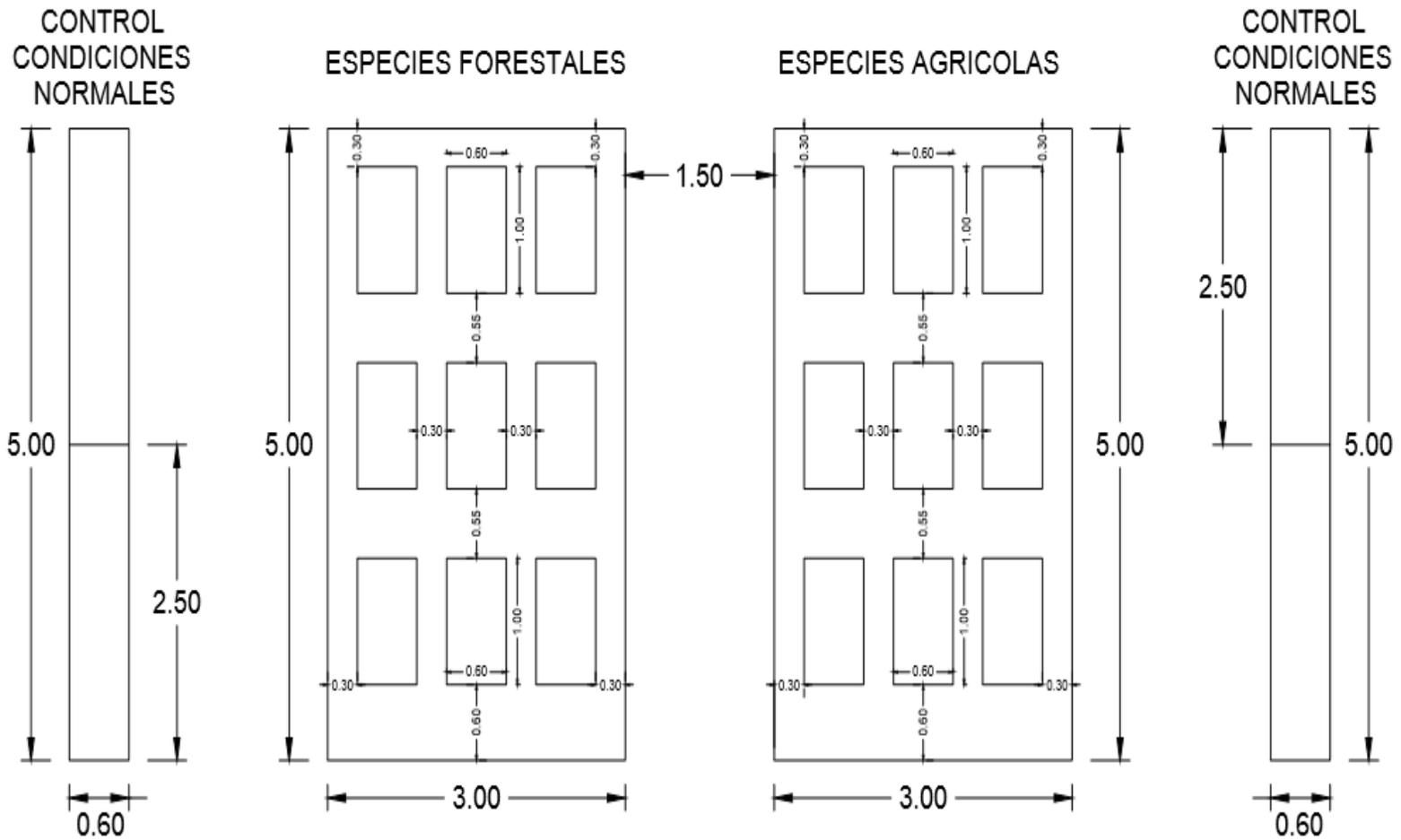
**Figura 12** Esquema del Diseño de los Viveros



**Figura 13** Construcción de los viveros

**Segunda etapa:**

- Diseño del semillero indicado en la figura 14.
- Preparación del suelo mezclado con una relación porcentual de 80% tierra negra, 10% sustrato (cascajo de arroz 75% y turba 25%) y 10% humus por cada m<sup>2</sup> de suelo en los viveros, como se observa en la figura 15.
- Adecuación del semillero como se indica en la figura 16.



**Figura 14** Esquema del diseño del semillero.



**Figura 15** Preparación de los semilleros



**Figura 16** Adecuación de los semilleros

### **3.2.4 Metodología del muestreo de suelo**

El muestreo del suelo se realizó en dos etapas: previo a la siembra como se observa en la figura 17 y durante el riego y crecimiento de las plantas agroforestales tal como se indica en la figura 18, con la finalidad de estimar y observar los efectos del agua residual tratada en la calidad del suelo durante el crecimiento y desarrollo de las plantas. (Ver *resultados de análisis de agua Anexos 2.1 y 3.1*).



**Figura 17** Muestreo de suelo previo a la cosecha de las especies agrícolas y forestales



**Figura 18** Muestreo de suelo durante el crecimiento y riego de las especies forestales y agrícolas

### **3.2.5 Metodología para el diseño experimental de la siembra de las especies forestales y agrícolas**

El diseño experimental involucra la comprobación de una hipótesis, acorde a ciertos criterios técnicos y logísticos propios de la investigación propuesta en este trabajo de titulación (Sampieri, 2010).

El área experimental fue de 15 m<sup>2</sup> para cada vivero, la distribución interna del invernadero fue de 9 camas con dimensiones de 0,60 x 1m, donde se sembraron 144 plantas por vivero, es decir 72 por especie. El diseño experimental seleccionado fue aleatorio simple aplicando un tratamiento de riego con agua residual tratada con lodos activados para las 4 especies agrícolas y forestales, realizando una repetición o riego diario por especie, lo cual permitió en un lapso de 5 meses medir las siguientes variables: diámetro del tallo, número de hojas, altura de la planta y supervivencia.

El desarrollo y adaptación de las especies facilitó descartar las plántulas que no lograron germinar y las que tuvieron un bajo porcentaje de supervivencia; a fin de seleccionar las plantas más vigorosas, hasta completar las 36 unidades experimentales requeridas por especie.

Dentro del diseño no se consideró el efecto de borde en cada parcela, debido a que no sufrieron alteración alguna durante el proceso de germinación y repique de las plantas (Granados, 2014).

Las repeticiones consistieron en controlar el riego manual diario con agua residual domestica tratada durante los 5 primeros meses de desarrollo de las plantas seleccionadas. Adicionalmente, se realizó un control manual de malezas en cada invernadero como se observa en la figura 19; el control de plagas y enfermedades, si ameritaba, se lo realizaba mediante un plaguicida orgánico, compuesto por: aerosol picante, dosis recomendada: 7-10 ml/l agua; y además con la siembra de plantas medicinales indicadas en la figura 20, distribuidas en el perímetro externo del vivero, para que repelen los insectos y permitan mantener las plantas sanas y vigorosas.

#### **Ventajas del diseño experimental aleatorio simple**

- Este método es flexible, el número de observaciones puede variar de un tratamiento a otro.
- El análisis estadístico es simple, aunque se tengan tratamientos con diferentes números de observaciones.
- El análisis no se complica cuando se pierde algún dato o todo un periodo de tratamiento.
- Los grados de libertad son máximos y en el caso de experimentos pequeños con pocos tratamientos y repeticiones representa una ventaja.
- Es un diseño muy utilizado en investigación agrícola, especialmente en condiciones de laboratorio e invernaderos (Acuña, 2015).



**Figura 19** Control de malezas en las camas



**Figura 20** Plantas medicinales sembradas en el perímetro externo de los viveros

Respecto al diseño experimental del tratamiento testigo (sin ningún tipo de riego ni control), se sembraron 36 plantas de cada especie, distribuidas en 4 camas de 0.60 x 2,50m fuera de cada invernadero, con la finalidad de observar y comparar el crecimiento

inicial de las especies agroforestales en condiciones normales, como se observa en la figura 21.



**Figura 21** Adecuación de los controles o testigos

### 3.2.6 Siembra de las especies forestales y agrícolas.

Previo a la siembra de las especies forestales y agrícolas se realizó la desinfección de las semillas, para verificar el estado y calidad de las mismas, como se observa en la figura 22.



**Figura 22** Control y verificación de las semillas

En los semilleros se realizaron 16 surcos para el crecimiento de cada una de las plantas por especie de acuerdo al diseño experimental seleccionado como se observa en la figura 23.



**Figura 23** Distribución de los surcos

Considerando que en cada surco se sembraron dos semillas de cada especie para asegurar la germinación y supervivencia indicada en la figura 24.



**Figura 24** Siembra de las semillas

### 3.2.7 Metodología del riego

El riego se lo realizó de forma manual utilizando una regadera de galón y una bomba regadera de ½ galón con una frecuencia de riego de 2 veces al día al inicio de la siembra, para mantener húmedas las camas. Posteriormente la frecuencia de riego varió en función al desarrollo y crecimiento de cada especie forestal y agrícola.

A continuación, en la tabla 21 se describe la frecuencia de riego para cada especie agrícola y forestal de acuerdo con el desarrollo fenológico de las plantas.

**Tabla 21**

*Frecuencia de riego para cada especie durante el desarrollo y crecimiento*

FRECUENCIA DE RIEGO EN LAS ESPECIES						
PERIODO	SEMANA 1-4	SEMANA 5-8	SEMANA 9-12	SEMANA 13-16	SEMANA 17-20	SEMANA 21-24
<b>ESPECIES FORESTALES</b>						
<b>Cedro</b>	2 veces al día	2 veces al día	2 veces al día	1 vez al día	1 vez al día	1 vez al día
<b>Cholán</b>	2 veces al día	2 veces al día	2 veces al día	1 vez al día	1 vez al día	1 vez al día
<b>ESPECIES AGRÍCOLAS</b>						
<b>Lechuga</b>	3 veces al día	2 veces al día	1 vez al día	1 vez al día	Cosecha semana 19	-
<b>Zanahoria</b>	3 veces al día	2 veces al día	1 vez al día	1 vez al día	1 vez al día	1 vez al día

#### **Especies Forestales**

En la figura 25 se muestra como se realizó el riego de forma manual, tanto al inicio de la siembra como durante el crecimiento de las especies forestales.



**Figura 25** Riego durante la siembra y crecimiento de las plantas forestales

### **Especies Agrícolas**

En la figura 26 se indica la frecuencia de riego manual, tanto al inicio de la siembra como previo a la cosecha de la lechuga y zanahoria.



**Figura 26** Riego durante la germinación y repique de las plantas agrícolas

### 3.2.8 Adaptación de las plantas en los viveros

En la figura 27 se evidencia como se adaptaron las especies forestales a las características del suelo acondicionadas al invernadero, regadas con agua residual doméstica tratada con lodos activados.



**Figura 27** Inventario de Especies Forestales

Para el caso de las especies agrícolas se indica en la figura 28 la adaptación de las plantas a las condiciones de invernadero, suelo y riego con aguas residual doméstica tratada con lodos activados.



**Figura 28** Inventario de Especies Agrícolas

### 3.2.9 Medición de la especies forestales y agrícolas

Esta investigación obtuvo resultados representativos del crecimiento inicial de las especies forestales y agrícolas regadas con agua residual doméstica tratada con lodos activados, cuantificando y comparando variables de supervivencia, altura de la planta, diámetro del tallo y número de hojas durante un periodo de medición de 5 meses contados a partir de la germinación.

#### Variables de medición

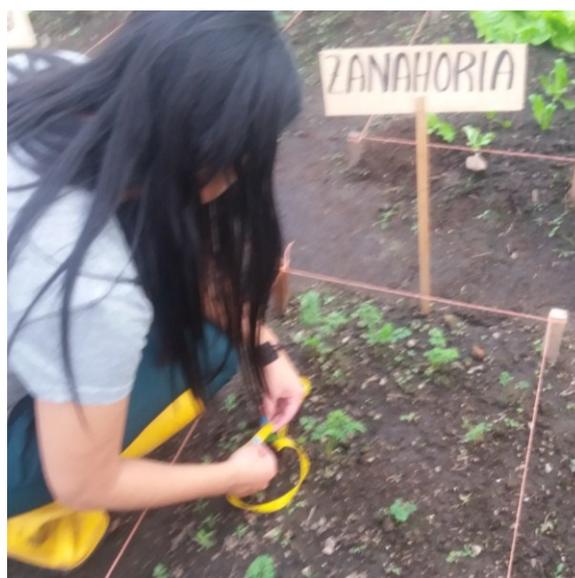
**Supervivencia.** - Es la capacidad que tienen las especies para adaptarse a condiciones adversas o favorables que permitan un adecuado crecimiento y desarrollo. Se expresa en valores porcentuales para cuantificar la tasa de mortalidad de un cultivo.

**Altura de planta.** - Es la medición de la planta desde la base del tallo hasta la inserción de la hoja terminal. Esta variable se expresa en cm como se observa en la figura 29.



**Figura 29** Medición de Altura de la Planta

**Diámetro de tallo.** - Conforme la planta se adapta al invernadero aumenta su altura y diámetro, variable que se midió en cm, como se indica en la figura 30.



**Figura 30** Medición del Diámetro del tallo

**Número de hojas.** - La cuantificación de esta variable se realizó a partir de la aparición de las primeras hojas verdaderas en cada especie analizada como se observa en la figura 31.



**Figura 31** Conteo de número de hojas

### **Factores considerados en los tratamientos**

El diseño aleatorio simple que se utilizó en esta investigación permitió combinar la incidencia de tres factores que determinan la implementación de 4 tratamientos en los cuales se midieron las variables antes descritas.

Los resultados obtenidos entre los 4 tratamientos permitieron proponer una alternativa sustentable a mayor escala.

