



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y DE LA
AGRICULTURA**

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

**TRABAJO DE TITULACIÓN, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE INGENIERO AGROPECUARIO**

**TEMA: “EFECTO DEL USO DE ZEOLITA SOBRE LA GERMINACIÓN
DE SEMILLAS DE DOS ESPECIES DE FORESTALES (EUCALYPTUS SP.
Y CUPRESSUS LUCITANICA)”**

AUTOR: ÁLVAREZ PICERNO, IVÁN ANDRÉS

DIRECTOR: DR. PÉREZ, PATRICIO

SANGOLQUÍ

2018



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y LA AGRICULTURA
CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA IASA I

CERTIFICACIÓN

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, *“EFECTO DEL USO DE ZEOLITA SOBRE LA GERMINACIÓN DE SEMILLAS DE DOS ESPECIES DE FORESTALES (Eucalyptus sp. Y Cupressus lucitanica)”* fue realizado por el señor *Álvarez Picerno, Iván Andrés* 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, Octubre del 2018

Dr. Pérez, Patricio
C.C: 1802941011



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

ii

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y LA AGRICULTURA

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA IASA I

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Yo, *Álvarez Picerno, Iván Andrés*, declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: "*EFECTO DEL USO DE ZEOLITA SOBRE LA GERMINACIÓN DE SEMILLAS DE DOS ESPECIES DE FORESTALES (Eucalyptus sp. Y Cupressus lucitanica)*" es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Consecuentemente el contenido de la investigación mencionada es veraz.

Sangolquí, Octubre del 2018

Álvarez Picerno, Iván Andrés
C.C: 1716386451



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

iii

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y LA AGRICULTURA
CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA IASA I

AUTORIZACIÓN

Yo, *Álvarez Picerno, Iván Andrés* autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación, “*EFFECTO DEL USO DE ZEOLITA SOBRE LA GERMINACIÓN DE SEMILLAS DE DOS ESPECIES DE FORESTALES (Eucalyptus sp. Y Cupressus lucitanica)*” en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Sangolquí, Octubre del 2018

Álvarez Picerno, Iván Andrés
C.C: 1716386451

DEDICATORIA

El presente trabajo está dedicado a la memoria de mi madre, a mi padre, a mis hermanos, familia y amigos que siempre me han brindado su apoyo

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a la vida por darme la oportunidad de culminar esta etapa, a mi padre por su apoyo y su amor incondicional, por guiarme y no dejarme solo; a mi madre por todo lo que hizo y hace aún por mi

A la Carrera de Ingeniería Agropecuaria por todo el conocimiento científico y el aprendizaje personal, a mis profesores y compañeros con quienes compartimos tantos momentos durante esta etapa.

Al Ing. Patricio Pérez PhD por su ayuda desinteresada y paciencia para la elaboración de este trabajo

ÍNDICE DE CONTENIDO

CARÁTULA

CERTIFICACIÓN	i
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD	iii
AUTORIZACIÓN	ivii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTOS	vi
ÍNDICE DE CONTENIDO	vii
ÍNDICE DE TABLAS	x
ÍNDICE DE FIGURAS	xii
RESUMEN	xiii
ABSTRACT	xiv

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 Planteamiento del Problema.....	2
1.2 Antecedentes	3
1.3 Justificación	4
1.4 Objetivos	5
1.4.1 Objetivo general	5
1.4.2 Objetivos específicos	5
1.5 Hipótesis:	5

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1	Zeolitas	6
2.1.1	Estructura de las zeolitas	6
2.1.2	Propiedades de las zeolitas	7
2.2	La zeolita en la agricultura	7
2.3	Beneficios en la agricultura al aplicar zeolita	8
2.4	Especies Forestales	9
2.4.1	Eucalyptus sp	9
2.4.1.1	Descripción Taxonómica	9
2.4.1.2	Descripción Botánica	10
2.4.1.3	Características Edafoclimáticas	10
2.4.1.4	Características de las semillas	10
2.4.2	Cupressus lucitanica.....	11
2.4.2.1	Descripción Taxonómica	11
2.4.2.2	Descripción Botánica.	11
2.4.2.3	Características Edafoclimáticas	12
2.4.2.4	Características de la semilla	12
2.5	Agricultura orgánica	13
2.6	Efectos sobre el medio ambiente y sostenibilidad.	14

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1	Ubicación del lugar de investigación	15
3.1.1	Ubicación Política	15
3.1.2	Ubicación geográfica	15

3.1.3	Ubicación Ecológica	15
3.2	Materiales empleados.....	16
3.2.1	En la construcción de los semilleros:	16
3.2.2	En la preparación de los tratamientos:	16
3.2.3	En la siembra:.....	16
3.3	Diseño Experimental.....	17
3.4	Toma de datos	17
3.5	Descripción de los Tratamientos.....	17
3.6	Metodología de los análisis de suelos:	18
3.7	Tipo de Diseño Experimental	19

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1	Caracterización de sustratos.....	20
4.2	Análisis del tiempo de germinación.....	21
4.3	Análisis de la altura de las especies forestales Eucalipto y Ciprés	24

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1	Conclusiones	34
5.2	Recomendaciones.....	35
5.3	Bibliografía	36

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Dosis de Zeolita, Húmus, Tierra y Arena correspondientes a los tratamientos.</i>	17
Tabla 2 <i>Propiedades de los sustratos</i>	20
Tabla 3 <i>Análisis de varianza para el pH, CE y TDS de los tratamientos (sustratos) utilizados</i> <i>en las especies forestales Eucalipto y Ciprés, Hacienda el Prado (Sangolquí).</i>	21
Tabla 4 <i>Análisis de varianza para el tiempo de germinación (días) de las especies</i>	
<i>forestales Eucalipto y Ciprés, Hacienda el Prado (Sangolquí).</i>	22
Tabla 5 <i>Análisis de medias de los días de germinación, de las especies forestales Eucalipto</i>	
<i>y Ciprés, Hacienda el Prado (Sangolquí).</i>	22
Tabla 6 <i>Análisis de varianza para la altura de planta evaluadas en la semana 6 de las</i>	
<i>especies forestales Eucalipto y Ciprés, Hacienda el Prado (Sangolquí).</i>	24
Tabla 7 <i>Análisis de medias para la evaluación de desarrollo en la semana 6, de la</i>	
<i>especie forestal Eucalipto, Hacienda el Prado (Sangolquí).</i>	25
Tabla 8 <i>Análisis de medias para la evaluación de desarrollo en la semana 6, de la</i>	
<i>especie forestal Ciprés., Hacienda el Prado (Sangolquí).</i>	25
Tabla 9 <i>Análisis de varianza para la altura de planta evaluadas en la semana 12 de las</i>	
<i>especies forestales Eucalipto y Ciprés, Hacienda el Prado (Sangolquí).</i>	26
Tabla 10 <i>Análisis de medias para la evaluación de desarrollo en la semana 12, de la</i>	
<i>especie forestal Eucalipto, Hacienda el Prado (Sangolquí).</i>	26
Tabla 11 <i>Análisis de medias para la evaluación de desarrollo en la semana 12, de las</i>	
<i>especies forestal Ciprés, Hacienda el Prado (Sangolquí).</i>	27
Tabla 12 <i>Análisis de varianza para la altura de planta evaluadas en la semana 18 de las</i>	
<i>especies forestales Eucalipto y Ciprés, Hacienda el Prado (Sangolquí).</i>	27

Tabla 13 <i>Análisis de medias para la evaluación de desarrollo en la semana 18, de la especie forestal Eucalipto, Hacienda el Prado (Sangolquí).</i>	28
Tabla 14 <i>Análisis de medias para la evaluación de desarrollo en la semana 18, de la especie forestal Ciprés, Hacienda el Prado (Sangolquí).</i>	28
Tabla 15 <i>Análisis de varianza para la altura de planta evaluadas en la semana 24 de las especies forestales Eucalipto y Ciprés, Hacienda el Prado (Sangolquí).</i>	29
Tabla 16 <i>Análisis de medias para la evaluación de desarrollo en la semana 24, de la especie forestal Eucalipto, Hacienda el Prado (Sangolquí).</i>	30
Tabla 17 <i>Análisis de medias para la evaluación de desarrollo en la semana 24, de la especie forestal Ciprés, Hacienda el Prado (Sangolquí).</i>	30

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1</i> Distribución de los tratamientos en el campo.....	18
<i>Figura 2</i> Tiempo de germinación de dos especies forestales Eucalipto y Ciprés	23
<i>Figura 3</i> Medias de la altura en cm de la especie forestal Eucalipto	31
<i>Figura 4</i> Medias de la altura en cm de la especie forestal Ciprés	32

