



**UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES**  
**CARRERA INGENIERÍA FORESTAL**

Proyecto de investigación previo  
a la obtención del título de  
Ingeniería Forestal

“Contenido de carbono en la biomasa aérea en el laurel (*Cordia alliodora* Ruiz & Pav) y pachaco (*Schizolobium parahybum*) en tres localidades del Litoral ecuatoriano, 2016 – 2017”.

**AUTORES:**

Lema Alvarado Manuel Alexander  
Vera Maldonado Peter Robert

**DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN:**

Dr. Carlos Belezaca Pinargote

**Quevedo-Los Ríos-Ecuador**  
**2017**

## **DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS**

Yo, **Manuel Alexander Lema Alvarado**, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; el cual no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional y que ha consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

Yo, **Peter Robert Vera Maldonado**, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; el cual no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional y que ha consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Técnica Estatal de Quevedo, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.

---

**Manuel Alexander Lema Alvarado**

---

**Peter Robert Vera Maldonado**

## CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DE TESIS

El suscrito, **Ing. For. Darwin Salvatierra Pilozo**, Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifica que los estudiantes **Manuel Alexander Lema Alvarado** y **Peter Robert Vera Maldonado**, realizaron el Proyecto de Investigación de grado titulado “Contenido de carbono en la biomasa aérea en el laurel (*Cordia alliodora* Ruiz & Pav) y pachaco (*Schizolobium parahybum*) en tres localidades del Litoral ecuatoriano, 2016 - 2017”, previo a la obtención del título de **Ingeniería Forestal**, bajo mi dirección, habiendo cumplido con todas las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.

-----  
**Dr. Carlos Belezaca Pinargote**  
**DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**



**UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES**  
**CARRERA INGENIERÍA FORESTAL**

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

“Contenido de carbono en la biomasa aérea en el laurel (*Cordia alliodora* Ruiz & Pav) y pachaco (*Schizolobium parahybum*) en tres localidades del Litoral ecuatoriano, 2016 - 2017.”

Presentado a la Comisión Académica como requisito previo a la obtención del título de Ingeniero Forestal

**APROBADO POR:**

-----  
PRESIDENTA TRIBUNAL

Dra. Betty Gonzales Osorio

-----  
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Dra. Jessenia Castro Olaya

-----  
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. Pedro Suatunce Cunuhay

QUEVEDO – LOS RÍOS – ECUADOR

2017

## **DEDICATORIA**

***Lema Alvarado Manuel Alexander***

***Quiero dedicar este logro:***

*A Dios por ser quien ha estado a mi lado en todo momento dándome las fuerzas necesarias para continuar luchando día tras día y seguir adelante rompiendo todas las barreras que se me presenten.*

*A mi familia, en especial a mis padres Manuel y Rocío fueron los que me dieron ese cariño y calor humano necesario, son los que han velado por mi salud, mis estudios, mi educación, alimentación entre otros, son a ellos a quien les debo todo, a mi hermano Orlando por su constante apoyo, son ellos quienes siempre están ahí brindándome todo su apoyo incondicional y sincero, junto con su sacrificio y esfuerzo anhelando lo mejor para mí desarrollo personal.*

***Vera Maldonado Peter Robert***

***Quiero dedicar este logro:***

*En primer lugar a Dios porque es aquel ser que está presente siempre y guía mi camino y me da la fuerza para culminar cada una de mis metas y me siento contento por saber que el cuida mis pasos y está pendiente de cada logro de mi vida.*

*A mi familia, en especial a mis padres Petter y Yashira ya que ellos fueron Y serán el motor de mi vida, gracias a ellos soy lo que soy y cada principio y valor fueron inculcados con bases muy fuertes para que hoy en día yo sea un hombre de bien, a mis hermanos Andrew y Paolo ya que como su ejemplo a seguir me corresponde inculcarles buenos principios para que tengan éxito en sus vidas, sin cada uno de ellos esto no sería posible.*

## AGRADECIMIENTO

*A la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, a la Facultad de Ciencias Ambientales de la UTEQ y a la Escuela de Ingeniería Forestal de la UTEQ entes académicos forjadores de enseñanza.*