### **Factor A: Especies forestales**

a1: Cholán (*Tecoma stans*)

a2: Cedro (*Cedrela montana*)

**Factor B: Especies agrícolas**

b1: Lechuga (*Lactuca sativa*)

b2: Zanahoria (*Daucus carota*)

**Factor C: Concentración de agua**

c1: agua residual doméstica tratada con lodos activados

**Tratamientos:**

T1: a1c1: Cholán, agua residual doméstica tratada con lodos activados

T2: a2c1: Cedro, agua residual doméstica tratada con lodos activados

T3: b1c1: Lechuga, agua residual doméstica tratada con lodos activados

T4: b2c1: Zanahoria, agua residual doméstica tratada con lodos activados

## CAPÍTULO IV

### 4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1 Resultados del monitoreo del agua

##### 4.1.1 Parámetros del agua residual previo a la implementación del sistema de tratamiento

La correcta implementación del sistema de tratamiento se avaló mediante el resultado del análisis de los parámetros del agua residual proveniente del lavado de jaulas, mismos que se detallan en la tabla 22.

**Tabla 22**

*Resultados del análisis físico químico del agua residual sin tratamiento*

PARÁMETROS	UNIDAD	VALOR
Aceites y grasas	mg/L	268,4
DBO <sub>5</sub>	mgO <sub>2</sub> /L	321
DQO	mg/L	22.600
Fosforo Total	mg/L	78,7
Nitrógeno Total	mg/L	573,8
pH	UpH	7,18
Solidos Totales Disueltos	mg/L	926

Los resultados permitieron identificar que la calidad del agua residual favorecía el tratamiento con lodos activados, debido a que la cantidad de sólidos disueltos totales, DBO<sub>5</sub>, nitrógeno total y fosforo total ayudan al crecimiento de microorganismos aeróbicos que actuaron en la depuración del agua residual proveniente de las jaulas. En este

análisis no se consideró el parámetro de coliformes fecales debido a que no es necesario saber su valor para determinar el cumplimiento del parámetro con la normativa vigente, ya que para el diseño las especificaciones técnicas mínimas requeridas son las detalladas en la tabla 22.

En los análisis posteriores del agua residual doméstica tratada, previo y durante el riego si es importante considerar el cumplimiento del parámetro de coliformes fecales para riego agrícola.

#### 4.1.2 Parámetros del agua residual tratada previo y durante el riego

Una vez que el sistema de tratamiento de lodos activados estaba en funcionamiento se realizó el correspondiente monitoreo de control previo al riego para constatar si el agua residual tratada cumple con los límites máximos permisibles de riego agrícola de acuerdo a la tabla 2 del Anexo 1 Acuerdo Ministerial No. 97-A publicado en el Registro Oficial No. 387 Edición Especial del miércoles 4 de noviembre de 2015; los resultados obtenidos en el muestreo del 7 de marzo del 2017, se detallan en la tabla 23.

**Tabla 23**

*Resultados del análisis físico químico del agua residual tratada previo al riego*

PARÁMETROS	UNIDAD	VALOR	LIMITE PERMISIBLE	CUMPLIMIENTO
<b>Manganeso**</b>	mg/l	0,11	0,2	<b>CUMPLE</b>
<b>Nitritos*</b>	mg/l	<0,010	0,5	<b>CUMPLE</b>
<b>pH</b>	Unid. pH	7,27	6-9	<b>CUMPLE</b>
<b>Coliformes fecales</b>	NMP/100ml	48,00	1000	<b>CUMPLE</b>
<b>Oxígeno disuelto</b>	mg/l	<2,0	3	<b>CUMPLE</b>

CONTINÚA

<b>Sulfatos*</b>	mg/l	20,1	250	<b>CUMPLE</b>
<b>Hierro**</b>	mg/l	0,98	5	<b>CUMPLE</b>
<b>Boro**</b>	mg/l	<0,30	0,75	<b>CUMPLE</b>

\*Micronutrientes

\*\*Macronutrientes

Los resultados obtenidos permitieron garantizar el riego para uso agrícola con agua residual tratada, ya que todos los parámetros analizados arrojaron valores por debajo de los límites máximos permisibles.

De acuerdo a lo establecido y definido en el perfil de tesis se procedió a realizar un segundo monitoreo de control durante el riego con la finalidad de constatar la calidad del agua residual doméstica tratada y el cumplimiento de los límites máximos permisibles para riego agrícola de acuerdo a la tabla 2 del Anexo 1 Acuerdo Ministerial No. 97-A publicado en el Registro Oficial No. 387 Edición Especial del miércoles 4 de noviembre de 2015; los resultados obtenidos del muestreo realizado el 7 de Diciembre del 2017, mismo que se indica en la tabla 24.

**Tabla 24**

*Resultados del análisis físico químico del agua residual tratada durante el riego*

PARÁMETROS	UNIDAD	VALOR	LIMITE PERMISIBLE	CUMPLIMIENTO
<b>Manganeso**</b>	mg/l	<0,05	0,2	<b>CUMPLE</b>
<b>Nitritos*</b>	mg/l	0,024	0,5	<b>CUMPLE</b>
<b>pH</b>	Unid. pH	7,45	6-9	<b>CUMPLE</b>
<b>Coliformes fecales</b>	NMP/100ml	79,0	1000	<b>CUMPLE</b>
<b>Oxígeno disuelto</b>	mg/l	2,97	3	<b>CUMPLE</b>
<b>Sulfatos*</b>	mg/l	6,7	250	<b>CUMPLE</b>
<b>Hierro**</b>	mg/l	0,25	5	<b>CUMPLE</b>
<b>Boro**</b>	mg/l	<0,30	0,75	<b>CUMPLE</b>

\*Micronutrientes

\*\*Macronutrientes

Los resultados obtenidos en el segundo análisis permitieron identificar que el agua residual doméstica tratada mediante la técnica de lodos activados cumplió con la normativa vigente para riego agrícola que favoreció el crecimiento de las plantas.

## 4.2 Resultados del monitoreo del suelo

### 4.2.1 Parámetros del suelo previo y durante el riego

Una vez construidos los 2 viveros se procedió a preparar el suelo mezclado con una relación porcentual de 80% tierra negra, 10% sustrato (cascajo de arroz 75% y turba 25%) y 10% humus por cada m<sup>2</sup> de suelo de los viveros, considerando que cada uno tiene una superficie de 15 m<sup>2</sup>. Luego se realizó el muestreo del suelo para constatar el cumplimiento de los parámetros mínimos de calidad que faciliten el crecimiento de las plantas, de acuerdo a lo establecido en la tabla No1 del Anexo 2 Libro VI Acuerdo Ministerial No. 97-A publicado en el Registro Oficial No. 387 Edición Especial del miércoles 4 de noviembre de 2015. Los resultados obtenidos en el muestreo del suelo previo a la siembra, con fecha 7 de marzo del 2017, se indican en la tabla 25.

#### Tabla 25

*Resultados del análisis físico químico del suelo previo a la siembra de las especies forestales y agrícolas*

PARÁMETROS	UNIDAD	VALOR	CRITERIO DE CALIDAD
pH	Unid. pH	6,71	6 – 8
Humedad	%	11,79	N/A
Conductividad	uS/cm	487	200
Boro**	mg/kg	<1,67	1
Azufre elemental*	mg/kg	44,5	250

CONTINÚA

Zinc**	mg/kg	113,2	60
--------	-------	-------	----

Los resultados de la tabla 25 señalan que la adecuación y adición de los sustratos sobrecargaron los micro y macronutrientes en el suelo, puntualmente para el caso del boro y zinc, favoreciendo el crecimiento y desarrollo de las plantas desde la germinación. En cuanto a la conductividad eléctrica cuyo valor transformado es de 0,487 dS/m, permite la siembra de todo tipo de cultivos de acuerdo con el criterio establecido en la tabla 26.

### Tabla 26

*Clasificación de los suelos en base a su CEE y el efecto general sobre los cultivos*

CE <sub>e</sub>	Condiciones de salinidad y efecto sobre las plantas
<1	Suelo libre de sales. No existe restricción para ningún cultivo.
1-2	Suelo muy bajo en sales. Algunos cultivos muy sensibles pueden ver restringidos sus rendimientos.
2-4	Suelo moderadamente salino. Los rendimientos de cultivos sensibles pueden verse afectados en su rendimiento.
4-8	Suelo salino. El rendimiento de casi todos los cultivos se ve afectado por esta condición de salinidad.
8-16	Suelo altamente salino. Solo los cultivos muy resistentes a la salinidad pueden crecer en estos suelos.
>16	Suelo extremadamente salino. Prácticamente ningún cultivo convencional puede crecer económicamente en estos suelos.

**Fuente:** (Castellanos, 2000)

Considerando que la humedad obtenida en el análisis tiene un valor de 11,79% que, para el tipo de suelo utilizado, franco arenoso, es compatible a la textura y dinámica del suelo para el óptimo crecimiento de las plantas.

De acuerdo a lo establecido y definido en el perfil de tesis se realizó el segundo monitoreo de suelo durante el riego y crecimiento de las plantas para valorar que los parámetros analizados cumplan con los criterios de calidad de suelo establecidos en la tabla No 1 del Anexo 2 Acuerdo Ministerial No. 97-A publicado en el Registro Oficial No. 387 Edición Especial del miércoles 4 de noviembre de 2015; los resultados obtenidos del muestreo realizado el 7 de diciembre del 2017, se detallan en la tabla 27.

**Tabla 27**

*Resultados del análisis físico químico del suelo durante el crecimiento de las especies forestales y agrícolas*

PARÁMETROS	UNIDAD	VALOR	CRITERIO DE CALIDAD
<b>pH</b>	Unid. pH	7,15	6 – 8
<b>Humedad</b>	%	14,77	N/A
<b>Conductividad</b>	uS/cm	507,0	200
<b>Boro**</b>	mg/kg	<1,67	1
<b>Azufre elemental*</b>	mg/kg	45,0	250
<b>Zinc**</b>	mg/kg	79,4	60

Estos resultados indican la misma tendencia que los obtenidos en el primer muestreo, manteniéndose el criterio de justificación tanto para humedad, conductividad, macro y micronutrientes.

### 4.3 Resultados de la medición de las especies agroforestales

Para la medición de los resultados se utilizó el software INFOSTAT que sirve para análisis estadístico de datos, a fin de cubrir las necesidades elementales para la obtención de estadísticas descriptivas y gráficas que permitan el mejor entendimiento y la correcta interpretación de resultados.

#### 4.3.1 Resultados de la medición de las Especies Agrícolas

- **Lechuga** (*Lactuca sativa*)

De las 72 semillas sembradas germinaron un total de 69 plantas dando un índice de supervivencia de **0,96**. Siguiendo la metodología establecida se eligieron 36 unidades

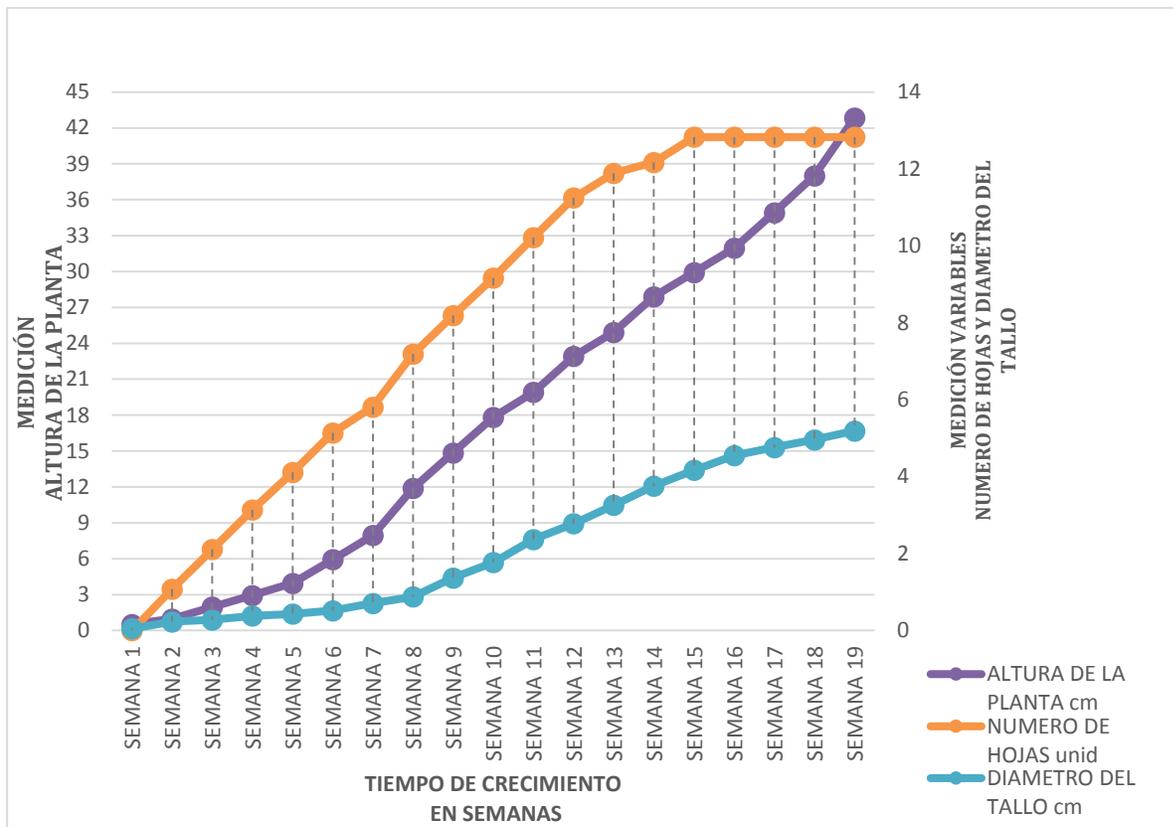
experimentales, es decir las plantas más vigorosas y saludables a fin de realizar una medición cada 7 días hasta la semana 19 de las siguientes variables: Número de Hojas (NH), Diámetro del Tallo (DT) y Altura de la Planta (AP); detallados en la tabla 28.