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó en las instalaciones de la Carrera de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias, en el invernadero de forestales, en el que se usaron semillas de eucalipto y ciprés para ser germinadas en 5 diferentes sustratos que contienen distintas concentraciones de los componentes del sustrato para medir el porcentaje de germinación mediante conteo de plántulas nacidas y desarrollo inicial midiendo la altura de la planta en centímetros y el diámetro del tallo, para determinar si la zeolita ejerce influencia. Para el estudio se construyó 30 semilleros de 1m de largo por 1m de ancho que corresponden a las unidades experimentales en donde se colocaron los tratamientos y `posteriormente se sembraron las semillas de *Eucalyptus sp.* y *Cupressus lucitánica*. Los tratamientos fueron: T0: Arena: 50%, Tierra: 50%, Humus:0%, Zeolita: 0%; T1: Arena: 35%, Tierra: 35%, Humus: 30%, Zeolita: 0%; T2: Arena: 30%, Tierra: 30%, Humus: 30%, Zeolita: 10%; T3: Arena: 20%, Tierra: 20%, Humus: 30%, Zeolita: 30%; T4: Arena: 10%, Tierra: 10%, Humus: 30%, Zeolita: 50%. También se analizó los parámetros pH, Conductividad eléctrica y cantidad de solidos totales disueltos. La mejor respuesta fue en el tratamiento T3 para ambas especies obteniendo los mejores porcentajes de germinación entre los 30 - 40 días desde la siembra, y los datos de crecimiento que fueron mejores en el tratamiento T3 que en los demás.

PALABRAS CLAVE:

- **ZEOLITA**
- **GERMINACIÓN**
- **SUSTRATOS**
- **ESPECIES FORESTALES**

ABSTRACT

The present research work was carried out in the career of Engineering in Agricultural Sciences, in the forestry greenhouse, in which eucalyptus and cypress seeds were used to be germinated in 5 different substrates containing different concentrations of the components of the substrate to measure the percentage of germination by counting seedlings born and initial development measuring the height of the plant in centimeters and the diameter of the stem, to determine if the zeolite exerts influence. For the study, 30 seedbeds, 1m long by 1m wide, were constructed, corresponding to the experimental units where the treatments were placed and the seeds of Eucalyptus sp. And Cupressus lucitanica. The treatments were: T0: Sand: 50%, Earth: 50%, Humus: 0%, Zeolite: 0%; T1: Sand: 35%, Earth: 35%, Humus: 30%, Zeolite: 0%; T2: Sand: 30%, Earth: 30%, Humus: 30%, Zeolite: 10%; T3: Sand: 20%, Earth: 20%, Humus: 30%, Zeolite: 30%; T4: Sand: 10%, Earth: 10%, Humus: 30%, Zeolite: 50%. The parameters pH, electrical conductivity and total dissolved solids were also analyzed. The best response was in the T3 treatment for both species obtaining the best germination percentages between 30 - 40 days after sowing, and the growth data that were better in the T3 treatment than in the others. The use of the mixtures established in the design together with the zeolite favors the response of the germination and growth of the species evaluated.

KEYWORDS:

- **ZEOLITE**
- **GERMINATION**
- **SUBSTRATES**
- **FOREST SPECIES**

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Las zeolitas son aluminosilicatos cristalinos hidratados de cationes alcalinos y alcalinotérreos que poseen una estructura tridimensional cristalina, los cuales se caracterizan por su capacidad de hidratarse y deshidratarse en forma reversible, además de cambiar algunos de sus constituyentes catiónicos sin modificar su estructura (Ming D. W., 1989)

El termino zeolita proviene de las palabras griegas zein = hierve y lithos = piedra significando piedra que hierve, descrita por el suizo Cronstedt en 1756. Este término es aplicado a un grupo de aluminosilicatos con estructura porosa, que presentan la capacidad de retención de humedad y de intercambio catiónico, su origen es ígneo por enfriamiento de lava basáltica (Ming D. W., 1989) (Carlino, 1998) y (Qian, 2001)

La capacidad de retención de humedad y movimiento del agua son importantes para la germinación y el crecimiento de las plantas y están determinadas por las propiedades físicas de los sustratos relacionados con el tamaño, distribución de partículas, como también la porosidad total (Adler, 1992); (Terés, 1995)

En algunos materiales que se utilizan como sustratos se ha determinado que el tamaño de partícula influye en la relación agua – aire, no solo en materiales específicos como el compost, corteza de pino, perlita, peat moss, etc, sino también en mezclas de materiales (Verdonk, 2004), sin embargo se desconocen sus propiedades funcionales. La mayoría de los materiales que se utilizan como sustratos tienen poros dentro y entre partículas, lo cual aumenta el espacio vacío (Adler, 1992) (Burés S. , 1997).

(Orozco & Burés, 1995) observaron una correlación entre tamaño de partícula y tamaño de poro en la zeolita y determinaron que la porosidad interna de este material puede tener un efecto significativo en la capacidad de retención de agua; no obstante, esta no puede ser cuantificada y diferenciada fácilmente por las técnicas convencionales para determinar las relaciones agua – aire (Burés & all, 1993)

1.1 Planteamiento del Problema

Se desconoce la influencia de la zeolita sobre la germinación de plantas forestales. Las zeolitas son una serie de minerales que se han usado exitosamente como mejoradores de suelos arenosos en Japón para restringir las perdidas por lixiviación de fertilizantes nitrogenados y neutralizar pH bajos de suelos agrícolas, en virtud de su relativamente alta capacidad de intercambio catiónico (CIC) y alta afinidad por iones NH_4^+ (Ames, Koon y Kaufman citados por (Lewis, Moore, & Goldsberry, 1983).

Las zeolitas poseen cavidades de dimensiones moleculares de 3 a 10 Å que contienen iones (Na^+ , K^+ y Ca^{2+} , entre otros) y moléculas de agua con libertad de movimiento, lo que favorece su capacidad de intercambio iónico con el medio circundante. Influye directamente en la germinación ya que cumple con la función de sostén, drenaje y aireación de la semilla y al mismo tiempo se convierte en una reserva de sustancias nutritivas para el desarrollo posgerminativo. Entre los diferentes tipos de zeolitas, la clinoptilolita y la mordenita se distinguen por su utilidad en la agricultura (Mumpton, 1983); (Nus & Brauen, 1991); (Huang & Petrovic, 1994); (Ming & Allen, 2001)

El gran interés por su uso agrícola se basa en las siguientes propiedades fisicoquímicas: alta CIC que varía entre 100 y 300 meq 100g^{-1} (Breck, citado por (Barbarick & Pirella, 1983), activa adsorción y filtración molecular, habilidad de hidratación y deshidratación sin alterar su

estructura debido a que sus cavidades constituyen el 18 a 40 % de su volumen (Mumpton, 1983), y su selectividad y afinidad por NH_4^+ y K^+ (Lewis, Moore, & Goldsberry, 1983)

En cuanto a la propagación de forestales en nuestro medio, la mayoría de especies han sido tratadas mediante técnicas germinativas inespecíficas e inadecuadas que retardan la propagación y que no ayudan a la germinación de las mismas. Los forestales se pueden ver afectados por microorganismos patógenos cuando el riego es excesivo, una frecuencia de tres riegos por semana y la aplicación de una capa de dos a tres centímetros de espesor de zeolita o grava sobre la materia orgánica en la siembra, de esta manera el agua drena y no se mantiene alrededor de la base de la planta (Qian, 2001).

1.2 Antecedentes

Las zeolitas naturales con su estructura física y química son sustratos con características ideales para el óptimo crecimiento de las plantas forestales, siendo una alternativa para su propagación (Urbina et al., 2006). Esta tecnología tendría consecuencias en la propagación y rehabilitación de sitios en áreas naturales protegidas. Un estudio sobre el uso de zeolita como materia prima para la preparación de sustratos usados en el crecimiento de plantas, demostró que su combinación con materia orgánica en una proporción de 7:3, garantiza condiciones favorables para crecimiento y nutrición para el desarrollo de tomate y pepino (Manolov I., 2005). Por esta razón el desarrollo de zeolitas es considerado como una alternativa atractiva en la industria del desarrollo de sustratos.

(Febles & Velasquez, 2006) reportaron una serie de fertilizantes organominerales que combina zeolitas y diferentes fuentes orgánicas. Los fertilizantes fueron diseñados considerando las condiciones, naturaleza de los suelos y cosechas con la finalidad de reducir y sustituir el uso del

tradicional fertilizante químico en la agricultura. La tecnología empleada para la elaboración de este tipo de fertilizantes no genera ningún tipo de residuo.

(Lopez, 2010), estudiaron las propiedades físico químicas de las zeolitas, clinoptilolita, para ser usada como aditivo en el sustrato para el cultivo del hongo *Pleurotus ostreatus*. Se concluyó que los nutrientes de diferentes soluciones de fertilizantes quedaron depositados en la estructura de la clinoptilolita tratada. Las zeolitas usadas como fertilizantes mantienen un efecto prolongado gracias a la liberación lenta de los componentes usados de la estructura porosa y a la retención de agua dentro de los poros (Bansiwal, 2006). Entre las zeolitas naturales sobresale la clinoptilolita por su abundancia, bajo costo y disponibilidad (Ackley, 1991).

