

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS  
AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES**

**CARRERA DE INGENIERÍA FORESTAL**

1. **TÍTULO:** EVALUACIÓN DEL CRECIMIENTO DENDROMÉTRICO DE CASUARINA (*Casuarina equisetifolia* L.) Y ACACIA NEGRA (*Acacia melanoxilom* R. BR.), CON LA APLICACIÓN DE RETENEDORES DE AGUA; YAHUARCOCHA, IBARRA, IMBABURA.
  
2. **AUTOR:** Katherine Lizeth Cuasque Chicango
  
3. **DIRECTORA:** Ing. María Isabel Vizcaíno Pantoja
  
4. **COMITÉ LECTOR:** Ing. Karla Dávila  
  
Ing. Carlos Arcos  
  
Ing. Oscar Rosales
  
5. **AÑO:** 2016
  
6. **LUGAR DE LA INVESTIGACIÓN:** YAHUARCOCHA, IBARRA
  
7. **BENEFICIARIOS:** PROPIETARIOS QUE POSEAN ÁREAS CON LAS MISMAS CONDICIONES EDAFO-CLIMÁTICAS Y DESEEN MEJORAR LA CAPACIDAD DEL SUELO. ESTUDIANTES DE LA CARRERA DE INGENIERÍA FORESTAL PUEDEN HACER USO DE ÉSTA ESTUDIO PARA FUTURAS INVESTIGACIONES.

## **HOJA DE VIDA DE LA INVESTIGADORA**



**APELLIDOS:** CUASQUE CHICANGO

**NOMBRES:** KATHERINE LIZETH

**C. CIUDADANÍA:** 100332594-9

**TELÉFONO CONVENCIONAL:** 062-609-351

**TELÉFONO CELULAR:** 0980310868

**CORREO ELECTRÓNICO:** katherinelizeth@hotmail.es

**DIRECCIÓN:** Imbabura – Ibarra – Guayaquil de Alpachaca - Azaya – Guayaquil y  
Latacunga

**AÑO:** 2016

## REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

Guía: FICAYA-UTN

Fecha: 1 de noviembre del 2016

**KATHERINE LIZETH CUASQUE CHICANGO:** Evaluación del crecimiento dendrométrico de Casuarina (*Casuarina equisetifolia* L.) y Acacia negra (*Acacia melanoxilom* R. BR.), con la aplicación de retenedores de agua; Yahuarcocha, Ibarra, Imbabura. / TRABAJO DE TITULACIÓN. Ingeniera Forestal.

Universidad Técnica del Norte. Carrera de Ingeniería Forestal Ibarra. 1 de noviembre del 2013. 82 páginas.

**DIRECTORA: Ing. María Isabel Vizcaíno Pantoja**

El objetivo principal de la presente investigación fue: Evaluar el crecimiento dendrométrico de casuarina (*Casuarina equisetifolia* L.) y acacia negra (*Acacia melanoxilom* R. BR.), con la aplicación de retenedores de agua en Yahuarcocha con el fin de complementar el conocimiento sobre el comportamiento de las especies y el uso de retenedores en las condiciones edafo-climáticas del sector. Entre los objetivos específicos se pretendió; evaluar la sobrevivencia de las especies, realizar mediciones de las variables forestales de las especies, identificar el estado fitosanitario de las plantas, analizar la incorporación de carbono y biomasa de la plantación y calcular costos de manejo.

Fecha: 1 de noviembre del 2016

.....  
Ing. María Isabel Vizcaíno Pantoja  
**Directora de Trabajo de Titulación**

.....  
Katherine Lizeth Cuasque Chicango  
**Autora**

**EVALUACIÓN DEL CRECIMIENTO DENDROMÉTRICO DE CASUARINA  
(*Casuarina equisetifolia* L.) Y ACACIA NEGRA (*Acacia melanoxilom* R. BR.),  
CON LA APLICACIÓN DE RETENEDORES DE AGUA; YAHUARCOCHA,  
IBARRA, IMBABURA.**

Autora: Katherine Lizeth Cuasque Chicango  
Directora de Trabajo de Titulación: Ing. María Isabel Vizcaíno Pantoja  
Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales  
Carrera de Ingeniería Forestal  
Universidad Técnica del Norte  
Ibarra-Ecuador  
katherinelizeth@hotmail.es  
Teléfono: 609-351 / 0980310868