**Tabla 28**

*Promedio de la medición de las variables en las 36 unidades experimentales de la lechuga*

SEMANA	NH	DT (cm)	AP (cm)
<b>SEMANA 1</b>	0	0,05	0,52
<b>SEMANA 2</b>	1	0,23	0,98
<b>SEMANA 3</b>	2	0,28	1,97
<b>SEMANA 4</b>	3	0,38	2,94
<b>SEMANA 5</b>	4	0,43	3,95
<b>SEMANA 6</b>	5	0,52	5,93
<b>SEMANA 7</b>	6	0,71	7,95
<b>SEMANA 8</b>	7	0,88	11,9
<b>SEMANA 9</b>	8	1,37	14,9
<b>SEMANA 10</b>	9	1,77	17,8
<b>SEMANA 11</b>	10	2,37	19,9
<b>SEMANA 12</b>	11	2,78	22,9
<b>SEMANA 13</b>	12	3,26	24,9
<b>SEMANA 14</b>	12	3,76	27,9
<b>SEMANA 15</b>	13	4,17	29,9
<b>SEMANA 16</b>	13	4,55	32
<b>SEMANA 17</b>	13	4,76	34,9
<b>SEMANA 18</b>	13	4,96	38
<b>SEMANA 19</b>	13	5,19	42,8

Los resultados promedio indicados en la tabla 28, permitieron realizar una comparación gráfica para identificar y analizar la correlación entre cada una de las variables y el desarrollo en general de la planta, tal como se muestra en la figura 32.



**Figura 32** Comparación promedio de las variables en las 36 unidades experimentales de la lechuga

Como referencia del crecimiento y la correlación de los resultados obtenidos se realizó un esquema del desarrollo fenológico de la lechuga *Lactuca sativa*, durante las 19 semanas de medición mostrado en la figura 33.



**Figura 33** Desarrollo Fenológico de la Lechuga *Lactuca sativa*

- **Zanahoria** (*Daucus carota*)

De las 72 semillas sembradas germinaron un total de 64 plantas dando un índice de supervivencia de **0,88**. Siguiendo la metodología establecida se eligieron 36 unidades experimentales, es decir las plantas más vigorosas y saludables a fin de realizar una medición cada 7 días hasta la semana 23 de las siguientes variables: Número de Hojas (NH), Diámetro del Tallo (DT) y Altura de la Planta (AP); detallados en la tabla 29.

**Tabla 29**

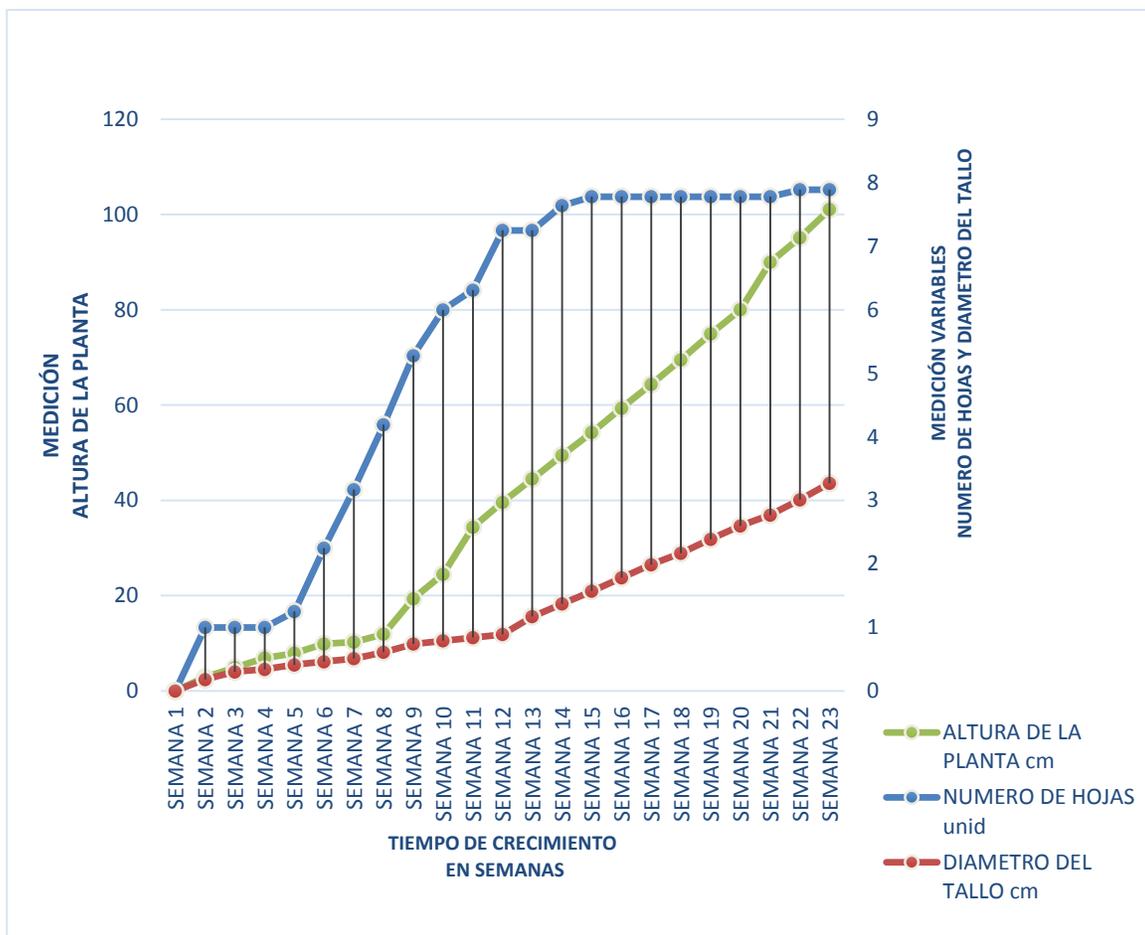
*Promedio de la medición de las variables en las 36 unidades experimentales de la zanahoria*

SEMANA	NH	DT (cm)	AP (cm)
SEMANA 1	0	0	0
SEMANA 2	1	0,18	2,89
SEMANA 3	1	0,3	4,9
SEMANA 4	1	0,34	6,91
SEMANA 5	1	0,41	7,91
SEMANA 6	2	0,46	9,88
SEMANA 7	3	0,51	10,24
SEMANA 8	4	0,61	11,93
SEMANA 9	5	0,74	19,36
SEMANA 10	6	0,79	24,5
SEMANA 11	6	0,84	34,36
SEMANA 12	7	0,89	39,59
SEMANA 13	7	1,17	44,52
SEMANA 14	8	1,37	49,44
SEMANA 15	8	1,57	54,28
SEMANA 16	8	1,78	59,36
SEMANA 17	8	1,99	64,34
SEMANA 18	8	2,17	69,52
SEMANA 19	8	2,39	74,95
SEMANA 20	8	2,6	80,05
SEMANA 21	8	2,77	89,99
SEMANA 22	8	3,01	95,15

CONTINÚA

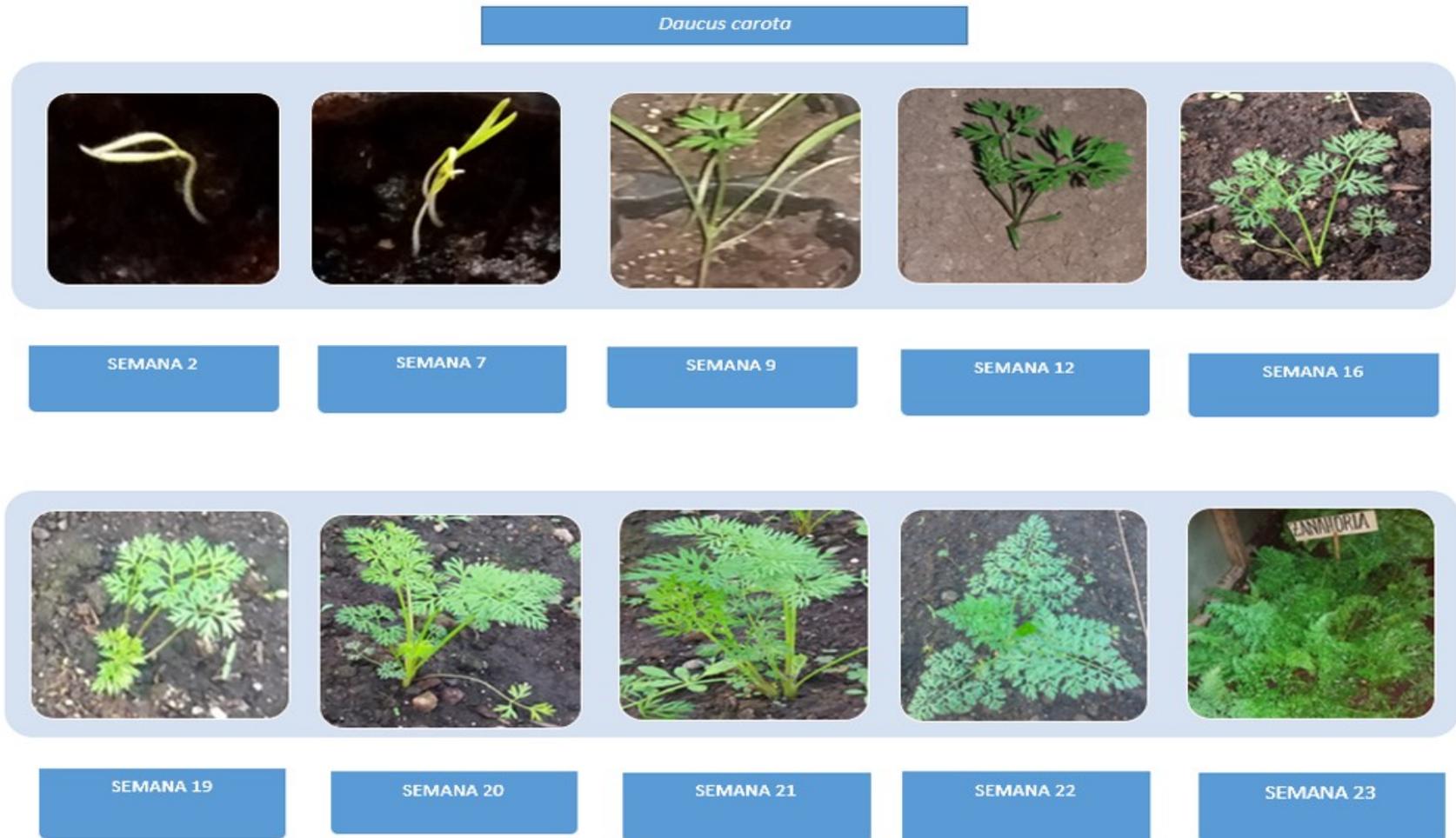
SEMANA 23	8	3,27	101,07
-----------	---	------	--------

Los resultados promedio indicados en la tabla 29 permitieron realizar una comparación gráfica para identificar y analizar la correlación entre cada una de las variables y el desarrollo en general de la planta, tal como se muestra en la figura 34.



**Figura 34** Comparación promedio de las variables en las 36 unidades experimentales de la zanahoria

Como referencia del crecimiento y la correlación de los resultados obtenidos se realizó un esquema del desarrollo fenológico de la zanahoria *Daucus carota*, durante las 23 semanas de medición, evidenciado en la figura 35.



**Figura 35** Desarrollo Fenológico de la Zanahoria *Daucus carota*

### 4.3.2 Resultados de la medición de las Especies Forestales

- **Cedro** (*Cedrela montana*)

De las 72 semillas sembradas germinaron un total de 51 plantas dando un índice de supervivencia de **0,70**. Siguiendo la metodología establecida se eligieron 36 unidades experimentales, es decir las plantas más vigorosas y saludables a fin de realizar una medición cada 7 días hasta la semana 23 de las siguientes variables: Número de Hojas (NH), Diámetro del Tallo (DT) y Altura de la Planta (AP); detalladas en la tabla 30.

**Tabla 30**

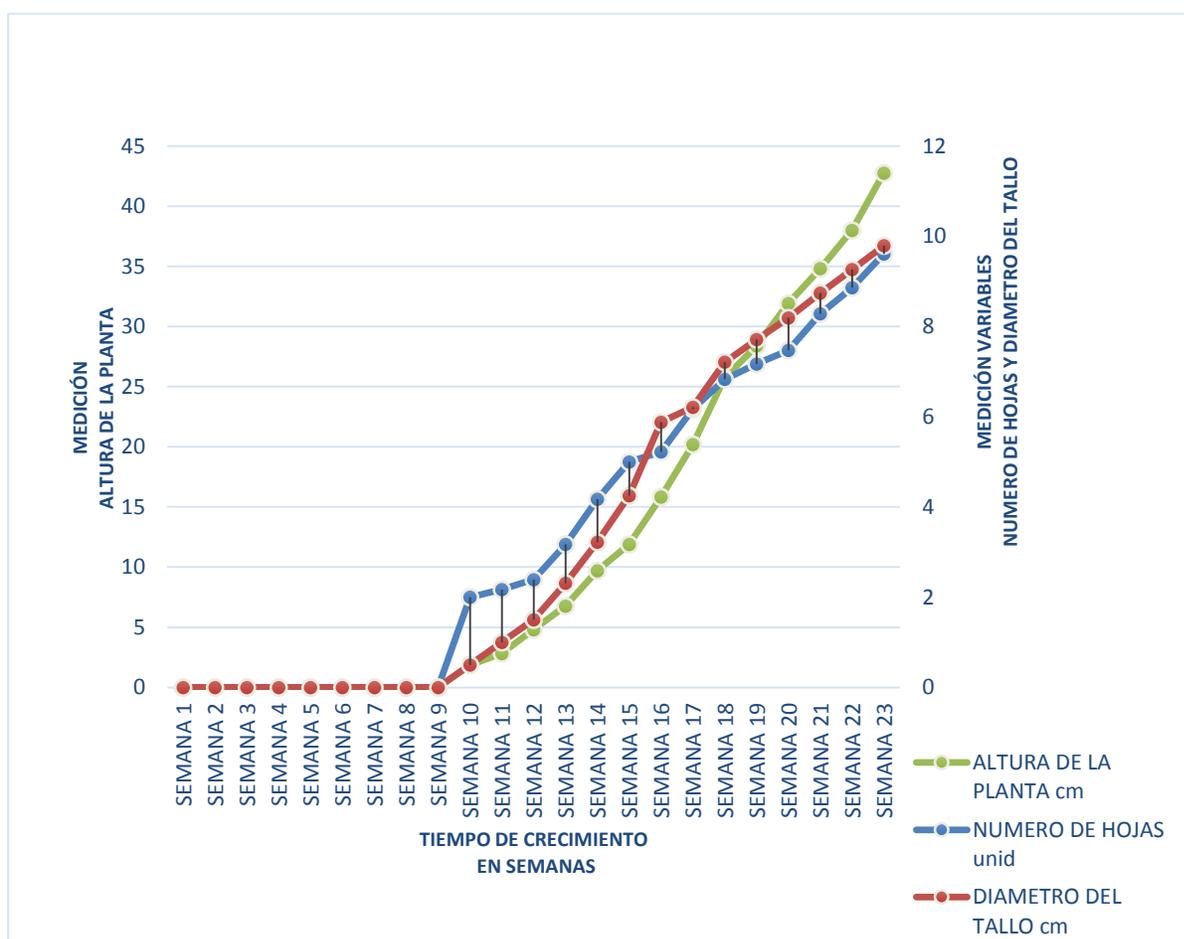
*Promedio de la medición de las variables en las 36 unidades experimentales del cedro*