1.3 Justificación

Las características físicas, químicas y biológicas del suelo han sufrido grandes cambios por el uso inadecuado de fertilizantes nitrogenados como la urea. En suelos con poca fertilidad al momento de utilizar zeolita se puede mejorar y/o aumentar la productividad agrícola, ya que son muy favorables sus características físicas y químicas, como por ejemplo los microporos, que ayudan a evitar las pérdidas de los nutrientes debido a que pueden fijar las partículas de los nutrientes y ser liberados lentamente (Vasquez & Zetina, 2014) y (Villareal, Barahona, & Castillo, 2015)

Dentro de la agricultura los efectos de la zeolita se han manifestado de una manera favorable, evitando pérdidas de 70% de nitrógeno, obteniendo cultivos con mayor rendimiento. Se han obtenido buenos resultados al combinar fertilizantes nitrogenados con el 25% de zeolita de granulometría de 3 milímetros de diámetro (Vasquez & Zetina, 2014).

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Determinar la influencia de la zeolita en la germinación y primera etapa de desarrollo de plántulas de *Eucalyptus sp.* y *Cupressus lucitanica*.

1.4.2 Objetivos específicos

- Analizar la influencia de la incorporación de zeolita en el tiempo de germinación de las semillas de *Eucalyptus sp.* y *Cupressus lucitanica*.
- Determinar la variación en la altura de crecimiento de las plántulas de *Eucalyptus sp.* y *Cupressus lucitanica* debido a la incorporación de zeolita.
- Evaluar la influencia de la zeolita en el sustrato empleado para el desarrollo de plántulas de *Eucalyptus sp.* y *Cupressus lucitanica*

1.5 Hipótesis:

Ho: El uso de la zeolita en la producción de plántulas forestales favorece la germinación de semillas y su crecimiento durante la etapa inicial

Hi: El uso de la zeolita en la producción de plántulas forestales no favorece la germinación de semillas y su crecimiento durante la etapa inicial

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Zeolitas

Las zeolitas se identificaron por primera vez en el año 1756 por Alex Cronstedt, cuando vio que al calentar estilbita y otros minerales tenían la propiedad de fundirse y hervir al mismo tiempo, razón por la cual las llamo zeolitas derivado de las palabras griegas “zeo” hervir y “lithos” piedra. Posteriores investigaciones mostraron que las zeolitas podían intercambiar iones metálicos en disoluciones acuosas y al estar libres de agua tienen la capacidad de adsorber compuestos específicos, de ahí que se les conoce como “tamices moleculares” (Gómez, 2001).

Las zeolitas son minerales no tóxicos (sin efectos adversos para la salud ni para el ambiente), esta característica es importante cuando se utilizan en grandes cantidades, como en la agricultura, en la que muchos de los agroquímicos que se aplican tienen efecto tóxico residual. Las zeolitas también han sido aprobadas para su uso en diversos productos, incluyendo alimentos (Deitsch, 2005).

2.1.1 Estructura de las zeolitas

En las zeolitas la unidad estructural básica o “unidad primaria de construcción” es la configuración tetraédrica de cuatro átomos de oxígeno alrededor de un átomo central, generalmente de Silicio o Aluminio. Ahora bien, siendo el aluminio trivalente, los tetraedros $(AlO_4)^{5-}$ inducen cargas negativas o centros ácidos en la estructura, los cuales son neutralizados por cationes. Estos cationes junto con las moléculas de agua se encuentran ocupando el espacio intracrystalino de estos aluminosilicatos (Jimenez, 2004).

2.1.2 Propiedades de las zeolitas

Las zeolitas tienen dos propiedades en las que se fundamenta su potencial de uso agronómico:

- Alta capacidad de intercambio catiónico (CIC) de 200 a 300 $\text{cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$ debido a la sustitución de Al^{3+} y de Si^{4+} durante su formación;
- Canales internos dentro de la estructura tridimensional (3-D) que les permite alta capacidad de retención de agua e intercambio de cationes (Soldat, 2003).

2.2 La zeolita en la agricultura

Las zeolitas se han utilizado en la agricultura desde la década de 1960, teniendo varias características edáficas como son: factor corrector de suelos deteriorados; son fertilizantes de liberación lenta y también se los utiliza como aditivos de estos, debido a la eficacia de este recurso mineral por su capacidad de retención de agua y de su intercambio catiónico. (Briceño, 2008).

Algunas investigaciones han determinado que la aplicación de zeolita en suelos degradados no solo incrementa el rendimiento de los cultivos sino mejora también las características del suelo como una reducción de 0,9 unidades de acidez (Glisic, 2009).

También se ha determinado que la aplicación de zeolita junto con materia orgánica promueve un aumento considerable en la capacidad de intercambio catiónico del suelo. Por otro lado, se ha encontrado que el uso de zeolita en el suelo favorece la estabilización del humus debido a que su composición química permite la condensación de ácidos húmicos (Ficheva, 2014).

Otras investigaciones relacionadas con aplicaciones industriales indican que la zeolita puede contribuir a la desintoxicación de suelos, gracias a su característica de tamiz molecular (CATC, 2000).

2.3 Beneficios en la agricultura al aplicar zeolita

- Aumenta la capacidad de intercambio catiónico del suelo, mejorando la retención de los fertilizantes nitrogenados, provocando una disminución en la contaminación de aguas superficiales y aguas subterráneas.
- Debido a la cantidad de agua que retiene en su estructura porosa, la zeolita actúa como un depósito que asegura una mejor condición de humedad en el suelo, favoreciendo al cultivo aún en época de sequía.
- Comparando con otros mejoradores de suelo, la zeolita se caracteriza por tener una estructura resistente y estable que se mantiene activa en el suelo, haciendo posible la retención del nitrógeno, potasio, calcio, magnesio y micronutrientes en la rizósfera para ser absorbidos por las plantas cuando estas los requieran.
- Mejora la eficiencia de aprovechamiento de los fertilizantes al evitar las pérdidas por volatilización y lixiviación.
- La aplicación de zeolita como aditivo a los fertilizantes reduce de 20-40% la cantidad necesaria de estos para el adecuado desarrollo de los cultivos, por lo que disminuye significativamente el costo de la fertilización.
- En cereales, hortalizas y frutales la zeolita mejora la eficiencia de aprovechamiento de los fertilizantes favoreciendo su desarrollo, lo que da como resultado un incremento en el rendimiento (INIFAP, 2013).

2.4 Especies Forestales

Según la FAO (2017), especie forestal. - Es todo vegetal perenne y de estructura leñosa, fibrosa y básica que puebla la tierra para satisfacción del hombre y de algunas especies animales, en sus necesidades fundamentales.

Las especies forestales nativas de los bosques del Ecuador juegan un papel importante en la ecología ambiental, como parte fundamental de la biodiversidad, aplicabilidad de los conocimientos adquiridos en el Manejo Forestal, por cuanto se están perdiendo extensas áreas boscosas como consecuencia de: tala indiscriminada, colonización, explotación petrolera, lo que causa impactos en la flora, fauna y suelo (Beltrán, 2010).

Las especies forestales deben contar con información taxonómica, ecológica y biogeográfica de las comunidades y poblaciones forestales de las diferentes ecorregiones, no solo en el componente de flora, sino en la fauna asociada, pues existe una sinergia que propicia la regeneración y rejuvenecimiento de la riqueza natural y dada su importancia ecológica, social y económica, contribuyen al desarrollo forestal sustentable (Díaz, 2005).

2.4.1 Eucalyptus sp

Originario de Australia y Tasmania, es un grupo de rápido crecimiento, en el que se cuentan cerca de 700 especies de Eucalipto, distribuidas en regiones, especialmente de climas mediterráneos, tropicales o subtropicales (Vinuela, 2012).

2.4.1.1 Descripción Taxonómica

Familia: Myrtaceae

Nombre Científico: (*Eucalyptus sp*)

Nombre Común: Eucalipto

Nombres comunes relacionados: Eucalipto colorado

2.4.1.2 Descripción Botánica

- Tronco recto y cilíndrico
- Copa poco frondosa
- Corteza exterior (ritidoma). - Es marrón claro con aspecto de piel y se desprende a tiras dejando manchas grises o parduscas sobre la corteza interior, más lisa.
- Hojas sésiles, ovaladas y grisáceas, alargándose y tornándose coriáceas y de un color verde azulado brillante de adultas
- Flores blancas y solitarias
- Fruto cápsula
- Semillas pequeñas

2.4.1.3 Características Edafoclimáticas

Requerimientos climáticos:

- Altitud: 0 – 2.000 msnm
- Precipitación: 800 -1.200 mm
- Temperatura: 24°C

Requerimientos edáficos: Requiere suelos francos – arcilloso, no compactados, profundos, que mantengan buen drenaje.