**RESUMEN**

La investigación “Evaluación del crecimiento dendrométrico de casuarina (*Casuarina equisetifolia* L.) y acacia negra (*Acacia melanoxilom* R. BR.), con la aplicación de retenedores de agua; se realizó en la parroquia El Sagrario de Yahuarcocha, sector el Pinllo. La temperatura medio anual es de 17.7 °C y su precipitación anual es de 619.2 mm/año. El área total utilizada en la investigación fue de 1.964 m<sup>2</sup>. Los objetivos establecidos fueron: evaluar la sobrevivencia de las dos especies en estudio, realizar mediciones de las variables forestales, identificar el estado fitosanitario de las mismas, analizar la incorporación de carbono y biomasa de la plantación establecida y finalmente calcular los costos de manejo durante el período de julio 2014 hasta julio 2015. Para los análisis respectivos se aplicó un diseño de bloques al azar con arreglo factorial A x B, determinado como factor A las dos especies (*Casuarina equisetifolia* L. y *Acacia melanoxilom* R. BR), y como factor B cuatro retenedores. La plantación constaba de cuatro bloques con ocho tratamientos cada bloque; los tratamientos formado por 10 plantas obteniendo un total de 320 plantas utilizadas en la implementación del ensayo. A demás se aplicó la prueba de Tukey para las variables, altura total, diámetro basal y estado fitosanitario, al 95% de probabilidad estadística. Los resultados adquiridos con respecto a la sobrevivencia para especies fue que acacia negra obtuvo un porcentaje del 95% y casuarina un bajo porcentaje de 88.75%; mientras que, para los tratamientos se evidenció al T6 (Acacia + gel hidratado) con un 100% de sobrevivencia y el T3 (Casuarina+ materia orgánica) hasta un 80%. El crecimiento para las variables forestales determinó que, para altura total, diámetro basal y estado fitosanitario. la especie acacia melanoxilom fue la mejor, ya que, obtuvo datos superiores con respecto a la otra especie. La aplicación de la prueba de Tukey para el factor B: retenedores y por ende los tratamientos, determinó que el T6 (Acacia + gel hidratado) es el que mejor adaptabilidad tuvo, teniendo en cuenta que el período de la investigación fue en su mayor parte época seca. Los resultados obtenidos en la práctica de biomasa permitieron observar, que el tratamiento con mayor contenido de la misma es el T4 (Casuarina + solo), y según los valores obtenidos en el laboratorio se determinó que el mayor contenido de carbono se presentó dentro del ensayo, es decir, en el área con árboles ya que su porcentaje es de 1.707%, comparando con el área sin árboles que tiene un bajo valor de 1.43%. El costo total para el manejo de la plantación se obtuvo del cálculo de las diferentes actividades realizadas durante en tiempo de estudio, teniendo un total de 649.52 dólares americanos.

## ABSTRACT

The investigation "Evaluation of dendrométrico growth of casuarina (*Casuarina equisetifolia* L.) And black acacia (*Acacia melanoxilom* R. BR), With the application of water retainers; held in the parish of El Sagrario Yahuarcocha, sector Pinllo. The average annual temperature is 17.7 ° C and annual rainfall of 619.2 mm / year. The total area used in the research was of 1,964 m<sup>2</sup>. The stated objectives were to evaluate the survival of the two species under study, measurements of forest variables, identifying the phytosanitary status of them, analyze the incorporation of carbon and biomass established plantation and finally calculate the costs of handling during period July 2014 to July 2015. for the respective analysis, a randomized block design was applied factorial arrangement A x B with factor determined as the two species (*Casuarina equisetifolia* L. y *Acacia melanoxilom* R. BR) and factor B as four fasteners. The plantation consisted of four blocks with eight treatments each block; Treatments consisted of 10 plants obtaining a total of 320 plants used in the implementation of the test. In other Tukey test for variables, total height, basal diameter and plant health, 95% statistical probability was applied. The results gained with regard to survival for species was that black wattle obtained a percentage of 95% and casuarina a low percentage of 88.75%; lie that was evident for treatments to T6 (Acacia + hydrated gel) with 100% survival and T3 (Casuarina + organic matter) up to 80%. Growth for forest variables determined for total height, basal diameter and plant health. melanoxilom acacia species was the best, because, higher data obtained with respect to the other species. The application of the Tukey test for factor B: Retainers and therefore treatments, determined that T6 (Acacia + gel hydrated) is the best adaptability had, considering that the investigation period was mostly dry season. The results obtained in the practice of biomass allowed to observe, that treatment with higher content of it is the T4 (Casuarina + only), and according to the values obtained in the laboratory was determined that the higher carbon content was presented in the trial, ie in the area with trees since their percentage is 1.707%, compared to the area without trees having a low value of 1.43%. The total cost for plantation management was obtained from the calculation of the various activities undertaken during study time, taking a total of US \$ 649.52.

## INTRODUCCIÓN

El Ecuador es considerado como uno de los países más ricos en diversidad de especies y ecosistemas en todo el mundo; por tanto, la biodiversidad es uno de los mayores capitales con que cuenta el país pero que, a su vez, se encuentran afectados por la deforestación que se la define como el cambio o transformación de un bosque a cualquier otro tipo de uso de suelo o área sin bosque (MAE, 2011).

Según MAE (2014), en un informe del “Plan Nacional de restauración forestal 2014 – 2017” menciona que la deforestación durante el período 2008-2012 la deforestación fue de 65.880 ha/año para una tasa de 0,54%.

En las tres regiones del país (Sierra, Costa y Amazonía) los ecosistemas nativos han sido intervenidos por actividades antropogénicas, que a expensas del bosque han ido progresivamente desarrollando modelos de producción agrícola no sustentables, que a lo largo del tiempo ha sido fuente primaria de los ingresos económicos de numerosas familias (Mendoza, 2012).