SEMANA	NH	DT (cm)	AP (cm)
SEMANA 1	0	0	0
SEMANA 2	0	0	0
SEMANA 3	0	0	0
SEMANA 4	0	0	0
SEMANA 5	0	0	0
SEMANA 6	0	0	0
SEMANA 7	0	0	0
SEMANA 8	0	0	0
SEMANA 9	0	0	0
SEMANA 10	2	0,5	1,85
SEMANA 11	2	1	2,83
SEMANA 12	2	1,5	4,81
SEMANA 13	3	2,31	6,76
SEMANA 14	4	3,22	9,7
SEMANA 15	5	4,25	11,9
SEMANA 16	5	5,88	15,82
SEMANA 17	6	6,21	20,19
SEMANA 18	7	7,21	25,72
SEMANA 19	7	7,71	28,38
SEMANA 20	7	8,19	31,92

CONTINÚA

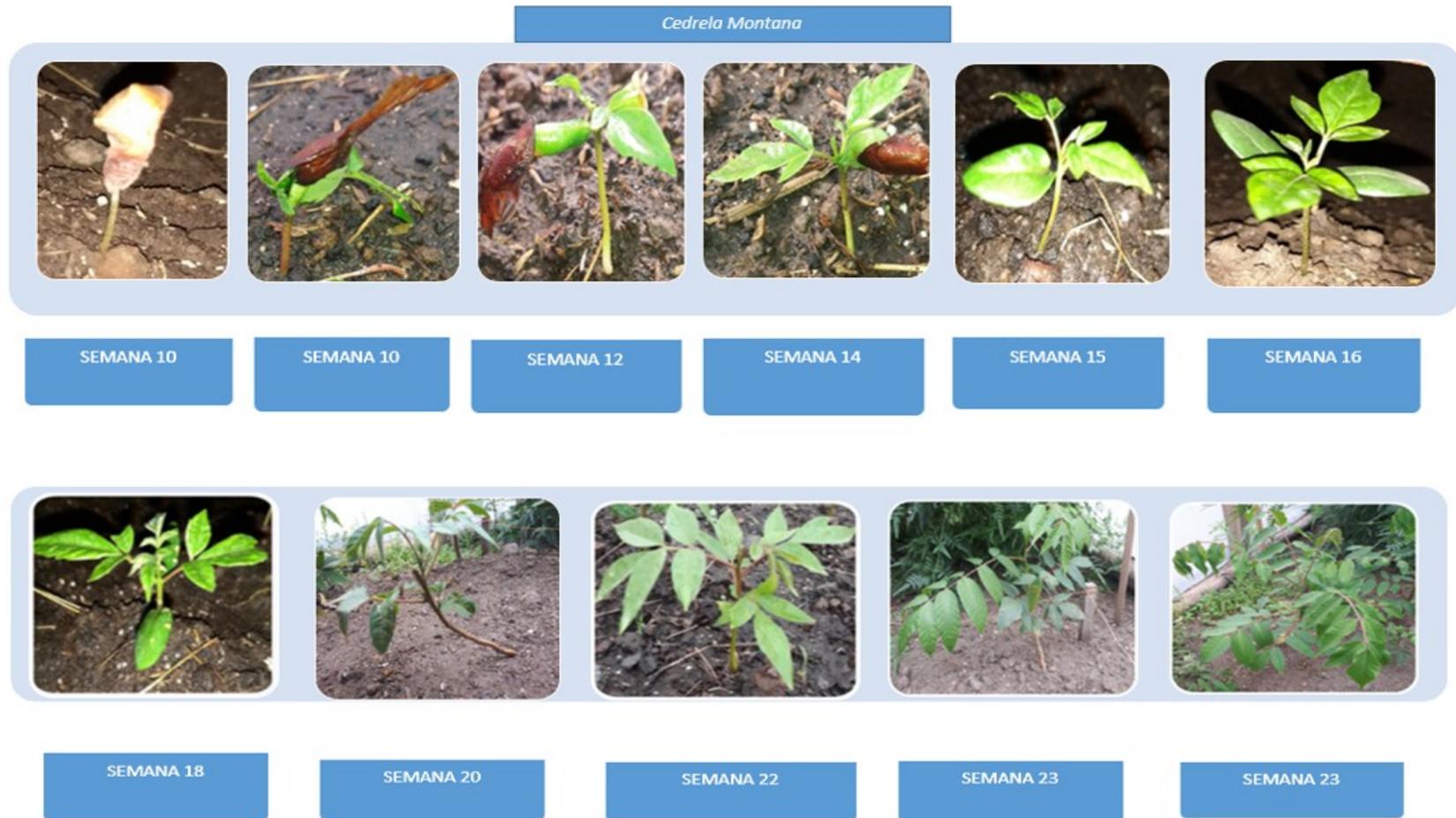
<b>SEMANA 21</b>	8	8,74	34,81
<b>SEMANA 22</b>	9	9,26	37,99
<b>SEMANA 23</b>	10	9,79	42,76

Los resultados promedio indicados en la tabla 30 permitieron realizar una comparación gráfica para identificar y analizar la correlación entre cada una de las variables y el desarrollo en general de la planta, tal como se muestra en la figura 36.



**Figura 36** Comparación promedio de las variables en las 36 unidades experimentales del cedro

Como referencia del crecimiento y la correlación de los resultados obtenidos se realizó un esquema del desarrollo fenológico del cedro *Cedrela montana*, durante las 23 semanas de medición, como se evidencia en la figura 37.



**Figura 37** Desarrollo Fenológico del cedro *Cedrela montana*

- **Cholán** (*Tecoma stans*)

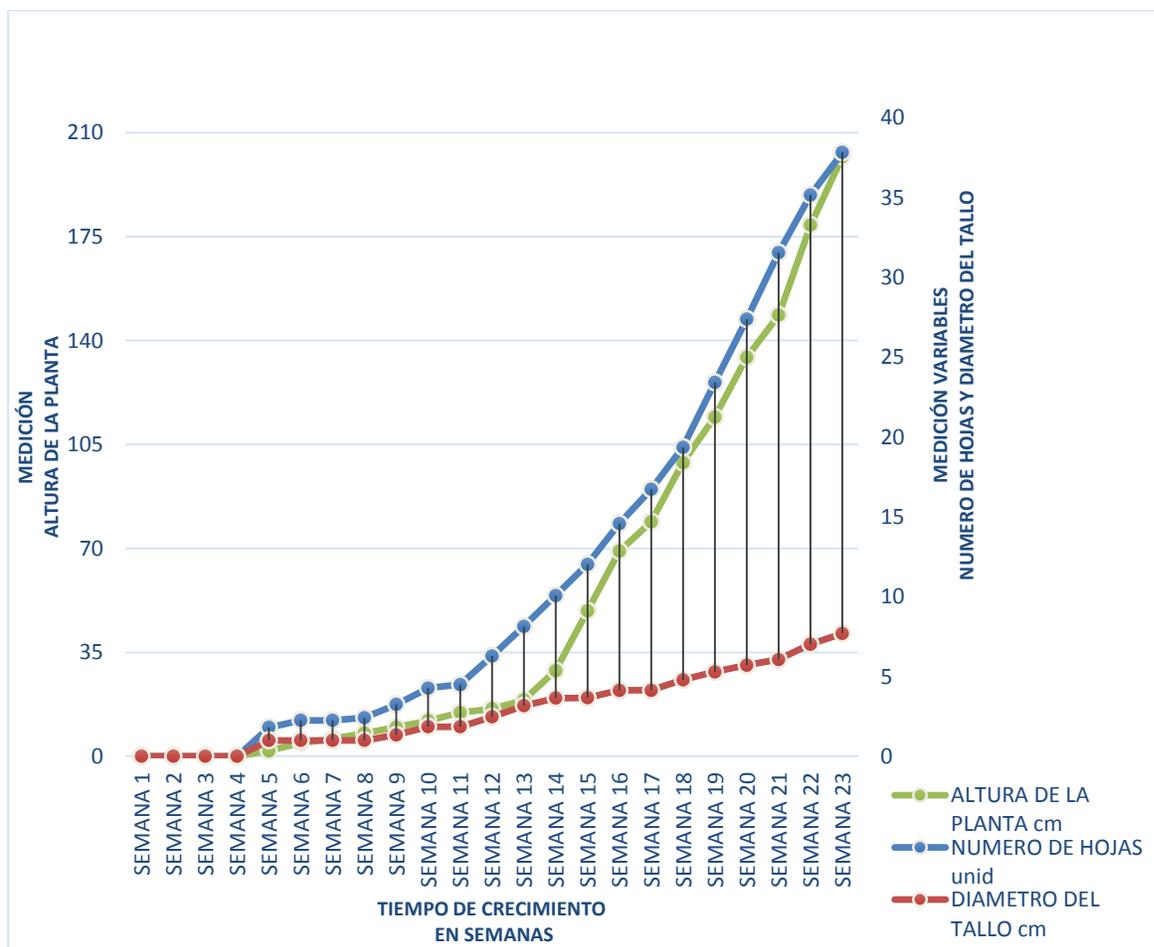
De las 72 semillas sembradas germinaron un total de 70 plantas dando un índice de supervivencia de **0,97**. Siguiendo la metodología establecida se eligieron 36 unidades experimentales, es decir las plantas más vigorosas y saludables a fin de realizar una medición cada 7 días hasta la semana 23 de las siguientes variables: Número de Hojas (NH), Diámetro del Tallo (DT) y Altura de la Planta (AP); detalladas en la tabla 31.

**Tabla 31**

*Promedio de la medición de las variables en las 36 unidades experimentales del cholán*

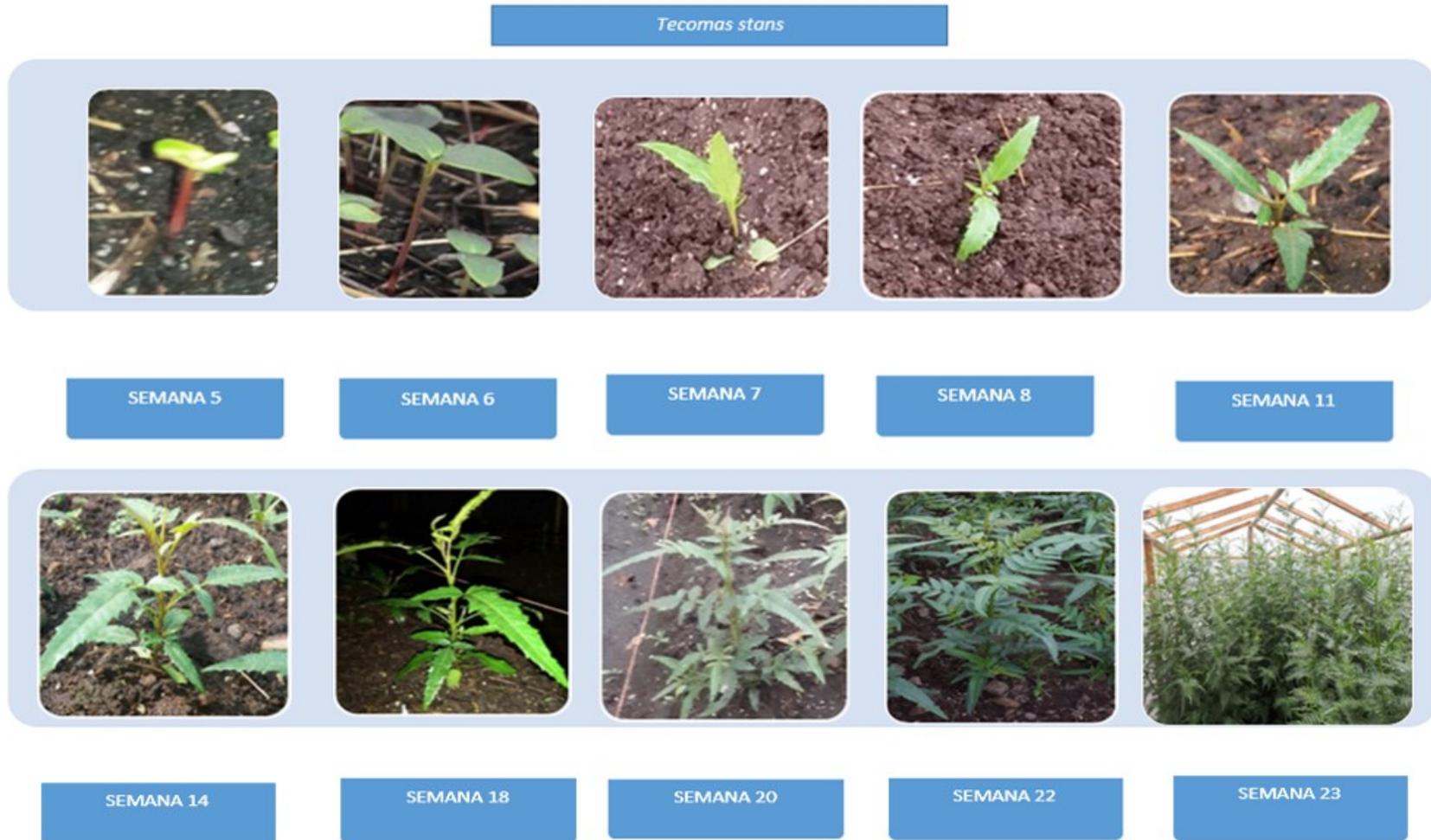
SEMANA	NH	DT (cm)	AP (cm)
SEMANA 1	0	0	0
SEMANA 2	0	0	0
SEMANA 3	0	0	0
SEMANA 4	0	0	0
SEMANA 5	2	1	1,89
SEMANA 6	2	1	4,5
SEMANA 7	2	1	5,92
SEMANA 8	2	1	7,83
SEMANA 9	3	1,35	9,83
SEMANA 10	4	1,85	12
SEMANA 11	5	1,85	14,7
SEMANA 12	6	2,47	16
SEMANA 13	8	3,17	18,9
SEMANA 14	10	3,65	28,9
SEMANA 15	12	3,67	48,9
SEMANA 16	15	4,14	69,1
SEMANA 17	17	4,14	78,9
SEMANA 18	19	4,79	98,9
SEMANA 19	23	5,29	114
SEMANA 20	27	5,71	134
SEMANA 21	32	6,07	149
SEMANA 22	35	7,03	179
SEMANA 23	38	7,69	202