2.4.1.4 Características de las semillas

Producción en vivero. - La germinación de la semilla se produce 7 a 14 días después de la siembra. Las plantas usualmente se cultivan a una altura de 20 a 30 cm, lo que toma entre 3 a 5 meses.

Reproducción vegetativa. - Por estacas o micro estacas, con la ayuda de hormonas enraizadoras (Vinuela, 2012).

2.4.2 *Cupressus lucitanica*

El ciprés, incluye 8 o más especies de maderas semejantes, está ampliamente distribuido por el Nuevo Mundo, desde Las Antillas y México hasta la Argentina, exceptuando Chile. Ampliamente esparcido por los bosques húmedos de altitudes bajas de la América tropical. Oriundo aparentemente de las Antillas Mayores y Menores hasta Trinidad y Tobago. También nativo en la América tropical continental (Farjon, 2001).

2.4.2.1 Descripción Taxonómica

Familia: Cupressaceae

Nombre Científico: *Cupressus lucitanica*

Nombre Común: Ciprés

Nombres comunes relacionados: Ciprés

2.4.2.2 Descripción Botánica.

- Árbol que alcanza hasta 30-40 m de altura
- Tronco recto y cilíndrico con raíces tablares grandes.
- Corteza externa gruesa rojiza-marrón, con fisuras longitudinales irregulares.
- Copa cónica con ramas extendidas
- Hojas son perennifolio, escamosa con márgenes lisos y enteros, los conos son casi redondos, de 12 a 15 mm ubicados a lo largo de las ramas
- Flores masculinas y femeninas en la misma inflorescencia.
- Fruto cápsula leñosa lenticelada, dehiscente, oblongo-elipsoide.

2.4.2.3 Características Edafoclimáticas

Requerimientos climáticos:

- Altitud: 1.200 – 3.500 msnm
- Precipitación: 1.200 – 2.000 mm
- Temperatura: 18 – 30 °C

Requerimientos edáficos. - Es una especie exigente en suelos, requiere suelos profundos, aireados, bien drenados, fértiles, pH entre 5,0 y 7,0 con buena disponibilidad de elementos mayores, variando de franco arcillosos a franco-arenosos. Tolera sitios húmedos, y soporta suelos neutros y calcáreos.

2.4.2.4 Características de la semilla

Producción en vivero:

Germinación: Las semillas del ciprés son sembradas en bancales semilleros colocadas a espaciamentos de 10cm x 15cm, obteniendo su germinación entre 10 a 20 días.

Trasplante: Cuando las plántulas adquieren un tamaño de 5cm se las coloca en fundas de polietileno o macetas durante 3 a 4 meses logrando un tamaño de 25cm, posteriormente son ubicadas en el sitio de plantación. (Farjon, 2001).

Reproducción vegetativa:

Para una adecuada reproducción vegetativa se utilizan estacas que provienen de ramas jóvenes, que tienen características como: diámetro entre 3 y 6mm, longitud de 4 a 6cm, con 2 dos o más nudos y una hoja superior. Se recomienda eliminar los entrenudos terminal y basal que se encuentren muy lignificados. Para obtener un adecuado enraizamiento se emplea Ácido Indol

Butírico (IBA) al 0.2% en polvo o diluido en alcohol, sumergiendo por unos segundos la base de la estaca e inmediatamente sembrando en un sustrato franco arenoso. (Farjon, 2001).

2.5 Agricultura orgánica

Existen muchas explicaciones y definiciones de la agricultura orgánica, pero todas coinciden en que se trata de un método que consiste en la gestión del ecosistema en vez de la utilización de insumos agrícolas. Un sistema que comienza por tomar en cuenta las posibles repercusiones ambientales y sociales eliminando la utilización de insumos, como fertilizantes y plaguicidas sintéticos, medicamentos veterinarios, semillas y especies modificadas genéticamente, conservadores, aditivos e irradiación. En reemplazo de esto se llevan a cabo prácticas de gestión específicas para el sitio de que se trate, que mantienen e incrementan la fertilidad del suelo a largo plazo y evitan la propagación de plagas y enfermedades (FAO, 2016).

La agricultura orgánica es uno de los varios enfoques de la agricultura sostenible. En efecto, muchas de las técnicas utilizadas -por ejemplo, los cultivos intercalados, el acolchado, la integración entre cultivos y ganado- se practican en el marco de diversos sistemas agrícolas. Lo que distingue a la agricultura orgánica es que, reglamentada en virtud de diferentes leyes y programas de certificación, están prohibidos casi todos los insumos sintéticos y es obligatoria la rotación de cultivos para "fortalecer el suelo". Una agricultura orgánica debidamente gestionada reduce o elimina la contaminación del agua y permite conservar el agua y el suelo en las granjas. Algunos países desarrollados (por ejemplo Alemania o Francia) obligan a los agricultores a aplicar técnicas orgánicas, o los subvencionan para que las utilicen, como solución a los problemas de contaminación del agua (COAG, 2000).

2.6 Efectos sobre el medio ambiente y sostenibilidad.

Los objetivos económicos no son la única motivación de los agricultores orgánicos, su propósito es a menudo lograr una interacción óptima entre la tierra, los animales y las plantas, conservar los nutrientes naturales y los ciclos de energía y potenciar la diversidad biológica, todo lo cual contribuye a la agricultura sostenible (COAG, 2000).

Adoptan muchas técnicas de protección y conservación del suelo y el agua que se utilizan para luchar contra la erosión, la compactación, la salinización y otras formas de degradación. El uso de la rotación de los cultivos, el abono orgánico y el acolchado mejoran la estructura del suelo y estimulan la proliferación de una vigorosa población de microorganismos. Los cultivos mixtos y de relevo aseguran una cobertura más continua del suelo y por consiguiente un período más breve en que el suelo queda totalmente expuesto a la fuerza erosiva de la lluvia, el viento y el sol (COAG, 2000).

Los agricultores orgánicos se valen de métodos naturales para combatir las plagas -por ejemplo, medios biológicos, plantas con propiedades útiles para la lucha contra las plagas- y no de plaguicidas sintéticos que, como es sabido, cuando no se utilizan correctamente, causan la muerte de organismos beneficiosos, provocan resistencia a las plagas y con frecuencia contaminan el agua y la tierra. La reducción del uso de plaguicidas sintéticos tóxicos, que envenenan cada año a tres millones de personas, debería traducirse en una mejora de la salud de las familias agrícolas (ROSHFRANS, 2008).

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Ubicación del lugar de investigación

3.1.1 Ubicación Política

La investigación se llevó a cabo en las instalaciones del vivero de plantas forestales de la Hacienda El Prado (IASA 1) que se encuentra ubicada en la provincia de Pichincha, Cantón Rumiñahui, Parroquia Sangolquí en el Sector de San Fernando

Provincia:	Pichincha
Cantón:	Rumiñahui
Sector:	San Fernando

3.1.2 Ubicación geográfica

La Hacienda El Prado se encuentra ubicada en:

Altitud:	2 748 m.s.n.m.
Latitud:	0°23'20'' S
Longitud:	78°24'44'' W

3.1.3 Ubicación Ecológica

La Hacienda El Prado se encuentra en el piso altitudinal Montano Bajo, Región Latitudinal templada, zona de vida Bosque Húmedo, Clasificación Bioclimática Humedo – Temperado, Provincia de Humedad Húmedo. La temperatura promedio anual es de 13.89°C, la precipitación anual es de 1285 mm/año, y la humedad relativa promedio anual es de 69.03%.

3.2 Materiales empleados

3.2.1 En la construcción de los semilleros:

- Tablones de madera de 1m x 0.20m
- Tablones de madera de 1m x 0.10m
- Clavos
- Martillo

3.2.2 En la preparación de los tratamientos:

- Zaranda o tamizadora.
- Tierra negra.
- Arena negra de río.
- Húmus del Proyecto de Lombricultura de la Hacienda El Prado.
- Zeolita.
- Carretilla.
- Pala.
- Barra.
- Azadón.

3.2.3 En la siembra:

- Semillas de Eucalipto (*Eucaliptus sp.*)
- Semillas de Ciprés (*Cupressus lucitánica*)

3.3 Diseño Experimental.

El ensayo se realizó aplicando un diseño experimental de Bloques Completamente al Azar estableciéndose cinco tratamientos con tres repeticiones para las dos especies en estudio. Para el análisis estadístico se procedió a un análisis de varianza.

3.4 Toma de datos

Para la toma de datos en cuanto a la altura y diámetro se utilizó un calibrador o pie de rey, esta evaluación se la realizo cada 6 semanas, es decir, en la semana 6, 12, 18 y 24.