El “Línea Base de Deforestación del Ecuador Continental”, realizado por el MAE (2012): menciona que la provincia de Imbabura presentó una deforestación en el periodo 2000 – 2008 de 1240

ha/año y una tasa anual de cambio de cobertura de -0,86%, debido a las diferentes actividades agrícolas, por lo cual se evidencian áreas degradadas expuestas a agentes hídricos y eólicos ocasionando la erosión de los bosques secos.

Por lo mencionado anteriormente, se propuso realizar el seguimiento al ensayo realizado por Valenzuela L. (2014), establecido en febrero del 2013, en la Parroquia El Sagrario, Sector El Pinillo – Yahuarcocha, con el fin de obtener datos complementarios a la primera fase del estudio, así como también, permitirá contribuir a futuro, con planes de reforestación empelando las especies en sitios que presenten condiciones edafo-climáticas similares. Además, la presente investigación planteó evaluar el crecimiento dendrométrico de casuarina (*Casuarina equisetifolia* L.) y acacia negra (*Acacia melanoxilom* R. BR.), como un aporte al conocimiento sobre el manejo silvicultural de las especies en áreas secas de la zona norte del Ecuador.

## UBICACIÓN DEL ESTUDIO

### Ubicación política y administrativa

Provincia: Imbabura  
Cantón: Ibarra  
Parroquia urbana: El Sagrario  
Sitio: El Pinllo

### Ubicación geográfica

Latitud: 00° 21' 20.95''  
Longitud: 78° 05' 33.44''  
Altitud: 2358 m.s.n.m.

### Datos climáticos

Precipitación: 619.2 mm/año  
Temperatura media anual: 17.7 °C  
Humedad relativa media anual: 72%  
Meses secos: Junio – Octubre

## CLASIFICACIÓN ECOLÓGICA

De acuerdo con la clasificación ecológica de Holdridge (1999), el área del ensayo pertenece al Bosque seco Montano Bajo (bs-MB) y Matorral montano xérico de los valles del norte, así también lo ratifica el mapa de ecosistemas del Ecuador continental (MAE, 2012).

## TOPOGRAFÍA

La pendiente media del sector El Pinllo oscila entre el 60-65 %. La profundidad efectiva del suelo es de 30 cm a 40 cm; presenta una superficie pobre en drenaje y aireación, se puede considerar un suelo superficial cubierto por paja (*Brachiaria mutica*) debido a la erosión generada en este sitio, alrededor del ensayo también existen árboles de eucalipto (*Eucalyptus globulos*).

- **Cobertura vegetal**

La cobertura vegetal del sitio donde se implementó la investigación está formada

de pequeñas plantas herbáceas tales como: Poaceae, Asteraceae, Agavaceae.

## METODOLOGÍA

Durante el período de estudio se ejecutó diferentes actividades que se detallan a continuación.

- **Reconocimiento del ensayo**

Se realizó un recorrido y reconocimiento del ensayo, para constatar el estado del mismo, georreferenciar (puntos GPS) y elaborar el mapa de ubicación, utilizando una imagen satelital que permitió una mejor visualización, en vista de que en el anterior estudio únicamente se generó un mapa de ubicación con curvas de nivel.

- **Características del ensayo**

Características	Unidad	Nº de U
Tratamientos	T	8
Superficie del tratamiento	m <sup>2</sup>	1.964
Plantas por tratamiento	P	10
Plantas en ensayo	P	320

- **Manejo del ensayo**

### *Cercamiento*

El ensayo presentaba dos entradas libres, las cuales se cercaron para evitar el paso del ganado. En la plantación no se estableció un cercamiento completo, porque el ensayo ya presentaba cercas vivas como límite del predio.

### *Manejo silvicultural*

Mediante la utilización de herramientas de campo se realizó coronamientos a 80 cm alrededor de cada planta, cada cuatro meses. Debido a que la pendiente del terreno es mayor al 70% no se realizó la limpieza total del área con la finalidad de evitar la erosión del mismo.

### Colocación de letreros

Se elaboró los letreros con su respectivo código que, a su vez, fueron ubicados en cada tratamiento y bloque en el ensayo.

### Toma de mediciones

La medición se realizó a partir de los 60 días después de la última medición del primer estudio realizado por Valenzuela L. (2014).

De acuerdo a las planificaciones establecidas en el anteproyecto se tomó cuatro mediciones cada cuatro meses; altura, diámetro basal y estado fitosanitario.

### ANÁLISIS DE LA SOBREVIVENCIA

La sobrevivencia se evaluó en cada medición, para lo cual se determinó el número total de individuos vivos y muertos, en base al total de individuos recibidos en el presente periodo de investigación.

Para establecer el porcentaje de sobrevivencia se aplicó la siguiente ecuación:

$$S\% = \frac{\text{Número de individuos vivos}}{\text{Número de individuos plantados}} \times 100$$

Fuente: Paredes (2011).

#### a) Altura total

Se midió la altura total de la planta, desde el nivel del suelo hasta el ápice vegetativo, empleando un flexómetro.

#### b) Diámetro basal

Para la medición del diámetro basal se utilizó el calibrador o pie de rey, se midió a partir de diez centímetros desde el nivel del suelo.

### c) Estado fitosanitario

A través de una tabla de calificación se evaluó el estado fitosanitario de cada una de las plantas, para constatar la presencia o no de plagas o enfermedades.