*Mi estima y gratitud con el Ing. Darwin Salvatierra Director de Tesis y la Dra. Betty González por permitirnos colaborar en este proyecto de investigación. Al Ing. Pedro Suatunce, por su ayuda indispensable para la culminación del proyecto. Gracias por el apoyo incondicional, sus conocimientos y experiencias compartidas, para el feliz término de esta investigación.*

*Mis recuerdos y agradecimientos sinceros a mis compañeros en especial a Doris, German, Hernán, Maga, Oscar, Jonathan quienes de manera directa o indirecta supieron colaborarme en el desarrollo y culminación de este trabajo investigativo.*

*A la dirección de investigaciones de la UTEQ y al equipo del proyecto. UTEQ – DICYT – 003 – Contenido de carbono en la biomasa aérea en el laurel (*Cordia alliodora* Ruiz & Pav) y pachaco (*Schizolobium parahybum*) en tres localidades del Litoral ecuatoriano, 2016 - 2017. A la fundación Durini y gerente de Hdas.*

*A la Dra. Betty Gonzales Osorio, Dra. Jessenia Castro Olaya y al Ing. Pedro Suatunce Cunuhay integrantes del tribunal.*

## RESUMEN EJECUTIVO

El presente estudio se realizó en tres localidades del Litoral ecuatoriano, Santo Domingo, Balzar y Valencia, en plantaciones de *Cordia alliodora* (laurel) y *Schizolobium parahybum* (pachaco) donde se evaluó el crecimiento, se determinó la cantidad de biomasa y se cuantificó el contenido de carbono. Se establecieron cuatro parcelas de 10.000 m<sup>2</sup> por cada especie, dentro de la cual se establecieron cuatro subparcelas de 500 m<sup>2</sup>, donde se midieron las variables dasométricas, diámetro y altura y cantidad de carbono en la biomasa aérea con fórmulas alométricas de Clutter 1992, se aplicó un diseño de bloque completamente al azar. Las variables DAP y área basal que presentaron diferencias significativas fueron especie y localidad por especie. En los tratamientos localidad por especie las variables que presentaron mayor diferencias significativas fueron biomasa, biomasa/ha y CO<sub>2</sub>/ha. El mayor promedio CO<sub>2</sub> t ha<sup>-1</sup> fue para la especie pachaco (86,1428) seguido del laurel (83,8345) de CO<sub>2</sub> t ha<sup>-1</sup> en la localidad Santo Domingo.

## ABSTRACT

The present study was conducted in three localities of the Ecuadorian coast, it was quantified the content of carbon in tree plantations of *Cordia Alliodora* (laurel) and *Schizolobium parahybum* (the pachaco species) the locations under study (Santo Domingo, Balzar and Valencia), It was considered form factors in the plantations of 9 years of age, (10,000 m<sup>2</sup> plots within which established four subplots of 500 m<sup>2</sup>), Dasometricas variables was evaluated and amount of carbon in the biomass allometric formulae of Clutter (1992), we used a block design and completely random. The highest average t CO<sub>2</sub>/ ha<sup>-1</sup> was for the species pachaco. The dbh and basal area variables that showed significant differences were species-by-species and location. In the treatments by species the variables that showed more significant differences were biomass, biomass/ha and CO<sub>2</sub>/ha. The species of pachaco presented higher CO<sub>2</sub> capture t ha<sup>-1</sup> (86,1428) in the town of Santo Domingo and the laurel species (83,8345) of CO<sub>2</sub> t ha<sup>-1</sup> in the town of Santo Domingo.