3.5 Descripción de los Tratamientos

Se establecieron cinco tratamientos, uno para cada dosis de zeolita y dos testigos los cuales no contienen zeolita. En cada tratamiento se mezcló previamente la dosis de zeolita establecida con una cantidad de Humus del 30% para los tratamientos y uno de los testigos, en conjunto con una mezcla de tierra negra y arena de río en partes iguales.

Los tratamientos se aplicaron a las dos especies de forestales seleccionadas para este ensayo y de cada tratamiento se hizo tres repeticiones, lo cual nos dio un total de 30 unidades experimentales de 1 m². Los tratamientos están distribuidos como se indica en la figura 1.

Tabla 1

Dosis de Zeolita, Húmus, Tierra y Arena correspondientes a los tratamientos.

Tratamiento	Zeolita (%)	Humus (%)	Tierra (%)	Arena (%)	Especie
T0S1	0	0	50	50	Eucalipto
T0S2	0	0	50	50	Ciprés
T1S1	0	30	35	35	Eucalipto
T1S2	0	30	35	35	Ciprés
T2S1	10	30	30	30	Eucalipto
T2S2	10	30	30	30	Ciprés

CONTINUA



T3S1	30	30	20	20	Eucalipto
T3S2	30	30	20	20	Ciprés
T4S1	50	30	10	10	Eucalipto
T4S2	50	30	10	10	Ciprés

T4S1	T4S1	T4S1	T4S2	T4S2	T4S2
CAMINO					
T3S1	T3S1	T3S1	T3S2	T3S2	T3S2
CAMINO					
T2S1	T2S1	T2S1	T2S2	T2S2	T2S2
CAMINO					
T1S1	T1S1	T1S1	T1S2	T1S2	T1S2
CAMINO					
T0S1	T0S1	T0S1	T0S2	T0S2	T0S2

Figura 1 Distribución de los tratamientos en el campo.

3.6 Metodología de los análisis de suelos:

Para la realización del análisis de suelo se procedió a determinar los parámetros químicos pH, Conductividad eléctrica y Cantidad de Sólidos Totales Disueltos de los distintos tratamientos para conocer el efecto que tiene sobre las propiedades de los sustratos como también en la germinación de las semillas de *Eucalyptus sp* y *Cupressus lucitanica*

Se tomó una cantidad de 500 g de cada sustrato para llevarlos al laboratorio de suelos de la carrera de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias IASA para proceder a su análisis con el equipo medidor de pH, CE y TDS para obtener los datos correspondientes.

3.7 Tipo de Diseño Experimental

Las unidades experimentales se distribuyeron bajo un diseño completamente al azar; y para su análisis el siguiente modelo lineal aditivo:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \epsilon_{ij}$$

Dónde:

Y_{ij} = Variable respuesta en la j-ésima repetición del i-ésimo tratamiento

μ = Media general

τ_i = Efecto del tratamiento i.

ϵ_{ij} = Error aleatorio, donde $\epsilon_{ij} = N(0, \sigma^2)$

H0: T0=T1=T2=T3=...=Tn

H1:T0 Tn

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el presente estudio se realizó un análisis de las medias en las variables: tiempos de germinación de las especies forestales Eucalipto (*Eucalyptus sp*) y el Ciprés (*Cupressus lucitanica*), también las medias de las alturas de estas especies forestales, con lo cual se obtuvieron los siguientes resultados.

4.1 Caracterización de sustratos

En el siguiente cuadro se muestra las propiedades químicas tomadas a los diferentes sustratos, utilizados para la evaluación de las dos especies forestales eucalipto y ciprés.

Tabla 2

Propiedades de los sustratos

Tratamientos	Propiedades Químicas		
	Ph	CE	TDS
T0	6.50	0.37	0.19
T1	7.67	0.68	0.33
T2	8.27	0.60	0.30
T3	7.46	1.16	0.53
T4	7.22	0.61	0.30

Como se observa en los resultados si existe una diferencia notoria de pH, CE y TDS de los diferentes tratamientos, esto es debido a como se señaló inicialmente las propiedades de la zeolita afectan a la del sustrato base y un aumento en el porcentaje de zeolita en la mezcla modifica de forma importante las propiedades del mismo.

Según Salinas (2014) el pH del humus debe estar en un rango más cercano al neutro de 6-8 y la conductividad eléctrica de 1.30 a 2.30 dS/m. Para Zeocol (2017) el pH de la zeolita está en el rango de 7- 8 y la conductividad eléctrica 1-2. Nuestros tratamientos no tienen mucha similitud con estos datos presentados de humus y zeolita, probablemente estos cambios se dan a la composición de los sustratos y a las condiciones edafoclimáticas.

Tabla 3

Análisis de varianza para el pH, CE y TDS de los tratamientos (sustratos) utilizados en las especies forestales Eucalipto y Ciprés, Hacienda el Prado (Sangolquí).

Fuentes de Variación	GL	SC	CM
Tratamientos	2	159,79	79,89*

*Significación estadística al 0,05 de probabilidad

El análisis de la varianza nos indica que hay variaciones en cuanto al pH (potencial hidrogeno), la C.E (conductividad eléctrica) y TDS (total de solidos disueltos). Estas variaciones a los tratamientos están relacionados por la composición de cada sustrato, ya que cada uno de ellos está constituido por diferentes componentes, como se puede apreciar en la (Tabla 1).

4.2 Análisis del tiempo de germinación

La germinación es el proceso por el cual el embrión de la semilla se desarrolla hasta convertirse en una planta siempre que tenga las condiciones favorables de clima y suelo. En este estudio se tomó como referencia a dos especies forestales Eucalipto (*Eucalyptus sp*) y el Ciprés (*Cupressus lucitanica*), en la cual una de las variables de estudio fue la germinación.

Tabla 4

Análisis de varianza para el tiempo de germinación (días) de las especies forestales Eucalipto y Ciprés, Hacienda el Prado (Sangolquí).

Fuentes de Variación	GL	SC	CM	p-valor
Eucalipto	4	828,11	207,02*	<0,001
Ciprés	4	168,28	42,07*	<0,001

*Significación estadística al 0,05 de probabilidad

Como se puede apreciar en el análisis de varianza de los tiempos de germinación de las especies forestales eucalipto y ciprés hay diferencias significativas entre sus tratamientos.

Tabla 5

Análisis de medias de los días de germinación, de las especies forestales Eucalipto y Ciprés, Hacienda el Prado (Sangolquí).

Tratamientos	Germinación (días)	
	Eucalipto	Ciprés
T0	39	39
T1	33	39
T2	27	39
T3	39	33
T4	39	33

El análisis de la tabla 5, nos indica que en la especie forestal Eucalipto, los tratamientos T0, T3 y T4 germinaron a los 39 días, mientras que el tratamiento T1 germino a los 33 días y el tratamiento T2 a los 27 días. Para el caso de la especie forestal ciprés, los tratamientos T0, T1, T2 germinaron a los 39 días y los tratamientos T3 y T4 germinaron a los 33 días.

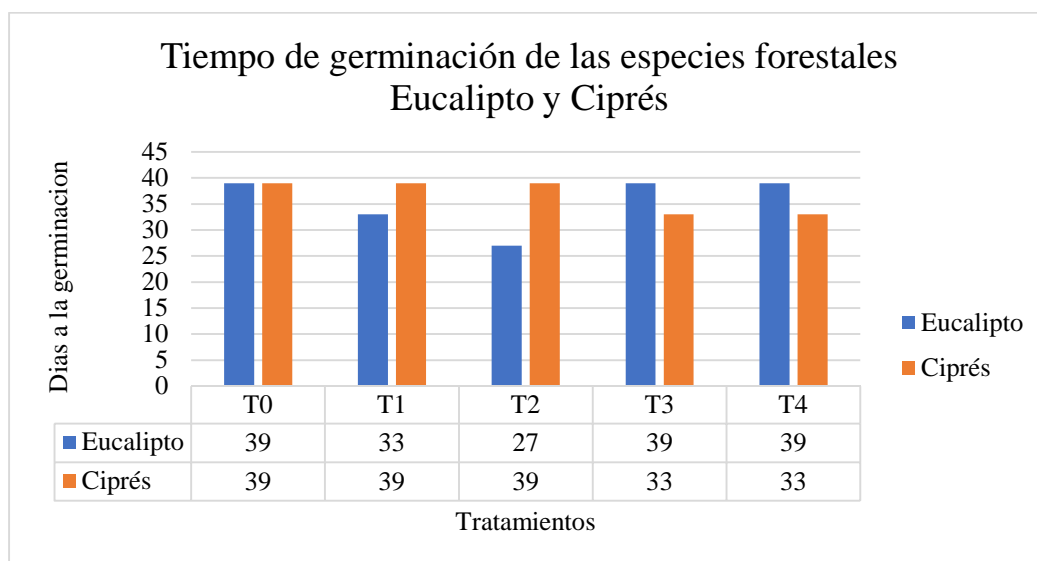


Figura 2 Tiempo de germinación de dos especies forestales Eucalipto y Ciprés

Como se puede apreciar en la figura 2, los tiempos de germinación promedio para el eucalipto fue de 27 a 39, en los cuales los tratamientos T2 y T3 tuvieron una ligera variación, probablemente por la composición del sustrato y las condiciones edafoclimáticas. Para el caso del ciprés podremos apreciar que hay una variación de tiempos de germinación de 33 a 39 días, los tratamientos T0, T1 y T2 con 39 días a la germinación y los tratamientos T3 y T4 con 33 días a la germinación

El período de germinación de la semilla del eucalipto es irregular y puede ocurrir en cualquier momento entre los 14 y 50 días después de la siembra, dependiendo de las condiciones meteorológicas y las características del suelo (Bridget, 2016). De acuerdo con lo mencionado nuestros tratamientos se encuentran en el rango de germinación de 27 a 39 días.