Tabla 1. Clasificación del estado fitosanitario

<b>Excelente</b>	<b>5</b>
<b>Muy Buena</b>	4
<b>Buena</b>	3
<b>Regular</b>	2
<b>Irregular</b>	1

Fuente: Valenzuela L. (2014).

### DISEÑO EXPERIMENTAL

Se aplicó un diseño de bloques al azar (DBA).

#### Factores en estudio

**Factor A:** Especie

**Factor B:** Retenedor

Ca: Casuarina

Ac: Acacia negra

Retenedor	Descripción de retenedores
R1	5 g Gel seco
R2	5g Gel hidratado, en 1L agua
R3	Materia orgánica
R0	Testigo

### ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

La unidad experimental consta de 10 plantas las mismas que se encuentran a un espaciamiento de 3 x 3 m. ubicadas en tresbolillo, ocupando un área de 1.964 m<sup>2</sup>. Para la presente investigación se mantuvo el diseño de bloques al azar con arreglo factorial A x B, los mismos que están conformados por ocho tratamientos con dos especies (*Casuarina equisetifolia* L., *Acacia melanoxilom* R. BR.)

## ANÁLISIS DE VARIANZA

Se aplicó el Diseño de Bloques al Azar en arreglo factorial aplicando un modelo estadístico.

A demás se aplicó la prueba de Tukey al 5% de probabilidad estadística para las variables diámetro basal, altura total, sobrevivencia, y estado fitosanitario.

## ANÁLISIS DE CORRELACIÓN

El análisis de correlación se efectuó en base a las variables altura total y diámetro basal de cada especie y así comprobar el grado de asociación existente entre las variables citadas. Los cálculos se procesaron empleando el software Excel junto con el programa InfoStat

## ANÁLISIS DE REGRESIÓN

Se aplicó el modelo de regresión lineal:

$$Y = b_0 + b_1X + \varepsilon$$

Fuente: Aguirre y Vizcaíno (2010).

Dónde:

- Y** = variable –respuesta
- b<sub>0</sub>** = intercepto
- b<sub>1</sub>** = pendiente de la recta
- X** = **variable** independiente
- ε** = error estándar del coeficiente

## ANÁLISIS DEL CONTENIDO DE BIOMASA Y CARBONO

### Biomasa

Este análisis es tomado de la metodología de PROFAFOR aplicada en el año 2001.

- **Componente fuste**

Al azar se extrajo un árbol de cada bloque y tratamiento teniendo un total de ocho individuos, se separó el fuste de las demás partes del árbol, colocando en cada fuste los respectivos códigos, se procedió a

pesar en una balanza graduada en gramos, para luego llevarlo al horno de secado en la granja experimental yuyucocha de la UTN, allí se pesó varias veces hasta obtener un límite peso seco y deducir peso seco / peso húmedo.

- **Componente copa (ramas + hojas / acículas)**

De los árboles extraídos del ensayo se procedió a separar las ramas + hojas / acículas con su respectiva codificación, se pesó en una balanza graduada en gramos obteniendo el peso húmedo, luego se llevó al horno por un determinado tiempo hasta encontrar el límite del peso seco.

- **Componente raíz**

Se determinó el peso seco de las raíces, pero lo cual se cortó las raíces de los ocho árboles, luego se procedió a pesarlas y se registraron los valores del peso húmedo en el libro de campo. De la misma manera se los introdujo en el horno para determinar el peso seco.

- **Componente arbusto, hierba y mantillo**

Se elaboró en un marco de madera de 1m<sup>2</sup> y se procedió a lanzarlo al azar dentro de la plantación, para registrar todos los individuos como arbustos, hojarasca o mantillo. Se recolectó en una funda plástica toda la vegetación que quedó dentro del marco de madera (al ras del suelo) y se pesó en balanza graduada en gramos. Posteriormente se trasladó a la central maderera de yuyucocha para determinar el peso seco.

- **Componente suelo**

En la plantación se levantó un perfil del suelo, describiendo las características físicas de los horizontes: profundidad, textura, color, estructura, drenaje.

Se tomó muestras de suelo al inicio y al final del periodo de estudio; de dos áreas, de la plantación y de otra área adjunta al ensayo sin árboles, se llevó al laboratorio LABONORT de la ciudad de Ibarra para realizar el análisis químico de materia orgánica, nitrógeno, potasio, fósforo, pH y físico de contenido de humedad y densidad para realizar las respectivas comparaciones (Jara, 2001).

Una vez recolectados todos los valores del peso seco en el libro de campo de cada uno de los componentes de los ocho individuos, se calculó la biomasa seca aérea con biomasa seca raíz, con la siguiente fórmula:

$$R \text{ BSA/BSR} = \frac{\text{Biomasa seca aérea (g)}}{\text{Biomasa seca raíz (g)}}$$

### Carbono

De los resultados obtenidos del suelo en el laboratorio LABONORT, se analizó también el contenido de carbono

### ANÁLISIS DE COSTO DE MANEJO

Para analizar los costos de manejo se tomó en cuenta todos los gastos realizados desde la primera actividad realizada durante el período de estudio, los cuales fueron:

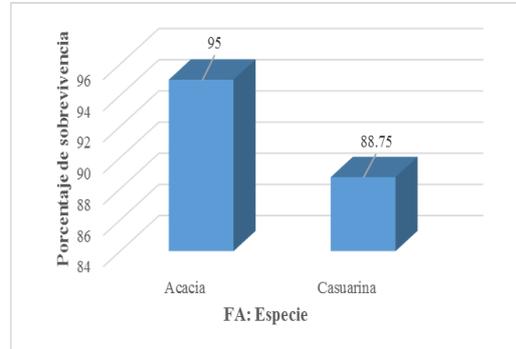
- Arriendo y análisis.
- Manejo silvicultural.
- Insumos y materiales.
- Alimentación.