Los resultados promedio indicados en la tabla 31 permitieron realizar una comparación gráfica para identificar y analizar la correlación entre cada una de las variables y el desarrollo en general de la planta, tal como se muestra en la figura 38.



**Figura 38** Comparación promedio de las variables en las 36 unidades experimentales del cholán

Como referencia del crecimiento y la correlación de los resultados obtenidos se realizó un esquema del desarrollo fenológico del cholán *Tecoma stans*, durante las 23 semanas de medición; evidenciados en la figura 39.



**Figura 39** Desarrollo Fenológico del cholán *Tecoma stans*

#### **4.4 Discusión**

La investigación desarrollada es pionera en el cantón Rumiñahui, teniendo como respaldo técnico investigaciones realizadas a nivel internacional y nacional, es así que el uso de aguas residuales en la agricultura es una técnica muy recomendada por la FAO principalmente en países en vía de desarrollo.

Puntualmente el estudio de caso de utilización de aguas residuales, sin tratamiento, en el Distrito de riego 028 en Tulancingo, Hidalgo, México realizado entre los años (2010-2011), considerando que la fisiografía y orografía del sector de estudio es similar al utilizado en la presente investigación; concluyó que las aguas residuales sin tratamiento utilizadas en el riego de cultivos agro pastoriles presentó alta contaminación de coliformes fecales totales y huevos de helmintos. Por lo que se recomienda realizar un tratamiento previo a realizar el riego en campo (Hernández, 2011).

Otra investigación relacionada evaluó el efecto de la adición de agua residual urbana tratada sobre las características de un suelo agrícola, en la ciudad de Colima, México, ubicada a una altura media de 570 m.s.n.m. El análisis de resultados de la investigación evidenció que el suelo agrícola regado con los efluentes de agua residual cruda y con tratamiento primario favorecieron la acumulación de nitratos; mientras que los regados con agua residual con tratamiento secundario mejoraron las propiedades químicas del suelo como: pH, materia orgánica, compuestos de nitrógeno, y fósforo (Gonzalez , 2003);

índices que tienen correlación con los resultados obtenidos en el tratamiento con lodos activados aplicados en la presente investigación.

Finalmente, el estudio que evaluó el crecimiento inicial de cuatro especies forestales (*Azadirachta indica*, *Ziziphus thyrsoiflora*, *Prosopis juliflora*, *Leucaena leucocephala*) regadas con agua residual industrial de lagunas de oxidación provenientes de los cantones Santa Elena y La Libertad en la provincia de Santa Elena, Ecuador, demostró que las especies forestales evaluadas en este experimento, resisten el riego con aguas residuales industriales tratadas a pesar de los altos niveles de aceites y grasas, esto se evidenció porque la igualdad estadística de las variables evaluadas fueron consistentes en todos los casos (Morales, 2009).

De los 3 casos de estudio antes mencionados y los resultados obtenidos en la presente investigación, del crecimiento de las especies agrícolas y forestales regadas con agua residual doméstica tratada con lodos activados, se procedió a realizar un análisis estadístico de varianza ANOVA para comprobar la hipótesis planteada y para el estudio del experimento se utilizó el método de comparación múltiple de variables de TUKEY.

#### **4.4.1 Especies Agrícolas**

- **Lechuga** (*Lactuca sativa*)

De acuerdo con el gráfico de la figura 32 se puede correlacionar y comparar el promedio de desarrollo y crecimiento de las 3 variables independientes, medidas durante

las 19 semanas de análisis, dando como resultado un óptimo crecimiento de la lechuga regada con agua residual tratada y suelo acondicionado; para validar esta aseveración se realizó el análisis ANOVA con el método de TUKEY (Balzarini M.G., Gonzalez L, Tablada M, Casanoves F & Di Rienso J.A, Robledo C.W, 2008), descrita en la tabla 32.

### Tabla 32

*Análisis ANOVA con el método de TUKEY en el cultivo de lechuga*

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)						
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Coef
Modelo.	569,90	15	37,99	1100,10	<0,0001	
NH	8,84	13	0,68	19,68	0,0158	
AP	0,50	1	0,50	14,36	0,0322	0,21
DT	0,14	1	0,14	4,00	0,1393	1,31
Error	0,10	3	0,03			
Total	570,00	18				

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=1,83125

Los resultados obtenidos en cada una de las variables indican que para el caso de número de hojas NH el nivel de significancia está por debajo al Alfa numérico, por lo cual se acepta la hipótesis, para el caso de la Altura de la Planta (AP) el nivel de significancia también está por debajo al Alfa numérico, aceptándose también la hipótesis; finalmente para la variable de Diámetro del Tallo (DT) el nivel de significancia está por encima del Alfa numérico, por lo cual se rechaza la hipótesis propuesta en esta variable. Considerando que el riego con agua residual tratada benefició el crecimiento y desarrollo general de la planta, con un alto índice supervivencia y adaptación a las condiciones de diseño, en tal virtud, se acepta la hipótesis establecida en esta investigación proponiéndose además la réplica del cultivo de esta especie agrícola, con la misma metodología, a mayor escala en la implementación de huertos agrícolas familiares.

- **Zanahoria** (*Daucus carota*)

De acuerdo con el gráfico de la figura 34 se puede correlacionar y comparar el promedio de desarrollo y crecimiento de las 3 variables independientes medidas durante las 23 semanas de análisis, dando como resultado un óptimo crecimiento de la zanahoria, regada con agua residual tratada y suelo acondicionado, considerando que su afianzamiento fue a partir del segundo mes, razón por la cual su cosecha se postergó hasta la semana 23; para validar esta aseveración se realizó el análisis ANOVA con el método de TUKEY (Balzarini M.G., Gonzalez L, Tablada M, Casanoves F & Di Rienso J.A, Robledo C.W, 2008), descrita en la tabla 33.

**Tabla 33**

*Análisis ANOVA con el método de TUKEY en el cultivo de zanahoria*

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Coef
Modelo.	1009,59	10	100,96	503,69	<0,0001	
NH	26,63	8	3,33	16,61	<0,0001	
DT	0,96	1	0,96	4,79	0,0492	3,47
AP	0,16	1	0,16	0,81	0,3860	0,05
Error	2,41	12	0,20			
Total	1012,00	22				

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=1,98005

Los resultados obtenidos en cada una de las variables indican que para el caso de número de hojas NH el nivel de significancia está por debajo al Alfa numérico, por lo cual se acepta la hipótesis, para el caso de la variable de Diámetro del Tallo (DT) el nivel de significancia está por debajo al Alfa numérico, aceptándose también la hipótesis, finalmente en la Altura de la Planta (AP) el nivel de significancia está por encima del Alfa numérico donde se rechaza la hipótesis propuesta para esta variable, a causa de que el

tiempo de cosecha fue tardío y por ende la altura de la planta aumentó considerablemente. En términos generales, el riego con agua residual tratada benefició el crecimiento y desarrollo de la planta, con un alto índice supervivencia y adaptación a las condiciones de diseño, en tal virtud, se acepta la hipótesis establecida en esta investigación proponiéndose además la réplica del cultivo de esta especie agrícola, con la misma metodología, a mayor escala para la implementación de huertos agrícolas familiares.

#### **4.4.2 Especies Forestales**

- **Cedro** (*Cedrela montana*)

De acuerdo con el gráfico de la figura 36 se puede correlacionar y comparar el promedio de desarrollo y crecimiento de las 3 variables independientes medidas durante las 23 semanas de análisis, dando como resultado un crecimiento irregular del cedro para las 36 unidades experimentales analizadas, regadas con agua residual tratada y suelo acondicionado; para validar esta aseveración se realizó el análisis ANOVA con el método de TUKEY (Balzarini M.G., Gonzalez L, Tablada M, Casanoves F & Di Rienso J.A, Robledo C.W, 2008), descrita en la tabla 34.

**Tabla 34**

*Análisis ANOVA con el método de TUKEY en el cultivo de cedro*

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)						
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Coef
Modelo.	951,43	11	86,49	15,71	<0,0001	
NH	53,03	9	5,89	1,07	0,4501	
DT	0,02	1	0,02	2,7E-03	0,9592	0,19
AP	0,55	1	0,55	0,10	0,7585	0,31
Error	60,57	11	5,51			
Total	1012,00	22				

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=10,98275

Los resultados obtenidos de las variables indican que el nivel de significancia para cada una de ellas está por encima del Alfa numérico por lo cual se rechaza la hipótesis propuesta, debido a que los efectos del riego con agua residual tratada, no beneficiaron equilibradamente el desarrollo de la altura, número de hojas y diámetro del tallo de la planta; teniendo un crecimiento irregular entre las variables, sin existir una correlación entre las mismas. En tal virtud, se rechaza la hipótesis establecida en esta investigación debido a que la supervivencia de esta especie no fue la esperada y al no existir una correlación de desarrollo entre variables no es recomendable replicar su siembra a mayor escala con un tiempo de análisis de 5 meses; se recomienda aumentar el tiempo de ensayo, utilizando la misma metodología de la presente investigación.

- **Cholán** (*Tecoma stans*)

De acuerdo con el gráfico de la figura 38 se puede correlacionar y comparar el promedio de desarrollo y crecimiento de las 3 variables independientes medidas durante las 23 semanas de análisis, dando como resultado un óptimo crecimiento y desarrollo del cholán para las 36 unidades experimentales analizadas, regadas con agua residual tratada y

suelo acondicionado; para validar esta aseveración se realizó el análisis ANOVA con el método de TUKEY (Balzarini M.G., Gonzalez L, Tablada M, Casanoves F & Di Rienso J.A, Robledo C.W, 2008), descrita en la tabla 35.

**Tabla 35**

*Análisis ANOVA con el método de TUKEY en el cultivo de cholán*

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Coef
Modelo.	1005,96	16	62,87	62,50	<0,0001	
DT	75,14	14	5,37	5,34	0,0246	
NH	1,40	1	1,40	1,39	0,2823	-1,39
AP	4,06	1	4,06	4,04	0,0912	0,44
Error	6,04	6	1,01			
Total	1012,00	22				

**Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=6,53990**

Los resultados obtenidos en cada una de las variables indican que para el caso del Diámetro del Tallo (DT) el nivel de significancia está por debajo al Alfa numérico, por lo cual se acepta la hipótesis propuesta; para el caso del Número de Hojas (NH) el nivel de significancia está por encima del Alfa numérico, por lo cual se rechaza la hipótesis propuesta para esta variable; a pesar de que la planta se desarrolló de buena manera alcanzado una copa sana con buena cantidad de follaje; finalmente para el caso de la Altura de la Planta (AP) el nivel de significancia está por encima del Alfa numérico para lo cual se rechaza la hipótesis propuesta para esta variable, a sabiendas que los efectos del riego con agua residual tratada, beneficiaron el desarrollo de la altura de esta especie, relacionada con su sistema radicular y adaptación al medio. En tal virtud, se acepta la hipótesis establecida en esta investigación proponiéndose además la réplica de la siembra de esta especie, con la misma metodología, a mayor escala, considerando que

esta especie forestal nativa tiene baja incidencia de ser atacada por plagas y enfermedades, logrando resistir a periodos cortos sin riego, soportar el calor y sol directo (Villacis, 2009).

#### **4.4.3 Testigos**

- **Especies agrícolas**

En relación con las 36 unidades experimentales seleccionadas por cada especie agrícola se implementó parcelas testigo a condiciones normales en donde se sembró igual número de semillas para una comparación directa con las unidades experimentales analizadas en fase de vivero, es decir a condiciones controladas.

De las 36 semillas de lechuga sembradas crecieron a condiciones normales 12 lechugas como se observa en la figura 40 con características fisiológicas aceptables, evidenciándose una alta incidencia de plagas que afectaron la calidad del cultivo, con un índice de supervivencia menor a 33,33%.



**Figura 40** Crecimiento de la Lechuga a condiciones normales

De las 36 semillas de zanahoria sembradas crecieron a condiciones normales 7 zanahorias como se observa en la figura 41 con características fisiológicas aceptables, evidenciándose una alta incidencia de plagas que afectaron la calidad del cultivo, con un índice de supervivencia menor a 19,44%.