## CONTENIDO GENERAL

Contenido	
<b>PORTADA</b> .....	i
<b>DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS</b> .....	ii
<b>CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DE TESIS</b> .....	iii
<b>TRIBUNAL DE TESIS</b> .....	iv
<b>DEDICATORIA</b> .....	v
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	vi
<b>RESUMEN EJECUTIVO</b> .....	vii
<b>ABSTRACT</b> .....	viii
<b>CONTENIDO GENERAL</b> .....	ix
<b>LISTA DE CUADROS</b> .....	xi
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	xii
<b>LISTA DE ANEXOS</b> .....	xiii
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>CAPÍTULO I</b> .....	2
<b>1.1. Problematización de la investigación</b> .....	3
<b>1.1.1. Planteamiento del problema</b> .....	3
<b>1.1.2. Diagnóstico del problema</b> .....	3
<b>1.1.3. Pronóstico</b> .....	4
<b>1.1.4. Formulación del problema</b> .....	4
<b>1.1.5. Sistematización del problema</b> .....	4
<b>1.2. Objetivos</b> .....	4
<b>1.2.1. General</b> .....	4
<b>1.2.2. Específicos</b> .....	4
<b>1.3. Justificación</b> .....	5
<b>CAPÍTULO II</b> .....	7
<b>2.1. Marco conceptual</b> .....	8
<b>2.1.1. Bosques</b> .....	8
<b>2.1.2. Biomasa y carbono</b> .....	9
<b>2.1.3. Dióxido de carbono</b> .....	9
<b>2.1.4. Fijación de carbono</b> .....	10
<b>2.2. Marco referencial</b> .....	10
<b>2.2.1. Laurel</b> .....	10
<b>2.2.2. Pachaco</b> .....	11

2.2.2.1. Taxonomía.....	11
2.3. Referencias de varios trabajos de investigación sobre el tema.....	13
2.3.1. Modelos de crecimiento .....	13
2.3.2. Diámetros estimados para Cordia alliodora en valle y loma.....	13
<b>CAPÍTULO III</b> .....	15
3.1. Métodos.....	16
3.1.1. Localización .....	16
3.1.2. Materiales.....	17
3.1.3. Tipo de investigación.....	18
3.1.3.1. Analítico .....	18
3.1.3.2. Descriptivo .....	19
3.1.4. Diseño de la investigación.....	19
3.2. Metodología.....	19
3.2.1. Determinación del carbono acumulado en plantaciones de laurel y pachaco en tres localidades del Litoral ecuatoriano .....	19
<b>CAPÍTULO IV</b> .....	25
4.1. Resultados .....	26
4.1.2. Proyección de Biomasa y contenido de carbono .....	28
4.1.3. Proyección del IMA y contenido de carbono .....	32
4.2. Discusión .....	34
<b>CAPÍTULO V</b> .....	37
5.1. Conclusiones .....	38
5.2. Recomendaciones .....	38
<b>CAPÍTULO VI</b> .....	39
6.1. BIBLIOGRAFÍA.....	40
<b>GLOSARIO DE TÉRMINOS</b> .....	43
<b>ANEXOS</b> .....	44

## LISTA DE CUADROS

1. Datos de ubicación y las características de suelo y clima de las tres localidades de estudio.....	16
2. Análisis del contenido de carbono laurel y pachaco.....	23
3. Análisis de varianza del contenido de carbono aéreo en tres localidades del Litoral ecuatoriano 2016-2017 Santo Domingo de Los Colorados, Balzar y Valencia. ....	24
4. Cuadrados medios de DAP (cm) AT (m) AB (m <sup>2</sup> ) V (m <sup>3</sup> ) de <i>Cordia alliodora</i> y <i>Schizolobium parahybum</i> .....	25
5. Cuadrados medios de biomasa (kg) biomasa/ha (kg) CO <sub>2</sub> /ha (ton) de <i>Cordia alliodora</i> y <i>Schizolobium parahybum</i> .....	30