### RESULTADOS

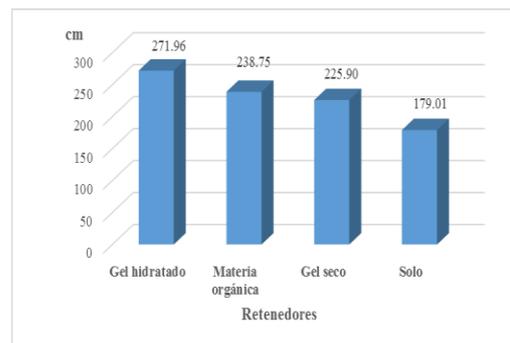
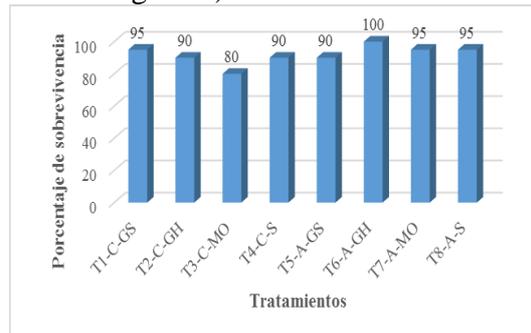
#### Sobrevivencia a la edad de dos años cinco meses

Los resultados analizados al final de investigación determinaron un promedio general de 91.9% de sobrevivencia;

teniendo a la especie, acacia (*Acacia melanoxilom* R. BR.) con un porcentaje del 95% y casuarina (*Casuarina equisetifolia* L.) un bajo porcentaje de 88.75%.



Los análisis estadísticos para diferentes tratamientos determinaron la siguiente sobrevivencia; T6 (Acacia + gel hidratado) con un 100% y T3 (Casuarina+ materia orgánica) hasta un 80%.



### Variabes forestales

#### Análisis de la altura total a los dos años cinco meses

El análisis de varianza registró que las fuentes de variación: bloques un valor no significativo a su correspondiente tabular,

y tratamientos valores altamente significativos, por tal motivo, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa; que al menos una especie presenta una diferencia en su crecimiento con los diferentes retenedores de agua.

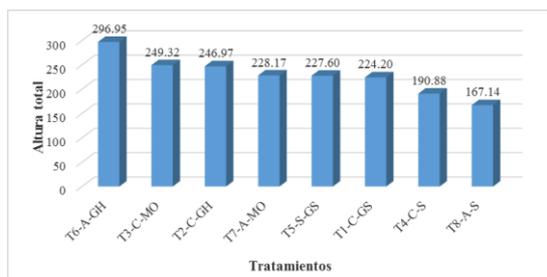
F.V.	SC	gl	CM	Fc	F <sub>0,05</sub>	SIGNIFICANCIA
BLOQUE	19326.36	3	6442.12	1.05	3.88	ns
TRATAMIENTO	417168.21	7	59595.46	9.68	2.73	**
FA:ESPECIE	345.28	1	345.28	0.06		
FB:RETENEDORES	343819.25	3	114606.42	18.61		
FAnFB	67613.86	3	22537.95	3.66		
ERROR	1822666.58	296	6157.66			
TOTAL	2261722.15	306				
CV		34.27				

La prueba Tukey realizada para el Factor A: especies en cuanto altura total determino tener un rango de crecimiento casi igual, ya que, entre las dos especies solo existió una diferencia de 2.12 cm.

FA:ESPECIE	MEDIAS	RANGOS
Acacia	229.97	A
Casuarina	227.85	A

Los valores arrojados por la prueba de Tukey para el factor B: retenedores fueron que R2 (gel hidratado), logró tener un mejor desarrollo, ya que este retenedor logró la conservación del agua pues presentó, un valor de 271.96 cm. en altura total, a diferencia de R0 (solo), pues se evidenció un bajo rendimiento.

La prueba de Tukey aplicada para los tratamientos se evidenció que T6 (Acacia + gel hidratado), T3 (Casuarina + materia orgánica), y T2 (Casuarina + gel hidratado) obtuvieron los mejores valores para la variable altura, permitiendo que los nutrientes incorporados a la planta fueran los mejores para su crecimiento.



### Análisis de diámetro basal a los dos años cinco meses

El análisis de varianza, arrojó valores no significativos para las fuentes de variación bloques y para tratamientos valores altamente significativos a sus correspondientes tabulares, es decir, que existe diferencias estadísticas para cada uno de los tratamientos.