**Figura 41** Crecimiento de la Zanahoria a condiciones normales

- **Especies forestales**

En relación con las 36 unidades experimentales seleccionadas por cada especie forestal se implementaron testigos a condiciones normales en donde se sembraron igual número de semillas para una comparación directa con las unidades experimentales analizadas en fase de vivero, es decir a condiciones controladas.

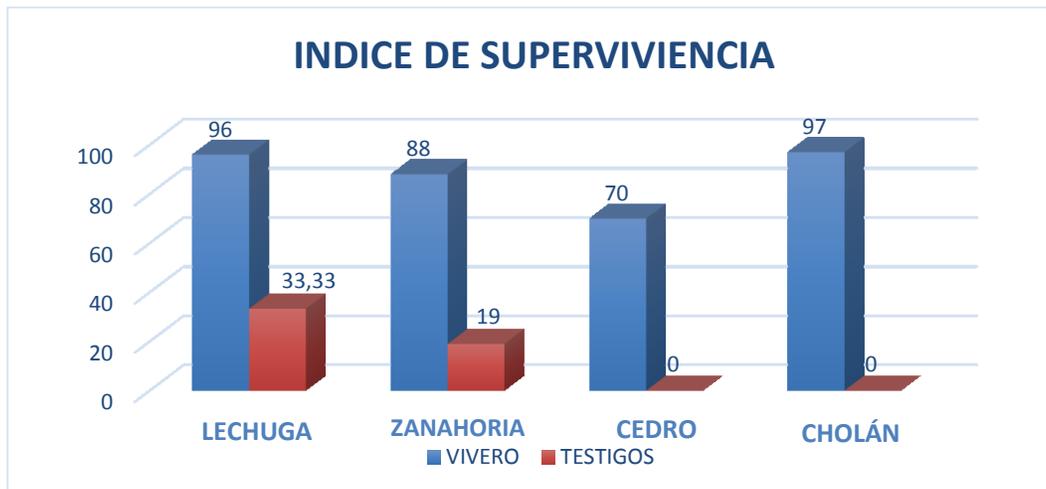
De las 36 semillas de cedro y cholán sembradas ninguna de ellas creció en las parcelas testigo, como se observa en la figura 42, con un índice de supervivencia de 0%. Evidenciándose sólo el crecimiento de maleza.



**Figura 42** Parcelas Testigo de Especies Forestales con alta incidencia de maleza

De los resultados obtenidos en la medición de variables entre las especies sembradas en vivero (condiciones controladas) y en las parcelas testigo (condiciones normales) se

detalla en la figura 43 la comparación del índice de supervivencia para cada tipo de planta.



**Figura 43** Comparación del Índice de Supervivencia de las especies en vivero y parcelas testigos

## **CAPÍTULO V**

### **5. PROPUESTA A MAYOR ESCALA EN BASE A LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN ESTA INVESTIGACIÓN.**

#### **5.1 Evaluación económica de la propuesta**

La evaluación económica de proyectos es una herramienta para tomar decisiones en la asignación de recursos escasos; evaluando y comparando propuestas de manera sistemática y definiendo un alcance real (Winpenny, 2013). Puede aplicarse en proyectos comunitarios específicos o incluso fomentar una política o parte de una legislación (Ordenanza Municipal); para promover el desarrollo sostenible como eje principal de un gobierno autónomo descentralizado que genere beneficios económicos para los grupos más vulnerables.

Una evaluación económica bien desarrollada requiere de un análisis costo-beneficio para definir criterios y comparar propuestas y / o alternativas de aplicación; considerando que los beneficios deben ser mayores que los costos; ponderando más el beneficio social y ambiental que conlleva el desarrollo de proyectos comunitarios.

El análisis del costo beneficio (ACB) contempla que siempre existen alternativas, bien sea las tradicionales (viveros con utilización de agua de fuente) o las innovadoras, reutilizando agua residual permitiendo así el aprovechamiento responsable de los recursos propios de un sector, comunidad, recinto, barrio y casa. Idealmente, el ACB

analizará las opciones y ponderará los beneficios netos, sociales y ambientales (Winpenny, 2013). Dentro de las alternativas del ACB se considera lo siguiente:

- “Hacer nada no es una opción”; porque la realidad socioeconómica del país requiere de la optimización de los recursos naturales, económicos y gubernamentales; específicamente el aprovechamiento responsable y sustentable del agua para riego en el campo.
- “Uso alternativo a mediano y largo plazo de los recursos utilizados en el proyecto”; el desarrollo, implementación y ejecución de un plan socioambiental debe proyectarse no solo a cumplir con los objetivos técnicos definidos en el alcance, sino que más bien adecuarse a las circunstancias y eventos no programados que pudiesen alterar el avance normal del cronograma de actividades; incluso recursos no utilizados como; tierras improductivas o trabajadores desempleados temporalmente, tienen un costo de oportunidad positivo si se analiza desde una perspectiva más amplia.
- El análisis de costo - beneficio debe cuantificarse siempre, para que la decisión final sea la más idónea con la realidad de los beneficiarios directos del proyecto; la medición de los resultados puede ser cuantitativos y cualitativos en la salud pública, condiciones de vida, valor recreativo de los lugares naturales y servicios ambientales. El resultado esperado en proyectos socioambientales es la reducción de la pobreza rural diversificando las oportunidades de empleo.

- La consideración del tiempo es crucial en el ACB, fundamentalmente para aquellos activos de larga duración como sistemas de riego, plantas de tratamiento de aguas residuales y otra infraestructura hídrica. El manejo y administración de estos activos y flujos deberán garantizar el fomento del empleo comunitario y el uso de agua residual tratada para proyectos agroforestales, viveros y huertos ecológicos de la zona de influencia directa.
- El beneficio total de tratar, reutilizar y gestionar el agua será diferente en cada situación, dependiendo su propósito: huertos orgánicos, viveros comunitarios y reforestación de especies forestales nativas, lo cual conllevará a garantizar una adecuada comercialización a precios preferenciales para la comunidad permitiendo el desarrollo del sector rural (Sagasta, 2017).

Con la certeza de los criterios de Análisis de Costo – Beneficio anteriormente descritos y de acuerdo con el reporte del año 2017 de la FAO sobre el uso del recurso hídrico para el riego en Latinoamérica, establece que es una de las regiones menos afectados por el déficit hídrico, sin embargo; este panorama ha cambiado con el transcurso del tiempo, debido al mal manejo del recurso y a las escasas políticas gubernamentales para un uso sustentable. Específicamente, en el caso del cantón Rumiñahui, muchas de las comunas y parroquias rurales que requieren de agua para el riego agrícola; han visto la necesidad de extraerla de acuíferos a través de pozos. Otra alternativa, poco usada, y propuesta en esta investigación fue el uso y aprovechamiento de las aguas residuales tratadas mediante filtros biológicos para el riego de especies agroforestales, fomentado proyectos

socio ambientales responsables y sustentables con el apoyo y aval del Gobierno Autónomo Descentralizado del Municipio de Rumiñahui.

### **5.1.1 Beneficios**

Los principales tipos de beneficios que pueden esperarse de la reutilización de aguas residuales tratadas son:

- **Costos evitados de extracción, transmisión y distribución de agua dulce.**

La utilización de agua residual evita ocasionar impactos ambientales producto de la captación de acuíferos subterráneos y adecuación de canales de aguas superficiales destinadas al riego agrícola; debido a que, en entornos con escasez de agua, el uso de aguas residuales puede ser una opción para regar algunos cultivos agrícolas y forestales, contribuyendo a la conservación de agua dulce (FAO, 2017).

- **Ahorro en el costo del fertilizante debido al contenido de nutrientes de las aguas residuales tratadas mediante la técnica de lodos activados.**

Las aguas residuales tratadas pueden ser también una fuente potencial de materias primas, como fósforo y nitratos que podrían convertirse en fertilizantes, debido al alto contenido de nutrientes en el agua residual tratada que pueden sustituir o reemplazar a un fertilizante químico. Se estima que un 22% de la demanda mundial de fósforo, un recurso mineral finito, podría cubrirse mediante la reutilización de aguas residuales tratadas (Winpenny, 2013).

Una mejor gestión de las aguas residuales genera además beneficios sociales, ambientales y económicos, contribuyendo así con los lineamientos de un desarrollo sostenible. La clave para optimizar el manejo de las aguas residuales es subrayar sus beneficios y aumentar la aceptación social de su uso (FAO, 2017).

- **Ahorro en el costo de tratamiento químicos de las aguas residuales.** Este ahorro se da al utilizar tratamientos aeróbicos que no necesitan de la adición de ningún tipo de acondicionador o floculante que permita la eliminación de los contaminantes del agua residual; sino que utiliza el aire y los microorganismos presentes en el agua para la correspondiente depuración y tratamiento hasta cumplir con los límites permisibles para riego agrícola.
- **Mayor fiabilidad en el suministro de las aguas residuales, en comparación con otras fuentes.**

Un tratamiento eficaz de las aguas residuales es fundamental para el mantenimiento de un nivel elevado de salud pública. Las aguas residuales sin tratar no deben ser nunca vertidas al ambiente, y, especialmente en las tierras secas, el uso inocuo de las aguas residuales tratadas es aconsejable desde un punto de vista ecológico. No obstante, es probable que el costo de producir aguas residuales adecuadas para el riego se vea más que compensado por los beneficios para la salud pública y el medio ambiente y por el incremento de la productividad de las tierras regadas derivados de la eliminación de vertidos de agua contaminada

al ambiente (FAO, 2017). El tratamiento eficaz de las aguas residuales puede transformar una posible amenaza ambiental en una fuente importante de agua adicional reduciendo, al mismo tiempo, la contaminación y mejorando el reciclaje de nutrientes. Las aguas residuales tratadas pueden utilizarse para incrementar la producción de madera, biomasa y alimentos.

- **Beneficios ambientales del riego de especies agroforestales con agua residual tratada.**

El uso de aguas residuales tratadas en las actividades agroforestales debería integrarse en las zonas urbanas y rurales, ya que puede contribuir al mejoramiento del territorio y ayudar a los agricultores locales en la producción de bienes y servicios ambientales. Debido a que las aguas residuales tratadas pueden utilizarse para incrementar la producción de madera, biomasa y alimentos; aumentando así el ingreso de los agricultores en las zonas rurales. Se pueden establecer bosques plantados y regados con agua residual tratada para la producción de madera o leña, o bien con fines ambientales como la protección del suelo, también se pueden integrar con la agricultura a fin de producir madera, proporcionar sombra y forraje para los animales y proteger los cultivos de los daños causados por los vientos. Además de que la calidad y cantidad del agua que muchos árboles necesitan para sobrevivir y crecer son menores que la de los cultivos agrícolas (FAO, 2017). El agua residual tratada, reciclada en forma

segura, puede ofrecer potencialmente un "triple dividendo" a los usuarios urbanos, los campesinos y el medioambiente".

### **5.1.2 Costos**

Los costos típicos involucrados en estos proyectos son:

- Los costos de inversión para el tratamiento de las aguas residuales con el método de lodos activados son considerables ya que se deben analizar aspectos como topografía, tipo de efluente (doméstico, animal o mixto), calidad y caudal del efluente, insumos equipos y materiales necesarios para su instalación, a fin de que la implementación del tratamiento sea técnicamente favorable y operativa para el tiempo de diseño.
- Los costos de operación y mantenimiento rutinario de las plantas de tratamiento de lodos activados pueden ser caros, debido al uso de energía y el reemplazo periódico de equipos, implementos y la limpieza de lodos para que el tratamiento funcione correctamente.
- Coste de seguimiento y control; el monitoreo periódico de los efluentes del tratamiento puede llegar a ser costoso, debido a que se tiene que considerar el análisis de varios parámetros fisicoquímicos y microbiológicos que permitirán ajustar y cumplir con los límites máximos permisibles para riego agrícola establecidos en el TULSMA.

- Costos ambientales, se debe evitar verter directamente al medioambiente las aguas residuales sin tratar, especialmente en las tierras secas, porque pueden erosionar y destruir a los microorganismos benéficos del suelo. Adicionalmente, las aguas residuales no tratadas no pueden utilizarse para el riego directo por lo que siempre deberán requerir de un tratamiento y reciclaje adecuados (FAO, 2017).

El análisis debe indicar la distribución de los costos anteriores entre las principales partes interesadas, es decir, agricultores, servicios públicos de agua, gobiernos locales, autoridades provinciales de agua (Winpenny, 2013).

### **5.3 Propuesta técnica para la implementación de un proyecto a mayor escala**

Gracias a los resultados favorables de la presente investigación con las especies agrícolas y forestales, teniendo en cuenta que el manejo por especie es diferente, se realizó una propuesta técnica ajustable a la realidad del sector en donde se prevé replicarla a mayor escala.

Considerando las necesidades y oportunidades para la comunidad y la importancia de conservar y mejorar la calidad del medioambiente se propone actividades y medidas que permitan garantizar un desarrollo sostenible y sustentable para las poblaciones más vulnerables del cantón Rumiñahui.