## LISTA DE FIGURAS

1. Ubicación de la zona de estudio.....	17
2. Parcelas y subparcelas de muestreo.....	23
3. Promedios de diámetro (DAP), en plantaciones de <i>Cordia alliodora</i> y <i>Schizolobium parahybum</i> establecidas en tres localidades del Litoral ecuatoriano, 2016 - 2017.....	26
4. Promedios de altura total (AT), en plantaciones de <i>Cordia alliodora</i> y <i>Schizolobium parahybum</i> establecidas en tres localidades del Litoral ecuatoriano. ....	27
5. Promedios de área basal (AB), en plantaciones de <i>Cordia alliodora</i> y <i>Schizolobium parahybum</i> establecidas en tres localidades del Litoral ecuatoriano. ....	28
6. Promedios de volumen (V) de <i>Cordia alliodora</i> y <i>Schizolobium parahybum</i> en tres localidades del Litoral ecuatoriano.....	28
7. Promedios de biomasa/ha <sup>-1</sup> , en plantaciones de <i>Cordia alliodora</i> y <i>Schizolobium parahybum</i> establecidas en tres localidades del Litoral ecuatoriano.....	29
8. Promedios de CO <sub>2</sub> T/ha en plantaciones de <i>Cordia alliodora</i> y <i>Schizolobium parahybum</i> establecidas en tres localidades del Litoral ecuatoriano.....	30
9. Promedios del IMA/DAP (cm) en plantaciones de <i>Cordia alliodora</i> y <i>Schizolobium parahybum</i> . Establecidas en tres localidades del Litoral ecuatoriano.....	30
10. Promedios del IMA/AT (m) en plantaciones de <i>Cordia alliodora</i> y <i>Schizolobium parahybum</i> . Establecidas en tres localidades del Litoral ecuatoriano. ....	31
11. Promedios del IMA (cm) en plantaciones de <i>Cordia alliodora</i> y <i>Schizolobium parahybum</i> . Establecidas en tres localidades del Litoral ecuatoriano. ....	32
12. Promedios del IMA/AB en plantaciones de <i>Cordia alliodora</i> y <i>Schizolobium parahybum</i> . Establecidas en tres localidades del Litoral ecuatoriano. ....	33
13. Promedios del IMA/VOL en plantaciones de <i>Cordia alliodora</i> y <i>Schizolobium parahybum</i> . Establecidas en tres localidades del Litoral ecuatoriano. ....	34

## LISTA DE ANEXOS

1. Correlación entre las especies de diferentes DAP en las tres localidades.....	45
2. Correlación entre las especies de diferente altura total en las tres localidades...	45
3. Correlación entre las especies de diferente área basal en las tres localidades....	45
4. Correlación entre las especies de diferentes volúmenes totales en las tres localidades.....	45
5. Correlación entre las especies de diferentes biomasa t ha-1 en las tres localidades. ....	46
6. Correlación entre las especies de diferente CO2 t ha-1 en las tres localidades....	46
7. Correlación entre las especies de diferente IMA/DAP en las tres localidades....	46
8. Correlación entre las especies de diferente IMA/Altura total en las tres localidades.....	47
9. Correlación entre las especies de diferente IMA en las tres localidades.....	47
10. Cuadrados medios de las variables dasométricas en las especies laurel y pachaco. ....	48
11. Cuadrados medios de biomasa (kg) biomasa/ha (kg) co2/ha (ton) de laurel y pachaco.....	49

## CÓDIGO DUBLIN

Título:	Contenido de carbono en la biomasa aérea en el laurel ( <i>Cordia alliodora</i> Ruiz & Pav) y pachaco ( <i>Schizolobium parahybum</i> ) en tres localidades del Litoral ecuatoriano, 2016 - 2017.			
Autores:	Lema Alvarado Manuel Alexander Vera Maldonado Peter Robert			
Palabras clave	Índices	Diámetros	Plantaciones	<i>C. alliodora</i> <i>S. parahybum</i>
Fecha de publicación				
Editorial	CAMB; Carrera de Ingeniería Forestal; Lema M; Vera P.			
Resumen: (hasta 300 palabras)	<p><b>Resumen.-</b> El presente estudio se realizó en tres localidades del Litoral ecuatoriano, Santo Domingo, Balzar y Valencia, en plantaciones de <i>Cordia alliodora</i> (laurel) y <i>Schizolobium parahybum</i> (pachaco) donde se evaluó el crecimiento, se determinó la cantidad de biomasa y se cuantificó el contenido de carbono. Se establecieron cuatro parcelas de 10.000 m<sup>2</sup> por cada especie, dentro de la cual se establecieron cuatro subparcelas de 500 m<sup>2</sup>, donde se midieron las variables dasométricas, diámetro y altura y cantidad de carbono en la biomasa aérea con fórmulas alométricas de Clutter 1992, se aplicó un diseño de bloque completamente al azar. Las variables DAP y área basal que presentaron diferencias significativas fueron especie y localidad por especie. En los tratamientos localidad por especie las variables que presentaron mayor diferencias significativas fueron biomasa, biomasa/ha y CO<sub>2</sub>/ha. El mayor promedio CO<sub>2</sub> t ha<sup>-1</sup> fue para la especie pachaco (86,1428) seguido del laurel (83,8345) de CO<sub>2</sub> t ha<sup>-1</sup> en la localidad Santo Domingo.</p>			
Descripción	67 Hojas: dimensiones, 29 x 21 cm + CD-ROM			
URI:				