F.V.	SC	gl	CM	Fc	F <sub>0,05</sub>	SIGNIFICANCIA
BLOQUE	7.53	3	2.51	3.13	3.88	ns
TRATAMIENTO	57.57	7	8.22	10.27	2.73	**
FA:ESPECIE	7.21	1	7.21	9.00		
FB:RETENEDORES	41.35	3	13.78	17.22		
FAnFB	8.08	3	2.69	3.37		
ERROR	236.95	296	0.8			
TOTAL	302.25	306				
CV		29.98				

La prueba de Tukey realizada para las dos especies forestales, evidenció diferencias estadísticas ya que, acacia negra (*Acacia melanoxilom* R. BR.) obtuvo un rango favorable para diámetro basal.

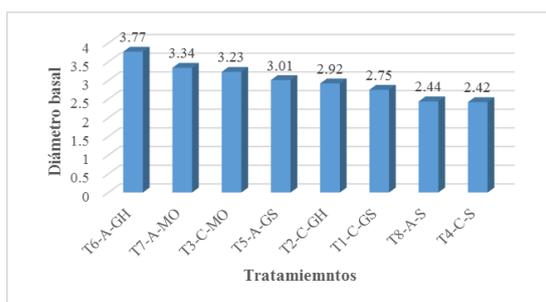
FA: ESPECIES	MEDIAS	RANGOS
Acacia	3.14	A
Casuarina	2.83	B

Se aplicó la prueba de Tukey para los retenedores y evidenció que, los retenedores R2 (gel hidratado) y R3 (materia orgánica) son los más sobresalientes en cuantos a su desarrollo del diámetro basa mientras que, R1 (solo) ha obtenido un bajo rendimiento para esta variable forestal. A demás los datos tabulados permitieron observar un valor promedio de 3.34 cm. para R2, es decir que el gel hidratado tuvo un

desenvolvimiento excelente durante el período de evaluación.

FB:RETENEDORES	MEDIAS	RANGOS		
R 2: Gel hidratado	3.34	A		
R 3: Materia orgánica	3.29	A		
R 1: Gel seco	2.88		B	
R 4: Solo	2.43			C

Los resultados arrojados por la prueba de Tukey para los tratamientos permitieron observar que T6 (Acacia + gel hidratado), T7 (Acacia + materia orgánica) y T3 (Casuarina + materia orgánica) obtener rangos de medidas favorables en comparación con los demás tratamientos empleados en la investigación, cabe recalcar que entre los tres tratamientos la especie acacia negra (*Acacia melanoxilom* R. BR.) es la que más está presente



### Estado fitosanitario a los dos años cinco meses

Los resultados del análisis de varianza evidencian valores no significativos para las fuentes de variación bloques al 95% de probabilidad estadística, mientras que, para tratamientos se evidenció un valor mayor y altamente significativo a su correspondiente tabular, por lo tanto, es necesario realizar el desglose factorial. Además, el coeficiente de variación tiene un valor de 15.62 dando a entender que existe una heterogeneidad con los diferentes tratamientos para ésta variable.

F.V.	SC	gl	CM	Fc	F <sub>0,05</sub>	SIGNIFICANCIA	
BLOQUE		1.30	3	0.43	0.82	3.88	ns
TRATAMIENTO		17.55	7	2.51	4.72	2.73	**
FA:ESPECIE		7.20	1	7.20	13.55		
FB:RETENEDORES		6.48	3	2.16	4.06		
FA:FB		3.74	3	1.25	2.34		
ERROR		157.29	296	0.53			
TOTAL		176.11	306				
	CV		15.6				

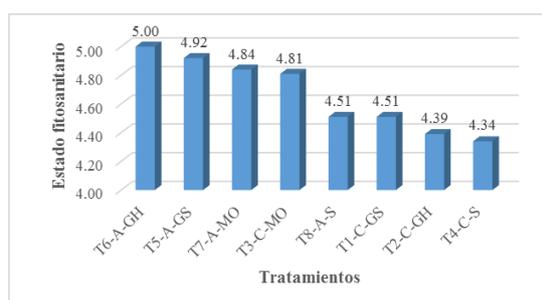
Realizada la prueba de Tukey para el factor A: especies determinó que la especie forestal acacia negra (*Acacia melanoxilom* R. BR.) adquirió un estado fitosanitario muy bueno, en base rango de calificación por Valenzuela L. (2014).

FA:ESPECIE	MEDIAS	RANGOS	
Acacia	4.82	A	
Casuarina	4.51		B

El desglose factorial aplicada para FB: retenedores determinaron que R3 (materia orgánica) no obtuvo mayores problemas en cuanto a sanidad, ya que, adquirió una medida promedio de 4.83 acercándose una calificación de excelente.

FB:RETENEDORES	MEDIAS	RANGOS	
R 3: Materia orgánica	4.83	A	
R 1: Gel seco	4.72	A	B
R 2: Gel hidratado	4.69	A	B
R 4: Solo	4.43		B

Los valores tabulares en éste gráfico demostraron que el tratamiento T6 (Acacia + Gel hidratado) ha seguido manteniendo un excelente estado fitosanitario con un valor de 5 de acuerdo a la tabla de calificación, mientras que T4 (Casuarina + solo) tiene un bajo nivel de 4.34.