Se han definido 4 propuestas técnicas que se detallan a continuación:

**Tabla 36**  
*Ficha 1*

<b>Nombre de la Organización:</b> Gobierno Autónomo Descentralizado del Municipio de Rumiñahui GADMUR. Comunidad y/o Asociaciones del Cantón Rumiñahui	<b>Tipo de Organización:</b> Organización Cantonal Misión Social Organización Asociativa y/o comunitaria
<b>Descripción Breve de la Organización:</b> Misión Social Rumiñahui es una organización pública, que brinda servicio social a los sectores vulnerables y no vulnerables del cantón Rumiñahui, con capacitación, asistencia en salud integral, apoyando a emprendedores, asociaciones, comunidades, ayudando a la creación de microempresas con profesionalismo, calidad, calidez y responsabilidad ambiental, con recursos públicos y de autogestión, a fin de alcanzar el buen vivir y un desarrollo sustentable.	
<b>Persona de Contacto:</b> Ing. Paola Díaz Gómez (Proponente del Proyecto) Misión Social Rumiñahui (Ejecutor del Proyecto)	<b>Dirección:</b> Av. Gral. Enríquez lote 10 y Darío Figueroa
<b>Teléfono y fax:</b> (02) 2331384	<b>E-mail y Pagina Web:</b> fao_diazg_87@hotmail.com
<b>Título del Proyecto:</b> Reforestación lineal del parque Santa Clara, Bulevar de Santa Clara y Parque de la Alegría con especies forestales nativas.	
<b>Objetivo del Proyecto y Resultados Esperados:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Reforestar con las especies forestales nativas, cholán y cedro, los principales parques del Cantón Rumiñahui.</li> </ul> <b>Objetivos específicos:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Coordinar la ejecución de este proyecto con las autoridades del GADMUR y Misión Social Rumiñahui.</li> <li>• Utilizar la metodología, descrita en esta investigación para la siembra y riego con agua residual tratada con lodos activados para el crecimiento y desarrollo de las especies forestales en etapa de vivero (5 meses) contados a partir de la germinación.</li> <li>• Cultivar las especies forestales en el vivero municipal del cantón Rumiñahui, o en parcelas de asociaciones y comunidades del cantón.</li> <li>• Fortalecer el involucramiento de las comunidades más vulnerables.</li> </ul> <b>Resultados Esperados:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Desarrollo de actividades sustentables, mejorando la calidad ambiental y brindando réditos socioeconómicos a las comunidades involucradas.</li> <li>• Procesos de competitividad con las comunidades y asociaciones debidamente registradas a fin de diversificar la producción de especies forestales nativas en etapa de vivero para actividades de reforestación.</li> </ul>	

CONTINÚA

**Población Objetivo:**

La planificación, implementación, ejecución y desarrollo de las actividades de reforestación beneficiarán a las poblaciones más vulnerables del cantón Rumiñahui ubicadas en las parroquias rurales de Cotogchoa y Rumipamba; en donde se colocarán los viveros para el crecimiento de las especies forestales nativas. Asimismo, las asociaciones y comunidades, debidamente registradas, obtendrán la prioridad para firmar los convenios estratégicos con el GADMUR y Misión Social Rumiñahui.

Finalmente, las poblaciones urbana y rural del cantón Rumiñahui serán los principales beneficiarios debido al mejoramiento de los parques; así como también al aumento de los servicios ambientales que en ellos se brinden.

**Requisitos Técnicos**

- Contar con un área mínima de 1000 m<sup>2</sup> para la implementación de los viveros de las especies forestales de especies nativas, molle – cholán / cedro
- Captación de agua residual domestica a gravedad o a presión en el último de los casos, que cumpla con el caudal mínimo requerido.
- Construcción de los viveros.
- Sistema de Tratamiento de lodos activados para depurar agua residual doméstica.
- Realizar el monitoreo y seguimiento al agua tratada y al crecimiento de las plantas para seleccionar las unidades más vigorosas y resistentes para la reforestación.

**Monto solicitado en USD:** \$ 5.500 USD

**Duración del proyecto:** 8 meses

**Tabla 37**  
*Ficha 2*

<b>Nombre de la Organización:</b> Gobierno Autónomo Descentralizado del Municipio de Rumiñahui GADMUR Comunidad y/o Asociaciones del Cantón Rumiñahui	<b>Tipo de Organización:</b> Organización Cantonal Misión Social Grupos Familiares
<b>Descripción Breve de la Organización:</b> Misión Social Rumiñahui es una organización pública, que brinda servicio social a los sectores vulnerables y no vulnerables del cantón Rumiñahui, con capacitación, asistencia en salud integral, apoyando a emprendedores, asociaciones, comunidades, ayudando a la creación de microempresas con profesionalismo, calidad, calidez y responsabilidad ambiental, con recursos públicos y de autogestión, a fin de alcanzar el buen vivir y un desarrollo sustentable.	
<b>Persona de Contacto:</b> Ing. Paola Díaz Gómez (Proponente del Proyecto) Misión Social Rumiñahui (Ejecutor del Proyecto)	<b>Dirección:</b> Av. Gnral. Enríquez lote 10 y Darío Figueroa
<b>Teléfono y fax:</b> (02) 2331384	<b>E-mail y Pagina Web:</b> fao_diazg_87@hotmail.com
<b>Título del Proyecto:</b> Adecuación de huertos familiares con especies agrícolas lechuga y zanahoria.	
<b>Objetivo del Proyecto y Resultados Esperados:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Implementar huertos familiares en las parroquias del cantón Rumiñahui para la siembra y cosecha de hortalizas de ciclo corto.</li> </ul> <b>Objetivos específicos:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Coordinar la ejecución de este proyecto con las autoridades del GADMUR y Misión Social Rumiñahui.</li> <li>• Utilizar la metodología, descrita en esta investigación para la siembra y riego con agua residual tratada con lodos activados para el crecimiento y desarrollo de las especies agrícolas en etapa de vivero hasta la siembra de las hortalizas.</li> <li>• Fortalecer el desarrollo comunitario, en barrios y sectores en donde se disponga de terrenos para cultivo que no sobrepasen la frontera agrícola.</li> <li>• Capacitación a los representantes sociales y a la comunidad en general para explicar los beneficios de la aplicación de esta propuesta.</li> <li>• Realizar un análisis costo beneficio.</li> </ul> <b>Resultados Esperados:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Desarrollo de actividades sustentables, mejorando la calidad ambiental y brindando réditos socioeconómicos a las barrios y sectores involucrados.</li> <li>• Cosecha de los cultivos agrícolas, para consumo interno o comercialización.</li> <li>• Diversificación de la producción de hortalizas de ciclo corto permitiendo facilitar el consumo para la comunidad en general.</li> <li>• Reutilización eficiente del agua residual domestica de condominios urbanizaciones, centros educativos para el uso en el crecimiento de especies agrícolas en huertos familiares.</li> <li>• Capacitaciones de educación ambiental, reutilización de recursos hídricos y huertos familiares en escuelas, colegios e institutos tecnológicos.</li> <li>• Incentivos para que la comunidad se involucre con esta propuesta desde los más pequeños del hogar.</li> </ul>	

CONTINÚA

<b>Población Objetivo:</b> La planificación, implementación, ejecución y adecuación de los huertos familiares beneficiarán a los moradores del sector urbano y rural del cantón Rumiñahui, permitiendo así seleccionar sus propios alimentos de manera orgánica sin la utilización de fertilizantes químicos; alcanzando un buen vivir en equilibrio con el medioambiente.	
<b>Requisitos Técnicos</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Contar con un área mínima de 15 m<sup>2</sup> para la implementación de los huertos familiares.</li><li>• Utilización del agua residual domestica proveniente de las actividades de lo hogares.</li><li>• Adecuación de huertos dependiendo del tipo de especie agrícola que será sembrada.</li><li>• Sistema de Tratamiento de lodos activados o carbón activado.</li></ul>	
<b>Monto solicitado en USD:</b> \$ 600 USD aproximado por huerto familiar.	<b>Duración del proyecto:</b> 4 meses

**Tabla 38**  
*Ficha 3*

<b>Nombre de la Organización:</b> Gobierno Autónomo Descentralizado del Municipio de Rumiñahui GADMUR. Comunidad y/o Asociaciones del Cantón Rumiñahui	<b>Tipo de Organización:</b> Organización Cantonal Misión Social Organización Asociativa y/o comunitaria
<b>Descripción Breve de la Organización:</b> Misión Social Rumiñahui es una organización pública, que brinda servicio social a los sectores vulnerables y no vulnerables del cantón Rumiñahui, con capacitación, asistencia en salud integral, apoyando a emprendedores, asociaciones, comunidades, ayudando a la creación de microempresas con profesionalismo, calidad, calidez y responsabilidad ambiental, con recursos públicos y de autogestión, a fin de alcanzar el buen vivir y un desarrollo sustentable.	
<b>Persona de Contacto:</b> Ing. Paola Díaz Gómez (Proponente del Proyecto) Misión Social Rumiñahui (Ejecutor del Proyecto)	<b>Dirección:</b> Av. Gnral. Enríquez lote 10 y Darío Figueroa
<b>Teléfono y fax:</b> (02) 2331384	<b>E-mail y Pagina Web:</b> fao_diazg_87@hotmail.com
<b>Título del Proyecto:</b> Adecuación de viveros comunitarios con especies forestales.	
<b>Objetivo del Proyecto y Resultados Esperados:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Adecuar viveros comunitarios para el crecimiento de especies forestales nativas cholán y cedro.</li> </ul> <b>Objetivos específicos:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Coordinar la ejecución de este proyecto con las autoridades del GADMUR y Misión Social Rumiñahui.</li> <li>• Utilizar la metodología, descrita en esta investigación para la siembra y riego con agua residual tratada con lodos activados para el crecimiento y desarrollo de las especies forestales en etapa de vivero.</li> <li>• Cultivar las especies forestales nativas en los viveros comunitarios de agrupaciones, organizaciones sociales y asociaciones del cantón Rumiñahui.</li> <li>• Fortalecer el involucramiento de las comunidades más vulnerables apoyando el emprendimiento y la generación de empleo.</li> <li>• Capacitar a las organizaciones en el manejo, cuidado y destino final de las especies forestales.</li> <li>• Realizar un análisis costo – beneficio.</li> </ul> <b>Resultados Esperados:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Desarrollo de actividades sustentables, mejorando la calidad ambiental y brindando réditos socioeconómicos a las comunidades y asociaciones involucradas.</li> <li>• Procesos de competitividad con las comunidades y asociaciones debidamente registradas a fin de diversificar la producción de especies forestales nativas en etapa de vivero para actividades de reforestación, comercialización y/o arreglo paisajístico de ciertos sectores del cantón.</li> <li>• Mejoramiento integral de la calidad del aire mediante la reforestación y arreglo paisajístico en parques, bulevares, jardines y veredas del cantón Rumiñahui.</li> <li>• Creación de cercas vivas en los parques, bulevares, jardines y veredas que permitirán el mejoramiento de la calidad del aire, fertilidad del suelo, y sombra natural.</li> <li>• Capacitaciones de educación ambiental y la importancia de la reutilización de agua residual tratada para el crecimiento de especies forestales nativas en escuelas, colegios e institutos tecnológicos.</li> <li>• Incentivos para que la comunidad se involucre con esta propuesta desde los más pequeños del hogar.</li> </ul>	

**Población Objetivo:**

La planificación, implementación, ejecución y desarrollo de las actividades de siembra, crecimiento y comercialización de las especies forestales beneficiarán a las poblaciones más vulnerables del cantón Rumiñahui ubicadas en las parroquias rurales en donde se colocarán los viveros para el crecimiento de las especies forestales nativas; destinadas para reforestación, comercialización y arreglo paisajístico. Asimismo, las asociaciones y comunidades, debidamente registradas, obtendrán la prioridad para firmar los convenios estratégicos con el GADMUR y Misión Social Rumiñahui.

Finalmente, las poblaciones del cantón Rumiñahui serán los principales beneficiarios ya que aumentara la calidad de los servicios ambientales que se brinden en parques, jardines, bulevares y veredas.

**Requisitos Técnicos**

- Contar con un área mínima de 500 m<sup>2</sup> para la implementación de los viveros de las especies forestales de especies nativas, molle – cholán / cedro
- Captación de agua residual doméstica a gravedad o a presión en el último de los casos, que cumpla con el caudal mínimo requerido.
- Construcción de los viveros.
- Sistema de Tratamiento de lodos activados para depurar agua residual doméstica.
- Realizar el monitoreo y seguimiento al agua tratada y crecimiento de las plantas para seleccionar las unidades más vigorosas, resistentes y saludables destinadas para la reforestación, comercialización y arreglos paisajísticos.

**Monto solicitado en USD:** \$ 3.500 USD

**Duración del proyecto:** 8 meses

**Tabla 39**  
**Ficha 4**

<b>Nombre de la Organización:</b> Gobierno Autónomo Descentralizado del Municipio de Rumiñahui GADMUR. Comunidad y/o Asociaciones del Cantón Rumiñahui	<b>Tipo de Organización:</b> Organización Cantonal Misión Social Grupos familiares Organización Asociativa y/o comunitaria
<b>Descripción Breve de la Organización:</b> Misión Social Rumiñahui es una organización pública, que brinda servicio social a los sectores vulnerables y no vulnerables del cantón Rumiñahui, con capacitación, asistencia en salud integral, apoyando a emprendedores, asociaciones, comunidades, ayudando a la creación de microempresas con profesionalismo, calidad, calidez y responsabilidad ambiental, con recursos públicos y de autogestión, a fin de alcanzar el buen vivir y un desarrollo sustentable.	
<b>Persona de Contacto:</b> Ing. Paola Díaz Gómez (Proponente del Proyecto) Misión Social Rumiñahui (Ejecutor del Proyecto)	<b>Dirección:</b> Av. Gnral. Enríquez lote 10 y Darío Figueroa
<b>Teléfono y fax:</b> (02) 2331384	<b>E-mail y Pagina Web:</b> fao_diazg_87@hotmail.com
<b>Título del Proyecto:</b> Comercialización sustentable de especies forestales nativas y agrícolas.	
<b>Objetivo del Proyecto y Resultados Esperados:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Comercializar de una manera sustentable las especies forestales nativas y agrícolas.</li> </ul> <b>Objetivos específicos:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Coordinar la ejecución de este proyecto con las autoridades del GADMUR y Misión Social Rumiñahui.</li> <li>• Aplicar las alterativas propuestas en las fichas 2 y 3.</li> <li>• Capacitar a la población involucrada en métodos y técnicas eficientes para la comercialización de productos agroforestales.</li> </ul> <b>Resultados Esperados:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• La asistencia técnica del GADMUR y Misión Social Rumiñahui permitirá que los productores manejen de forma sustentable los cultivos sin perjudicar la productividad y el rendimiento de la cosecha.</li> <li>• La implementación de esta propuesta mejorará los procesos de comercialización, principalmente de las especies agrícolas de ciclo corto; respecto a las especies forestales nativas se promoverá su uso para siembra en parques, jardines, bulevares y veredas.</li> <li>• La comercialización permitirá el mejoramiento y aumento de la fertilidad del suelo por la siembra de especies forestales nativas en reemplazo a las exóticas.</li> <li>• Inversión económica, social y ambiental que fortalecerá las capacidades, conocimientos y técnicas en las poblaciones involucradas, generando así empleo y actividades sustentables.</li> <li>• La propuesta permitirá satisfacer las necesidades y demandas internas y externas de los productos agrícolas.</li> <li>• Es importante recalcar que este proyecto no produce externalidades negativas significativas, ya que la implementación del sistema de tratamiento es con el aprovechamiento y reutilización de agua residual domestica de los hogares, barrios y / o comunidades del cantón.</li> <li>• Se priorizará que la inversión de arranque o préstamo sea de carácter no reembolsable, para que los beneficiarios una vez que obtengan sus réditos económicos reinviertan en el crecimiento del mismo proyecto o actividades conexas.</li> </ul>	