## INTRODUCCIÓN

Durante los últimos años ha habido una creciente preocupación mundial por el problema del calentamiento global. Los científicos de todo el mundo alertan sobre el cambio climático como consecuencia del efecto invernadero. Este es causado principalmente por los gases liberados de las diversas actividades realizadas por el hombre, tales como la quema de madera, carbón, hidrocarburos y combustibles fósiles. Así los diferentes gases liberados por la actividad humana, entre ellos el dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), que debido al volumen de su producción y a su capacidad de retener el calor en la atmósfera, es el principal causante del calentamiento global (1).

Una forma de mitigar estos efectos y reducir las emisiones, es secuestrándolo, fijándolo o capturándolo y manteniéndolo el mayor tiempo posible en la biomasa vegetal, principalmente en el suelo. El primer caso se logra a través de la fotosíntesis y en el segundo a través de la descomposición y mineralización de la materia orgánica (1).

Las plantas utilizan  $\text{CO}_2$  y libera  $\text{O}_2$  durante el proceso de la fotosíntesis; así mismo, almacenan componentes de carbono en sus estructuras leñosas por periodos prolongados, por lo que se las debe considerar como reserva natural de carbono. Por otro lado, es conocida la capacidad que poseen las plantaciones forestales para almacenar carbono en forma de biomasa aérea, la cual varía en función de la edad, diámetro y altura, así como también por la densidad de la población en cada estrato por comunidad vegetal. El secuestro de carbono, por medio de estas plantaciones, es una medida positiva en el balance de los niveles atmosféricos de  $\text{CO}_2$  (1).

La oportunidad de recibir compensación financiera a cambio de las funciones de almacenamiento de carbono en los árboles, es un desarrollo de mercado relativamente nuevo. Sin embargo, es un servicio importante de los ecosistemas para mitigar el cambio climático, con un comercio internacional creciente de mantener los bosques para la captura de carbono. La población a su vez puede beneficiarse ambientalmente, disminuyendo la presión de los bosques naturales, regulando el clima, mejorando la calidad de agua, el paisaje y la biodiversidad. También previenen desastres naturales, realizando funciones de refugio de especies animales generando socialmente empleos y produciendo bienes con servicios, entre otros (1).

**CAPÍTULO I**  
**CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

## **1.1. Problematización de la investigación**

### **1.1.1. Planteamiento del problema**

El bosque primario de la Amazonía es el ecosistema que contiene la mayor cantidad de carbono almacenado y cualquier cambio en el uso de suelo reduce su contenido. Para esto se debe emprender proyectos de forestación y reforestación con fines de prestación de servicios ambientales que contribuyan a la mitigación del CO<sub>2</sub> producidos por las actividades humanas.

### **1.1.2. Diagnóstico del problema**

En Ecuador la conversión de tierras para uso agropecuario, principalmente por agricultura migratoria, ha generado importantes impactos ambientales y socio económico a escala nacional, lo cual se refleja en las estadísticas registradas. A partir del año 1962 el país tenía 15,60 millones de ha de bosques, pero dada la enorme presión por el cambio de uso de las tierras, actualmente, el área forestal remaneciente es de 10 millones de hectáreas aproximadamente.

El dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) es producido por la generación de energía (eléctrica, de combustibles fósiles, etc.), y el uso de vehículos. Es un gas que se produce de forma natural y como subproducto de la combustión de fósiles y biomasa, por cambios en el uso de las tierras y por procesos industriales. Es el principal gas de efecto invernadero antropogénico que afecta el equilibrio de radiación del planeta, y es el gas de referencia a partir del cual se miden otros gases de efecto invernadero. Por ello, Este estudio nos permitirá demostrar que los bienes y servicios ambientales generados por las plantaciones forestales de laurel y pachaco en el litoral ecuatoriano, permita neutralizar gases mediante las plantaciones. La idea es que las empresas forestales capturen carbono con sus plantaciones, promoviendo así el establecimiento de plantaciones comerciales a nivel nacional, dependiendo de los requerimientos edafoclimáticos de las especies a emplearse.