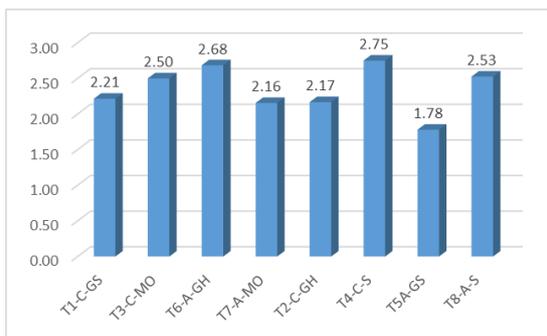


## Incorporación de carbono y biomasa

- **Contenido de biomasa**

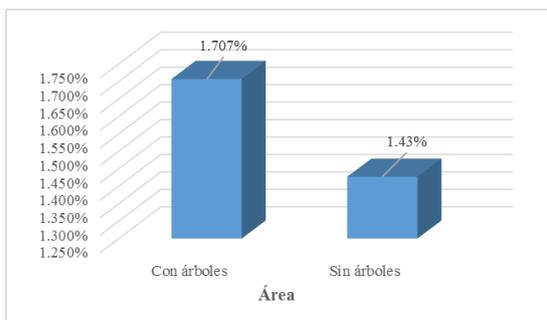
El resultado obtenido en la práctica de biomasa permitió observar que el tratamiento con mayor contenido de biomasa es el T4 (Casuarina + solo), por lo contrario, el T5 (Acacia + gel seco) obtuvo un menor valor de 1.78.

Según el análisis estadístico realizado por Cuasquer M. (2016) detalla un incremento de biomasa aérea de 0.030 (kg/árbol) a la edad de doce meses comprendiendo así, que la especie acacia negra (*Acacia melanoxilom* R. BR.) es la mejor.



- **Contenido de carbono**

Según los valores obtenidos en el laboratorio se observó que el mayor contenido de carbono presenta el área con árboles ya que su porcentaje es de 1.707, comparando con el área sin árboles que tiene un bajo valor de 1.43%.



## Análisis de correlación

El análisis de correlación se observó que existe una alta correlación entre las variables dasométricas, altura total, diámetro basal, por lo que se infiere que en todos los tratamientos se evidencia un crecimiento proporcional con las especies en estudio.

## Análisis de regresión

Al efectuar el análisis de regresión se comprobaron que todos los tratamientos a excepción del tratamiento 8, presenta un ajuste sobre el 90% a la recta de regresión, cabe recalcar que los tratamientos 3 y 6 tienen un ajuste casi perfecto corroborando al resultado de la correlación.

## Costos de manejo

Durante el período de estudio se realizaron diferentes actividades de campo, las cuales se resumen en la siguiente tabla.

ACTIVIDADES DE CAMPO		
CONCEPTO	UNIDAD DE MEDIDA	COSTO \$
Arriendo y análisis	0.20/HA	120.00
Manejo silvicultural		317.52
Insumos y materiales		16.00
Alimentación		196.00
<b>Total</b>		<b>649.52</b>

## CONCLUSIONES

- Para la sobrevivencia se presentó diferencias en todos los tratamientos en cada medición, entendiéndose así, que el Tratamiento T6 (Acacia + gel hidratado) manifestó un 100% de sobrevivencia, teniendo en cuenta que el periodo de estudio fue en época seca.

- En cuanto a la variable forestal altura total entre todas las mediciones, el mejor tratamiento que obtuvo un valor alto es el T6 (Acacia + gel hidratado), teniendo un crecimiento de 30 a 40 cm cada cuatro meses, mientras que el T8 (Acacia + solo) presento un bajo valor en altura total.
  - Para el diámetro basal, el tratamiento T6 (Acacia + gel hidratado) es el mejor, ya que, el crecimiento fue de 0.40 cm cada cuatro meses y el T4 (Casuarina solo) tiene un bajo crecimiento.
  - De igual manera en estado fitosanitario el tratamiento T6 (Acacia + gel hidratado) ha manifestado tener un buen estado fitosanitario en todas las evaluaciones, mientras tanto, el T3 (Casuarina + materia orgánica) y T4 (Casuarina solo) han demostrado tener un bajo nivel de sanidad.
  - Los resultados de la evaluación de la biomasa destacan a la especie casuarina (*Casuarina equisetifolia* L.) sin ningún retenedor, haber adquirido el mayor contenido de biomasa.
  - La mayor cantidad de contenido de carbono se desarrolló dentro del ensayo, por lo tanto, se puede comprender que la incorporación de casuarina y acacia negra permitió mejorar la capacidad del suelo.
- proyectos de reforestación la aplicación de estas dos especies, ya que, se han demostrado una buena sobrevivencia.
- Las áreas que presentan condiciones edafo-climáticas similares a las del ensayo es recomendable la aplicación de acacia negra (*Acacia melanoxilom* R. BR.) con gel hidratado, pues se ha comprobado un excelente desarrollo en altura total, diámetro basal y estado fitosanitario, teniendo en cuenta que los últimos datos recopilados en esta investigación fueron a la edad de dos años cinco meses, lo que nos indica que a mayor tiempo, mayor crecimiento tienen las especies con la aplicación de gel hidratado.
  - Es recomendable la aplicación de éstas dos especies con la aplicación del R2 (gel hidratado), ya que favorece a la retención de humedad y al incremento del contenido de carbono; además previene la erosión del suelo.
  - Esta investigación ha permitido confiar la aplicación de acacia negra en especial con gel hidratado, esto ayudará a que la estabilidad de la plantación sea del 100%, evitando así, la pérdida de tiempo como también económica.