Las semillas de ciprés germinan muy lentamente, debido a que presentan un letargo interno, tardan de 4 y 8 semanas siempre y cuando estén en condiciones edafoclimáticas favorables

(NaturVall, 2015). Podemos apreciar que en nuestro estudio tenemos un rango de germinación de 27 a 33 días.

Es un hecho de que los factores edafoclimáticos influyen en el desarrollo de las especies forestales, por tal motivo podemos apreciar que una variación en el número de días de germinación de las especies forestales a partir de la siembra. Según South (2000), estos factores son, en orden de importancia, las condiciones ambientales, el manejo de la planta, su morfología y su fisiología, a lo que habría que añadir los factores genéticos.

4.3 Análisis de la altura de las especies forestales Eucalipto y Ciprés

En este ensayo se evaluaron en las semanas; 6, 12, 18 y 24, en las cuales se obtuvo las variables de altura de plantas, para las especies forestales eucalipto y ciprés. A continuación, se presentan las medias de los datos obtenidos:

- Semana sexta de evaluación

Tabla 6

Análisis de varianza para la altura de planta evaluadas en la semana 6 de las especies forestales Eucalipto y Ciprés, Hacienda el Prado (Sangolquí).

	Eucalipto				Ciprés			
F.V.	SC	Gl	CM	p-valor	SC	gl	CM	p-valor
Modelo.	11545,49	4	2886,37	<0,0001	19,29	4	4,82	0,0191
Tratamiento	11545,49	4	2886,37	<0,0001	19,29	4	4,82	0,0191
Error	25938,55	562	46,15		170,78	109	1,57	
Total	37484,04	566			190,07	113		

*Significación estadística al 0,05 de probabilidad

Como se observa en el análisis de varianza para el caso del eucalipto sus tratamientos fueron altamente significativos mientras que en el caso del ciprés sus tratamientos fueron significativos.

Tabla 7

Análisis de medias para la evaluación de desarrollo en la semana 6, de la especie forestal Eucalipto, Hacienda el Prado (Sangolquí).

Tratamiento	Medias	N	E.E.		
T4S1	16,46	126	1,21	A	
T2S1	21,29	63	1,72	A	B
T3S1	25,28	129	1,2		B
T1S1	26,43	75	1,57		B
T0S1	32,57	174	1,03		C

Test: Tukey Alfa=0,05

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

En la tabla 7, se presenta el análisis de medias para la especie forestal eucalipto se observa que los tratamientos T0S1, T3S1y T4S1 presentaron diferencias significativas respecto a los demás tratamientos. El mejor tratamiento es el T0S1 y los valores de las medias están comprendidos entre 16,46 y 32,57.

Tabla 8

Análisis de medias para la evaluación de desarrollo en la semana 6, de la especie forestal Ciprés., Hacienda el Prado (Sangolquí).

Tratamiento	Medias	N	E.E.
T4S2	2,15	41	0,2
T2S2	2,43	7	0,47
T0S2	2,44	27	0,24
T1S2	3	17	0,3
T3S2	3,18	22	0,27

Test: Tukey Alfa=0,05

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

En la tabla 8, se presenta el análisis de medias para la especie forestal ciprés. En la sexta semana de crecimiento, los tratamientos para el caso del ciprés los no presentaron diferencias significativas entre sí. El mejor tratamiento es el T3S2 y los valores de las medias están comprendidos entre 2,15 y 3,18.

- Semana décimo segunda de evaluación

Tabla 9

Análisis de varianza para la altura de planta evaluadas en la semana 12 de las especies forestales Eucalipto y Ciprés, Hacienda el Prado (Sangolquí).

F.V.	Eucalipto				Ciprés			
	SC	Gl	CM	p-valor	SC	gl	CM	p-valor
Modelo.	20163,8	4	5040,95	<0,0001	171	4	42,75	0,0047
Tratamiento	20163,8	4	5040,95	<0,0001	171	4	42,75	0,0047
Error	104171	562	185,36		1169,28	109	10,73	
Total	124334,8	566			1340,28	113		

*Significación estadística al 0,05 de probabilidad

Como se puede apreciar en el análisis de varianza de la semana 12 hay diferencias altamente significativas para el caso del eucalipto mientras que en el caso del ciprés sus tratamientos fueron significativos

Tabla 10

Análisis de medias para la evaluación de desarrollo en la semana 12, de la especie forestal Eucalipto, Hacienda el Prado (Sangolquí).

Tratamiento	Medias	N	E.E.	
T4S1	16,46	126	1,21	A
T2S1	21,29	63	1,72	A B
T3S1	25,28	129	1,2	B
T1S1	26,43	75	1,57	B
T0S1	32,57	174	1,03	C

Test: Tukey Alfa=0,05

En la tabla 10, se presenta el análisis de medias para la especie forestal eucalipto. En la decimosegunda semana de crecimiento, los tratamientos T0S1, T3S1, T4S1, presentaron diferencias significativas respecto a los demás tratamientos. El mejor tratamiento es el T0S1 y los valores de las medias están comprendidos entre 16,46 y 32,57.

Tabla 11

Análisis de medias para la evaluación de desarrollo en la semana 12, de las especies forestal Ciprés, Hacienda el Prado (Sangolquí).

Tratamiento	Medias	n	E.E.
T4S2	4,8	41	0,51
T0S2	5,07	27	0,63
T2S2	6,43	7	1,24
T1S2	7	17	0,79
T3S2	7,82	22	0,7

Test: Tukey Alfa=0,05

En la tabla 11, se presenta el análisis de medias para la especie forestal ciprés. En la decimosegunda semana de crecimiento, los tratamientos no presentaron diferencias significativas entre sí. El mejor tratamiento es el T3S2 y los valores de las medias están comprendidos entre 4,8 y 7,82.

- Semana décimo-octava de evaluación

Tabla 12

Análisis de varianza para la altura de planta evaluadas en la semana 18 de las especies forestales Eucalipto y Ciprés, Hacienda el Prado (Sangolquí).

F.V.	Eucalipto				Ciprés			
	SC	gl	CM	p-valor	SC	gl	CM	p-valor
Modelo.	41528,43	4	10382,11	<0,0001	877,83	4	219,5	0,0004
Tratamiento	41528,43	4	10382,11	<0,0001	877,83	4	219,5	0,0004

CONTINÚA

Error	285240,5	562	507,55	4228,03	109	38,79
Total	326768,9	566		5105,86	113	

*Significación estadística al 0,05 de probabilidad

Como se puede apreciar en el análisis de varianza de la semana 12 hay diferencias altamente significativas para el caso del eucalipto mientras que en el caso del ciprés sus tratamientos fueron significativos

Tabla 13

Análisis de medias para la evaluación de desarrollo en la semana 18, de la especie forestal Eucalipto, Hacienda el Prado (Sangolquí).

Tratamiento	Medias	N	E.E.	
T4S1	29,98	126	2,01	A
T2S1	40,92	63	2,84	B
T1S1	48,39	75	2,6	B C
T3S1	49,28	129	1,98	B C
T0S1	52,13	174	1,71	C

Test: Tukey Alfa=0,05

En la tabla 13, se presenta el análisis de medias para la especie forestal eucalipto En la decimoctava semana de crecimiento, los tratamientos T0S1, T4S1, T2S1, presentaron diferencias significativas respecto a los tratamientos T1S1 y T3S1 que fueron similares entre sí. El mejor tratamiento es el T0S1 y los valores de las medias están comprendidos entre 29,98 y 52,13.

Tabla 14

Análisis de medias para la evaluación de desarrollo en la semana 18, de la especie forestal Ciprés, Hacienda el Prado (Sangolquí).