### **1.1.3. Pronóstico**

La cantidad de CO<sub>2</sub> capturado por cada especie podría ser mayor, de acuerdo a la localidad en la que están ubicadas por las condiciones climáticas.

### **1.1.4. Formulación del problema**

¿Cuál es la cantidad de carbono que reciben las plantaciones forestales de laurel y pachaco?

### **1.1.5. Sistematización del problema**

- ¿Cuál es el estado actual de las plantaciones de laurel y pachaco en la zona central del trópico húmedo ecuatoriano?
- ¿Cuál de las especies en estudio capta más cantidad de CO<sub>2</sub>?
- ¿Cuál de las especies aporta mayor cantidad de biomasa?

## **1.2. Objetivos**

### **1.2.1. General**

Determinar el contenido de carbono en la biomasa aérea en el laurel (*Cordia alliodora* Ruiz & Pav) y pachaco (*Schizolobium parahybum*) en tres localidades del Litoral ecuatoriano.

### **1.2.2. Específicos**

- Evaluar el crecimiento de las variables dasométricas de las dos especies bajo estudio.
- Determinar la cantidad de biomasa aérea presente en plantaciones de *Cordia alliodora* Ruiz & Pav (laurel) y *Schizolobium parahybum* (pachaco).
- Cuantificar la cantidad de carbono acumulado de las dos especies.

### **1.3. Justificación**

Las plantaciones forestales tropicales constituyen un importante depósito de carbono que no sólo lo almacenan, sino que también lo intercambian en forma activa con la atmósfera. Las plantaciones forestales acumulan carbono en su biomasa, contribuyendo pasivamente al control del calentamiento global del planeta (2).

El mantenimiento de reservas de CO<sub>2</sub> en plantaciones forestales se ha convertido en un servicio ambiental reconocido a escala global, el mismo que tiene un valor considerable para los países en vías de desarrollo (2).

Es necesario cuantificar los servicios que brindan las plantaciones, en términos de protección de los recursos hídricos así como el mantenimiento de los niveles de cantidad y calidad del agua, dándose una relación directa entre la cobertura boscosa y los caudales de agua, a fin de evitar la escorrentía hasta en un 80%, y la minimización en la sedimentación de los ríos (2).

Las especies forestales en el flujo de captura de carbono en la biosfera terrestre, han incrementado el interés global por el uso del suelo como opción para estabilizar las emisiones de gases de efecto invernadero (2).

Las masas forestales pueden llegar a evitar la explotación de los bosques primarios al suplir suficiente energía a bajos precios. La cantidad de carbono secuestrado por los árboles dentro de un sistema agroforestal oscila normalmente entre 3 a 25 tm carbono por ha, especialmente en zonas tropicales (3).

Es importante desarrollar el análisis del impacto o evaluación de los daños causados por un impacto ambiental externo específico. Pero, aún es mucho más importante la evaluación de las contribuciones económicas totales o beneficios netos reportados a la sociedad por el estudio en las haciendas de la empresa SERAGROFOREST S.A.

De acuerdo a lo expuesto anteriormente surgió la necesidad de estudiar acerca de la captura de carbono almacenado en las plantaciones forestales de laurel y pachaco de la empresa SERAGROFOREST S.A. que cuenta con algunas haciendas como: (La Palma)

ubicada en Santo Domingo de los Colorados, (San Pedro) ubicada en Balzar y la hacienda El Ábaca ubicada en (Valencia), a fin de conocer el porcentaje de almacenamiento de carbono en la biomasa terrestre.

Se espera que la presente investigación aporte de manera significativa al conocimiento de la cantidad de carbono que almacena la biomasa de las especies estudiadas en el suelo lo cual fomentara el desarrollo de futuras investigaciones relacionadas con el tema en estudio.