## RECOMENDACIONES

- De acuerdo a los valores obtenidos en el periodo de estudio se puede recomendar a las diferentes entidades públicas, privadas, comunidades o

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilera, R. (2001). *Casuarina equisetifolia* L. *Árboles Útiles de la parte Tropical de América del Norte*. Washington, D. C.: Grupo de Estudios de Silvicultura.

- Comisión Forestal de América del Norte.
- Aguirre Z., L.-P. R. (2006). *Especies leñosas y formacones vegetales en los bosques estacionalmente secos de Ecuador y Perú*. Quito-Ecuador.
- Aguirre C., y Vizcaíno M., (2010). Aplicación de estimadores estadísticos y diseños experimentales en investigaciones forestales. Ibarra: Editorial Universitaria.
- Andrade, M. B. (2004). *CATIE*. Obtenido de <http://intranet.catie.ac.cr/intranet/postrgrado/Agroforesteria%20Tropical/AT511/Curso%20Bases%20T%C3%A9cnicas%20Agroforestales/3.%20Dasometr%C3%ADa%20y%20Medici%C3%B3n%20de%20Sombra/Lecturas%20obligatorias/Clase%20Dasometria.pdf>
- Bertzky, M. R. (2011). *Carbono, biodiversidad y servicios ecosistémicos: explorando los beneficios múltiples*. Quito.
- Camacho, D. C. (Julio de 2011). Recuperado el 08 de 06 de 2015, de <http://library.fes.de/pdf-files/bueros/quito/08364.pdf>
- CATIE. (2012). *Dasometría y cubicación de madera*. En Proyecto, *Producción de madera en sistemas agroforestales* (pág. 27 a 31).
- CATIE, 1982. (s.f.). En N. P. LEÑA, *Producto leña y fuentes alternativas de energía* (págs. 22,23). Costa Rica: Lic. Elizabeth Mora.
- FAO. (2012). Recuperado el 8 de 06 de 2015, de <http://www.fao.org/docrep/016/i3010s/i3010s.pdf>
- Florez, G. G., (2016). *Recuperación de suelos degradados, de la cuenca media del río Mira, Ibarra, Ecuador*. (Tesis de Grado). Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Ecuador.
- Imaña-Ensinas, J. (1988). *Dasometría Práctica*. Brasil: Editora Universidade de Brasília.
- Jara, G. P. (2001). *www.PROFAFOR.com*. Obtenido de <http://www.profafor.com/portal/Pdf/Retenedores%20de%20Humedad.pdf>
- Juan, M. (19 de Junio de 2013). *ASTURNATURA.COM*. Obtenido de <http://www.asturnatura.com/especie/acaia-melanoxylon.html>.
- Luis Fdo. Jara, F. G. (2011). *MONITOREO DE PLANTACIONES FORESTALES PARA LA FIJACIÓN DE CARBONO EN EL ECUADOR*. QUITO: PROFAFOR S.A. Obtenido de <http://www.profafor.com/portal/Pdf/Retenedores%20de%20Humedad.pdf>
- MAE. (2011). *REDD+ EN ECUADOR UNA OPORTUNIDAD PARA MITIGAR EL CAMBIO*

*CLIMÁTICO Y CONTRIBUIR A LA GESTIÓN SOSTENIBLE DE LOS BOSQUES.* Quito.

*Yahuarcocha, Ibarra, Imbabura.* (Tesis de Grado). Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Ecuador.

MAE. (2012). *Sistema de clasificación de los ecosistemas del Ecuador continental.* Quito: Quito-Ecuador.

MAE. (2014). PLAN NACIONAL DE RESTAURACIÓN FORESTAL 2014 - 2017.

MARENA / INAFOR. (2002). *GUI DE ESPECIES FORESTALES DE NICARAGUA/ORGUT CONSULTING AB .* MANAGUA: EDITORA DE ARTE, S.A.

Mendoza, Z. H. (2012). *Especies forestales de los bosques secos del Ecuador. Guía dendrológica para su identificación y caracterización. Proyecto Manejo Forestal Sostenible ante el cambio .* MAE/FAO. Quito: Finlandia. Quito, Ecuador.

Organizaciones (CFRQ, F. F. (2015). *Suia Ambiente.* Recuperado el 08 de 06 de 2015, de <http://suia.ambiente.gob.ec>

PROFAFOR. (2011). *HIDROKEEPER.* Obtenido de <http://www.profabor.com/portal/Pdf/Retenedores%20de%20Humedad.pdf>

Valenzuela, L. F. (2014). *Determinación del crecimiento inicial de plantaciones de casuarina (Casuarina equisetifolia L.), y acacia negra (Acacia melanoxilom R. Br.) mediante la aplicación de retenedores de agua,*