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
T4S2	7,66	41	0,97	A
T0S2	8,19	27	1,2	A
T2S2	10,29	7	2,35	A B



T1S2	12,06	17	1,51	A	B
T3S2	14,73	22	1,33		B

Test: Tukey Alfa=0,05

En la tabla 14, se presenta el análisis de medias para la especie forestal ciprés. En la decimoctava semana de crecimiento, los tratamientos T4S2, T0S2, T3S2, presentaron diferencias significativas mientras que los tratamientos T1S1 y T3S1 que fueron similares entre sí. El mejor tratamiento es el T3S2 y los valores de las medias están comprendidos entre 7,66 y 14,73.

- Semana vigesimocuarta de evaluación

Tabla 15

Análisis de varianza para la altura de planta evaluadas en la semana 24 de las especies forestales Eucalipto y Ciprés, Hacienda el Prado (Sangolquí).

F.V.	Eucalipto				Ciprés			
	SC	gl	CM	p-valor	SC	gl	CM	p-valor
Modelo.	76928,73	4	19232,18	<0,0001	2187,91	4	547	0,0003
Tratamiento	76928,73	4	19232,18	<0,0001	2187,91	4	547	0,0003
Error	563681	562	1002,99		10288,1	109	94,39	
Total	640609,7	566			12476	113		

*Significación estadística al 0,05 de probabilidad

Como se puede apreciar en el análisis de varianza de la semana 24 hay diferencias altamente significativas para el caso del eucalipto mientras que en el caso del ciprés sus tratamientos fueron significativos

Tabla 16

Análisis de medias para la evaluación de desarrollo en la semana 24, de la especie forestal Eucalipto, Hacienda el Prado (Sangolquí).

Tratamiento	Medias	N	E.E.		
T4S1	43,25	126	2,82	A	
T2S1	59,6	63	3,99		B
T1S1	69,07	75	3,66	B	C
T0S1	71,25	174	2,4	B	C
T3S1	72,99	129	2,79		C

Test: Tukey Alfa=0,05

En la tabla 16, se presenta el análisis de medias para la especie forestal eucalipto. En la vigesimocuarta semana de crecimiento, los tratamientos T4S1, T2S1 y T3S1, presentaron diferencias significativas respecto a los tratamientos T0S1 y T1S1 que fueron similares entre sí. El mejor tratamiento es el T3S1 y los valores de las medias están comprendidos entre 43,25 y 72,99.

Tabla 17

Análisis de medias para la evaluación de desarrollo en la semana 24, de la especie forestal Ciprés, Hacienda el Prado (Sangolquí).

Tratamiento	Medias	N	E.E.		
T0S2	11,74	27	1,87	A	
T4S2	11,8	41	1,52	A	
T2S2	16,43	7	3,67	A	B
T1S2	17,12	17	2,36	A	B
T3S2	22,95	22	2,07		B

Test: Tukey Alfa=0,05

En la tabla 17, se presenta el análisis de medias para la especie forestal ciprés. En la vigesimocuarta semana de crecimiento, los tratamientos T0S1, T4S1, T3S1, presentaron diferencias significativas respecto a los tratamientos T1S1 y T2S1 que fueron similares entre sí.

El mejor tratamiento es T3S2 y los valores de las medias están comprendidos entre 11,74 y 22,95.

En las siguientes figuras se puede apreciar de mejor manera la tendencia de crecimiento que presentaron las dos especies forestales eucalipto y ciprés.

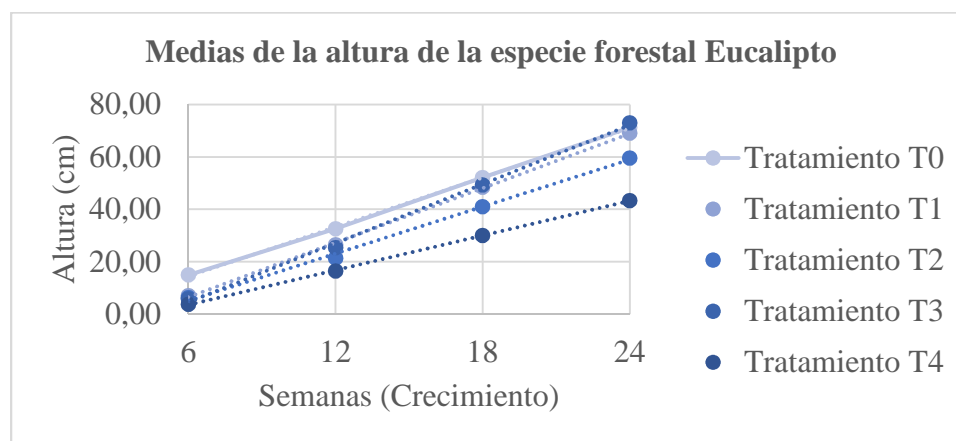


Figura 3 Medias de la altura en cm de la especie forestal Eucalipto

En la figura 3, se puede apreciar que el tratamiento T0 de la especie eucalipto es el que tiene una mayor tendencia de crecimiento, por el contrario, el tratamiento T4 de la especie eucalipto es la que presenta una menor tendencia de crecimiento.

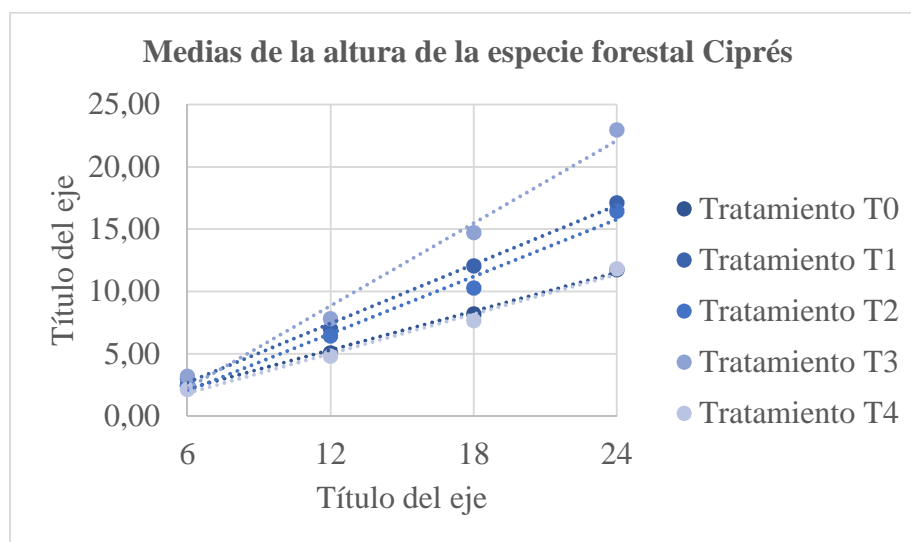


Figura 4 Medias de la altura en cm de la especie forestal Ciprés

En la figura 4, se puede apreciar que el tratamiento T3 de la especie ciprés es el que tiene una mayor tendencia de crecimiento, por el contrario, el tratamiento T4 de la especie ciprés es la que presenta una menor tendencia de crecimiento.

En la evaluación de las semanas de desarrollo del eucalipto, nos encontramos que el tratamiento T0 tiene una tendencia de crecimiento, pero en la última semana de evaluación, el tratamiento T3 es el que presentó mayor crecimiento. El tratamiento T0 está compuesto por: 50% de tierra y 50% arena, mientras que el tratamiento T3 está compuesto por: 30% de zeolita, 30% de humus, 20% de tierra y 20% de arena. Por lo tanto, nos indica que probablemente la zeolita tuvo mayor influencia en el desarrollo del eucalipto a partir de la semana 24.

Para el caso de desarrollo del ciprés, podemos apreciar que el tratamiento T3 que está compuesto por: 30% de zeolita, 30% de humus, 20% de tierra y 20% de arena, es el que tuvo una mayor tendencia de crecimiento. Probablemente esta especie tuvo una mejor interacción con la zeolita.