<b>Población Objetivo:</b> Poblaciones más vulnerables del cantón Rumiñahui ubicadas en las parroquias rurales y asociaciones consideradas y descritas en las fichas 2 y 3.	
<b>Requisitos Técnicos</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Contar con charlas y / o capacitaciones adecuadas para la ejecución y asistencia del proyecto.</li><li>• Brindar la guía necesaria para que la población en general se involucre más con estas iniciativas socioeconómicas sustentables que favorecen a las comunidades más vulnerables.</li><li>• Reinvertir las utilidades para aumentar el giro de la actividad.</li></ul>	
<b>Monto solicitado en USD:</b> \$ 8.000 USD	<b>Duración del proyecto:</b> 24 meses

## CAPITULO VI

### 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 6.1 Conclusiones

- Los parámetros analizados en el agua residual tratada previo y durante el riego cumplen con los límites máximos permisibles establecidos en el Anexo 1, Tabla 2 del Acuerdo Ministerial No. 97-A publicado en el Registro Oficial No. 387 Edición Especial del miércoles 4 de noviembre de 2015; garantizando así el riego en las especies agroforestales. Mientras tanto que los parámetros fisicoquímicos analizados para evaluar el criterio de calidad del suelo previo a la siembra y durante el crecimiento de las plantas, cumplen con los criterios mínimos para un rendimiento óptimo de cualquier cultivo, en cumplimiento al Anexo 2, Tabla 1 del Acuerdo Ministerial No. 97-A publicado en el Registro Oficial No. 387 Edición Especial del miércoles 4 de noviembre de 2015.
- El porcentaje de supervivencia de las especies agrícolas evidenció que la lechuga reportó un índice de 96% de las que crecieron bajo invernadero, mientras que las que se cultivaron en la parcela testigo fue de 33,33%; para el caso de la zanahoria reportó un índice de supervivencia del 88% para las especies que se cultivaron bajo invernadero, mientras que las que crecieron en la parcela testigo fue de 19%. Respecto a las especies forestales se evidenció que el cedro reportó un índice de supervivencia del 70% para las plantas que crecieron bajo invernadero y del 0% de las sembradas en la parcela testigo; finalmente el cholán reportó una

supervivencia del 97% de las plantas que crecieron bajo invernadero mientras que las se cultivaron en la parcela testigo fue de 0%, sin que evidencie la germinación de ninguna semilla de las dos especies forestales.

- El crecimiento de las plantas agrícolas de acuerdo a la variable “altura de la planta” fue el esperado a fin de obtener un producto con buenas características fisiológicas de calidad y favorables para el consumo humano; en el caso de las especies forestales se evidenció que el cholán superó las expectativas teniendo un crecimiento predominante en contraste al cedro. Mientras tanto que la eficiencia de la variable “diámetro del tallo” en las especies agrícolas fue la esperada a fin de obtener un producto de calidad y con altos niveles de macro y micronutrientes; en el caso de las especies forestales se evidenció que el cedro, a pesar de una regular supervivencia y altura, tuvo un engrosamiento mayor al del cholán. La eficiencia de la variable “número de hojas” para las especies agrícolas fue el esperado a fin de obtener un producto orgánico con características fisiológicas para una buena cosecha y siembra periódica; en el caso de las especies forestales se evidenció que el cholán superó las expectativas teniendo un crecimiento frondoso y predominante en comparación al cedro que fue equilibrado de acuerdo con el tamaño final del cultivo.
- La eficiencia en el invernadero de especies agrícolas regadas con agua residual doméstica tratada, arrojó un promedio del 92% de crecimiento y supervivencia en contraparte a una eficiencia del 25,2% de las plantas sembradas a condiciones

normales o testigo. Para las especies forestales sembradas en invernadero se evidenció una supervivencia y crecimiento del 83,5% en contraste a la nula adaptación de las plantas sembradas a condiciones normales o testigo. Las 4 especies seleccionadas se adaptaron a la metodología y técnica implementada de siembra en invernadero y riego con agua residual doméstica tratada.

- Los resultados obtenidos permiten desarrollar una propuesta a mayor escala para la implementación de 4 posibles alternativas detalladas en las fichas técnicas, utilizando la base metodológica implementada en esta investigación a fin de fortalecer y fomentar actividades sustentables, amigables con el medioambiente, socioeconómicamente rentables e incluyentes con los grupos más vulnerables; y que beneficien a las áreas urbano – rurales del cantón Rumiñahui.

## **6.2 Recomendaciones**

- Las condiciones climatológicas y topográficas del cantón Rumiñahui favorecen la siembra, crecimiento y desarrollo de la mayoría de las especies agroforestales, por lo cual se ve la necesidad de que el Gobierno Autónomo Descentralizado del Municipio de Rumiñahui GADMUR, a través de la organización Misión Social trabaje con las comunidades, asociaciones y población en general para la creación de programas y/o proyectos agro-sustentables que generen réditos económicos, beneficio social y mejoramiento de la calidad de los componentes ambientales.

- Fortalecer el desarrollo comunitario y asociativo mediante charlas y capacitaciones que fomenten una conciencia ambiental y el emprendimiento a través del aprovechamiento responsable de tierras con poco uso, sin que esto conlleve a que sobrepase la frontera agrícola.
- Capacitar a la población en general sobre la importancia del aprovechamiento y la reutilización del agua residual doméstica tratada para el crecimiento de especies agroforestales utilizadas para la reforestación en parques, creación de huertos familiares y viveros comunitarios que fortalezcan la productividad de los sectores más vulnerables del cantón Rumiñahui.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

### Bibliografía

- Acuña, R. S. (2015). Diseño de Experimentos. Maturín: Universidad de Oriente. Postgrado en Agricultura Tropical.
- Alcaldía de Medellín. (2007). *Manual de Silvicultura Urbana*. Medellín: Jardín Botánico de Medellín.
- Angelakis, A., & Durham, B. (2008). Water recycling and reuse in EUREAU countries: Trends and challenges. *Desalination*, 3-8.
- Asano, T., & Burton, F. (2007). *Water reuse. Issues, technologies, and applications*. New York : McGraw-Hill.
- Balzarini M.G., Gonzalez L, Tablada M, Casanoves F, & Di Rienso J.A, Robledo C.W. (2008). *Infostat, Software Estadístico*. Córdoba, Argentina: Brujas.
- Barahona, M. (2006). *Manual de Horticultura*. Sangolqui: ESPE IASA.
- Barrenechea Martel, A. (2004). *Aspectos fisicoquímicos de la calidad de agua*. Lima: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente.
- Castellanos. (2000). La Conductividad Eléctrica del Suelo en el Desarrollo de los Cultivos.
- CIPAV. (2013). *Las cercas vivas también generan ingresos*. Cali.
- Cosme, R. (2015). *Tecnología de Producción de Zanahoria*. Lima: Instituto Nacional de Innovación Agraria.
- Del Amo , S. (2002). *Germinación y Manejo de Especies Forestales Tropicales*. Veracruz: CONAFOR-CONACYT.
- FAO. (2000). *Deposito de documentos de la FAO*. Obtenido de <http://www.fao.org/docrep/w0312s/w0312s09.htm>

- FAO. (2004). *Economic valuation of water resources in agriculture: From the sectoral to a functional perspective of natural resource management*. Roma: FAO Water Reports 27.
- FAO. (2010). *El uso seguro de las aguas residuales en la agricultura ofrece múltiples beneficios*. Estocolmo: ONU.
- FAO. (2017). *Las aguas residuales, una oportunidad desaprovechada*. Roma: ONU.
- FAO. (24 de Marzo de 2017). *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*. Obtenido de Uso de aguas residuales tratadas en las actividades forestales y agroforestales en las tierras secas: <http://www.fao.org/sustainable-forest-management/toolbox/modules/use-of-treated-water-in-forestry-and-agroforestry/basic-knowledge/es/>
- FAO. (2017). *Reutilización de aguas para agricultura America Latina y el Caribe*. Santiago de Chile: Publicaciones FAO.
- FAO. (2017). *Reutilización de aguas residuales urbanas puede favorecer a la agricultura y disminuir presión sobre los recursos naturales*. Santiago de Chile: ONU.
- FAO. (30 de Abril de 2018). *Conjunto de Herramientas para la Gestión Forestal Sostenible (GFS)*. Obtenido de Uso de aguas residuales tratadas en las actividades forestales y agroforestales en las tierras secas: <http://www.fao.org/sustainable-forest-management/toolbox/modules/use-of-treated-water-in-forestry-and-agroforestry/basic-knowledge/es/>
- GADMUR . (2014). Plan de Desarrollo y Ordenamiento territorial Cantón Rumiñahui 2012 – 2025 (Actualización 2014). *Municipal*. Sangolqui, Rumiñahui, Ecuador.
- Gonzalez , J. (2003). *Tesis previa la obtencion del título de Doctor en Biotecnología: "Efecto de la adición de agua residual urbana sobre las caracterisrticas de un suelo agrícola."*. Colima: Universidad de Colima.
- Granados, C. (2014). Efecto de borde en la composición y en la estructura de los bosques templados. *ecología, II(36)*, 269-287.

- Guerrero, R. (1998). *Fertilización De Cultivos En Clima Frío Monomeros Colombo Venezolanos. S.A. (E.M.A)*. Bogotá, Santa Fe, Colombia: Impresión Saenz y Cia. Ltda.
- Hernández, E. (2011). *Uso de Aguas Residuales en la Agricultura: "Estudio de caso Distrito de Riego 028, Tulancingo, Hidalgo*. Chapingo: Universidad Autónoma Chapingo.
- Lara, & Vallejo. (2010). *Tesis Previa a la Obtencion del titulo de Ingeniero Agronomo: "Respuesta de la lechuga (Lactuca sativa L.) var. Batavia a la aplicación de fuentes simples de N-P-K en dos zonas del altiplano de Pasto."*. Pasto: Universidad de Nariño.
- Latorre, E. (Enero de 2007). Proyecto de prefactibilidad para la creación de un vivero de especies nativas en el Municipio de Sesquile (Cundinamarca). Bogotá D.C.
- Martínez de la Cuesta, P. (2004). *Operaciones de Separación en Ingeniería Química*. Madrid: Pearson Educación.
- Mendez, L. (2004). Tratamiento de aguas residuales mediante lodos. *Revista del Instituto de Investigación FIGMMG*, 74-83.
- Morales, J. (2009). Evaluación del crecimiento inicial de 4 especies forestales regadas con agua residual de las lagunas de oxidación de los cantones Santa Elena y la Libertad en la provincia de Santa Elena. Guayaquil, Guayas, Ecuador.
- Napier , I. (1985). *Tecnicas de Viveros forestales, conferencia especial a Centroamérica*. Singuatepeque: ESNACIFOR.
- ONU. (1987). *Informe Brundtland*. Union Europea: Oxford University Press.
- ONU. (2015). *Agenda 2030 sobre el Desarrollo Sostenible*. Ginebra.
- Quichimbo, M. P. (2004). Proyecto de Desarrollo Agrícola: Implementación de silos para almacenar productos de ciclo corto en 10 comunidades de los cantones de Mocache, Pueblo Viejo y Ventanas de la provincia de Los Ríos. *Escuela Politecnica del Litoral* .

- Quiroga, A., & Funaro, D. (2004). *Materia orgánica. Factores que condicionan su utilización como indicador de calidad en Molisoles, de las Regiones Semiárida y Subhúmeda Pampeana*. Buenos Aires : XIX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo.
- Sagasta, J. M. (2017). *Reutilización de aguas para agricultura en America Latina y el Caribe*. Santiago de Chile: ONU.
- Sampieri, R. H. (2010). *Metodología de la Investigación*. (Quinta ed.). Mexico DF.
- SENPLADES. (2017). *Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021*. Quito.
- Silva Rossi, M. (2004). *Evaluación de la estabilidad estructural en superficie, a través de las propiedades hidráulicas*. Universidad de la Plata. Ciudad de la Plata: En R. Filgueira y F. Micucci.
- Tello, P. (2016). *Uso seguro del agua para reuso* . Mexico: AIDIS.
- Universidad Nacional de Córdoba . (2017). Software INFOSTAT. Buenos Aires. Obtenido de <http://www.infostat.com.ar/index.php?mod=noticias>
- Vázquez, C. (2012). *Árboles y arbustos nativos potencialmente valiosos para la restauración ecológica y la reforestación*. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Ecología, México.
- Vega, R. (2015). *Olericultura*. Lima: Universidad San Pedro.
- Villacis, J. (2009). *Manejo de Plantaciones Forestales*. Quito, Pichincha , Ecuador: Fast Print.
- Vinueza , M. (2012). *FICHA No. 5 CEDRO*. Quito: ECUADOR FORESTAL.
- Winpenny, J. (2013). *Reutilización del agua en la agricultura: ¿Beneficios para todos?* ROMA: FAO.