La zeolita cumple la función de sostén, drenaje y aireación de a semilla y al mismo tiempo se convierte en una reserva de sustancias nutritivas para el desarrollo postgerminativo, basados en un manejo integrado de las mismas; cuya actividad se basa en la capacidad de obtener mejores resultados en la germinación, las mismas que presentan un mayor vigor para un futuro crecimiento y desarrollo de la planta (Vasquez P. , 2008). Podemos apreciar claramente los beneficios de la zeolita en el tratamiento T3 de la especie ciprés y también el tratamiento T3 del eucalipto.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- Los diferentes tratamientos (sustratos), fueron muy similares en sus propiedades químicas, ya que la zeolita y el humus incorporados al sustrato base no modificaron las propiedades de dichos sustratos.
- El mayor porcentaje de germinación de las dos especies forestales fue entre los 30 a 39 días, siempre y cuando las condiciones edafoclimáticas sean favorables.
- En el eucalipto, el tratamiento que dio mejores resultados en la variable altura fue T0, con una clara tendencia de crecimiento y para el caso del ciprés fue T3 que en todas las semanas evaluadas presentó la misma tendencia de crecimiento. Para el eucalipto, es importante mencionar que la zeolita es de liberación lenta, por lo que al inicio del experimento no se reportó resultados relacionados con los tratamientos que la contenían. Se concluye que la mejor respuesta en el caso del ciprés se obtuvo con el tratamiento T3 que consiste en una mezcla de Zeolita al 30%, humus al 30%, tierra 20%, Arena 20%. Para el ciprés se obtuvieron resultados significativos con el tratamiento T3 desde el inicio del ensayo.
- El uso de las mezclas establecidas en el diseño junto a la zeolita favorece la respuesta de la germinación y crecimiento, por lo tanto, se cumple la hipótesis positiva (H₀), dando respuesta a cada uno de los objetivos planteados en el presente proyecto.

5.2 Recomendaciones

- Se recomienda divulgar los resultados de la presente investigación a productores que trabajen con estos rubros, ya que la mezcla probada del tratamiento T3 ofreció las mejores respuestas y así de esta forma se garantiza el uso adecuado de las mezclas sin incurrir en pérdida de recursos materiales y económicos.
- Se recomienda realizar un análisis bromatológico de las especies forestales utilizadas en este estudio, para poder determinar la influencia de la zeolita en el desarrollo del eucalipto y ciprés.
- Se recomienda realizar estudios de la interacción de la zeolita en otros cultivos de interés comercial o de consumo familiar, para obtener un mejor rendimiento.
- Se recomienda utilizar la zeolita en asociación con fertilizantes, ya que posee muy buenas características para el desarrollo de cultivos.

5.3 Bibliografía

- Ackley, M. y. (1991). *Adsorption characteristics of high-exchange clinoptilolites*. Ind. Eng. Chem. Res. 30: 2523-2530.
- Adler, P. M. (1992). *Porous media: geometry and transports*. Butterworth-Heinemann. Stoneham, M. A. USA. 235 p.
- Bansiwal, A. S. (2006). *Surfactant modified zeolite as a slow release fertilizer for phosphorus*. J. Agric. Food Chem. 54:4773-4779.
- Barbarick, K., & Pirella, H. (1983). *Agronomical and horticultural uses of zeolites*. Westview Press. Boulder, Colorado. 93-103 p.
- Beltrán, Z. (2010). Especies forestales nativas del Ecuador. *ECOS de la Academia*, 2.
- Briceño, S. y. (2008). Reducción catalítica de NOx con Pt soportado sobre zeolitas MFI modificadas con Cu, Co, Fe, Mn. *Avances Quimica*, 10.
- Bridget, K. (2016). Germinación del Eucalipto. *EHow*, 2.
- Burés, & all, e. (1993). *Monte Carlo computer simulation in horticulture: A model for container media characterization*. *HortScience* 29:1074-1078.
- Burés, S. (1997). *Sustratos*. 339 p. Madrid, España: Agrotecnia S. L.
- Carlino, J. L. (1998). *Evaluation of zeolite-based soilless root media for potted Crysanthemum production*. *HortTechnology* 8: 373 - 378.
- CATC. (2000). Seleccionando un sistema de adsorción para cov: Carbon, Zeolita o Polimeros. *CICA*, 20-22.
- COAG. (2000). *La agricultura orgánica*. Roma : Enfoques.
- Deitsch, R. (2005). Natural celular defense. *NaturalNews*, 4.
- Díaz, V. (2005). Recursos Forestales, Conocimiento y Usos. *CONAFOR*, 1.
- FAO. (2016). *Organic Agriculture*. Retrieved from <http://www.fao.org/organicag/oa-faq/oa-faq1/es/>
- Farjon, A. (2001). Enciclovida. *Naturalista*, 4.
- Febles, J., & Velasquez, M. (2006). *Agricultural results obtained in the use of the Cuban zeolites in some Latin American countries*. Socorro, NM, USA: Book of Abstracts.
- Ficheva, P. (2014). Degradation state and development tendencies of soil. *Agis*, 4.
- Glisic, P. (2009). The effect of natural zeolites and organic fertilisers on the characteristics of degraded soils and yield of crops grown in Western Serbia. *Wiley*, 3-4.
- Gómez, J. (2001). Mineral Zeolita. *Universidad Complutense Madrid*, 10.
- Huang, Z., & Petrovic, A. (1994). *Clinoptilolite zeolite influence on nitrate leaching and nitrogen use efficiency in simulated sand bases golf green*. *J. Env. Qual.* 23: 1190-1194.
- INIFAP. (2013). Zeolita Natural Alternativa ecológica y económica para la agricultura de temporal en México. *SAGARPA*, 8-12.
- Jimenez, M. (2004). caracterización de minerales zeolíticos. *UNAM*, 5-6.
- Lewis, D., Moore, D., & Goldsberry, L. (1983). *Ammonium-exchanged clinoptilolite and granulated clinoptilolite with urea as nitrogen fertilizers*. In: Pound, W. G and Mumpton, F. A. (eds) *Zeo-agriculture: use of natural zeolites in agriculture and aquaculture*. Westview Press. Boulder, Colorado. 105-111.

- Lopez, M. M. (2010). *Propiedades fisicoquímicas de la clinoptilolita tratada con fertilizantes a usar como aditivo en el cultivo de Pleurotus osteratus*. Terra latinoamericana, 28:247-254.
- Manolov I., A. D. (2005). *Jordanian zeolitic tuff as a raw material for the preparation of substrates used for plant growth*. Journal of Central European Agriculture. Vol. 6 No. 4:485-494.
- Ming, D. W. (1989). *Zeolites in soils*. In: Dixon, B. J. and Weed B. S. (eds.) *Minerals in soil environmental (2nd Ed)*. Book series, No.1. Soil. Science Society of America, Inc. South Segoe Road, Madison, WI53711, USA. p. 585-610.
- Ming, D., & Allen, E. (2001). *Use of natural zeolites in agronomy, horticulture, and enviromental soil remediation*.
- Mumpton, F. (1983). *Natural zeolites*. En Pond WG, Mumpton F.A. (eds) *Zeo-Agriculture: Use of Natural Zeolites in Agriculture and aquaculture*. Wesview. Colorado, EEUU: 33-43 p.
- NaturVall. (2015). *Sembrar y Cultivar Ciprés común – Manual de Cultivo*. NaturVall, 2.
- Nus, J., & Brauen, E. (1991). *Clinoptilolitic zeolite an amendment for establishment of creeping bentgrass on sandy media*. HortScience 26: 117-119.
- Orozco, R., & Burés, M. M. (1995). *Water status of graded perlites*. Acta Horticulturae 401:137-143.
- Qian, Y. L. (2001). *Amending sand with isolite and zeolite under saline conditions: leachate composition and salt deposition*, Hortscience 36: 717 - 720.
- ROSHFRANS. (2008). *Agricultura orgánica, efectos sobre el medio ambiente y sustentabilidad*. ROSHFRANS, 1.
- Salinas, F. (2014). *Evaluación de la calidad química del humus de lombriz roja californiana (Eiseniafoetida) elaborado a partir de cuatro sustratos orgánicos en Arica*. Scielo, 6.
- Soldat, D. (2003). *Inorganic amendments as putting green construction materials*. Soil Sci, 5.
- South, D. (2000). *Planting morphologically improved pine seedlings to increase survival and growth*. Forestry and Wildlife Research, 15.
- Terés, V. A. (1995). *A method for evaluation of air volumes in substrates*. Acta Hort. 401: 41-48.
- Vasquez, H., & Zetina, L. (2014). *Uso de zeolita para reducir costos de fertilizacion química en agricultura*. INIFAP. Centro de Investigación Regional Golfo Centro. Mexico.
- Vasquez, P. (2008). *Efecto de 4 porcentajes de zeolitas como sustrato y dos metods pregerminativos en 10 especies forestales*. UNA, 6.
- Verdonk, O. (2004). *The influence of the particle sizes on the physical properties of growing media*. Acta Horticulturae 644: 99-101.
- Villareal, N., Barahona, A., & Castillo, O. (2015). *Efecto de la zeolita sobre la ediciencia de fertilizantes nitrogenados en el cultivo de arroz*. Panamá: Instituto de Investigacion Afropecuaria de Panamá.
- Vinueza, M. (22 de Octubre de 2012). *Ecuador Forestal*. Obtenido de <http://ecuadorforestal.org/fichas-tecnicas-de-especies-forestales/ficha-tecnica-no-10-eucalipto/>
- Zeocol. (2017, Abril 15). *Zeocol*. Retrieved from http://www.zeocol.com/contenido-index-id-8-titulo-propiedades_de_la_zeolita