**CAPÍTULO II**  
**FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA**

## **2.1. Marco conceptual**

### **2.1.1. Bosques**

Los bosques como fuente de servicios ambientales, por su ubicación geográfica y a su vez por el entorno socioeconómico en que se encuentran, cada vez son más vulnerables debido a causas como los incendios forestales, tala ilegal, actividades de tipo antropogénico para la agricultura y la ganadería, que hasta en décadas pasadas su utilización se basaba en prácticas no sostenibles con el manejo de los recursos. (3) estiman que en México cerca de 20 millones de personas usan la leña como principal fuente energética para uso doméstico, causa importante en la producción de CO<sub>2</sub>.

Se considera que el sector forestal aporta casi el 40% de las emisiones totales de CO<sub>2</sub> y que el sector de generación de energía tiene la contribución más importante. La mitigación del cambio climático exige mantener niveles de CO<sub>2</sub> en la atmósfera por debajo de un cierto rango, que probablemente hayamos superado ya (4). Para reducir este nivel, es necesario capturar más CO<sub>2</sub> de la atmósfera y fijarlo en la biosfera mediante sumideros de carbono capaces de absorber más CO<sub>2</sub> del que se emite. Los bosques, incluyendo las plantaciones forestales, cumplen un importante papel en el ciclo del carbono global, dado que gran parte de la biomasa está conformada por carbono (aproximadamente el 50%). La importancia de este papel ha sido reconocida por el Protocolo de Kioto (PK), en el marco del cual se permite el desarrollo de proyectos de remoción de carbono atmosférico en países que no tienen compromisos de reducciones, comúnmente conocidos como proyectos forestales bajo el Mecanismos para un Desarrollo Limpio (MDL).

Por lo anterior, la estimación de carbono en estos proyectos es un aspecto de fundamental importancia, pues la unidad transferible en el mercado internacional del carbono es la reducción (o captura) de CO<sub>2</sub>, medida en toneladas y comercializada en reducciones certificadas de emisiones (CERs, por sus siglas en inglés) (4).

### **2.1.2. Biomasa y carbono**

La biomasa se define como la suma total de la materia viva que se encuentra en un ecosistema en un momento determinado y se expresa en términos de peso seco, masa o volumen (5). Los estudios de biomasa son importantes para comprender el ecosistema forestal, ya que explican la distribución de la materia orgánica en el sistema y permiten evaluar los efectos de una intervención, respecto a su equilibrio en el ecosistema (6).

Según Lapeyre (7), sostiene que los sistemas de plantación conforme van incrementando su edad a través del tiempo, son más vigorosos y por lo tanto se produce mayor acumulación de biomasa; es decir, los sistemas con mayor crecimiento e incremento de la biomasa presentan los valores más altos de acumulación de carbono.

De acuerdo con el IPCC (4), la biomasa es considerada como la masa total de organismos vivos en una zona o volumen determinado; a menudo se incluyen los restos de plantas que han muerto recientemente (biomasa muerta). Por otra parte la FAO (8) considera que la biomasa es un elemento principal para determinar la cantidad de carbono almacenado en el bosque. La biomasa forestal permite elaborar previsiones sobre el ciclo mundial del carbono, que es un elemento de importancia en los estudios sobre el cambio climático. Además, para una parte de la población humana que vive en las zonas rurales de los países en desarrollo, la biomasa es una fuente primordial de combustible para cocinar y para calefacción. La biomasa es el nombre dado a cualquier materia orgánica de origen reciente que se derive de animales y vegetales como resultado del proceso de conversión fotosintético. La energía de la biomasa deriva del material vegetal y animal, tal como madera de bosques, residuos de procesos agrícolas y forestales, y de la basura industrial, humana o de animales (9).

### **2.1.3. Dióxido de carbono**

El dióxido de carbono gaseoso está formado por la combinación de dos elementos: carbono y oxígeno. Se forma por la combustión de carbón o hidrocarburos, la fermentación de materia orgánica, y por la respiración de hombres y animales. Se encuentran en bajas concentraciones en la atmósfera, y es asimilado por las plantas, que

en su lugar producen oxígeno. El CO<sub>2</sub> gas tiene un ligero olor irritante, es incoloro y es más pesado que el aire (10).

#### **2.1.4. Fijación de carbono**

La fijación de carbono se genera en el proceso de fotosíntesis realizado por las hojas y otras partes verdes de las plantas, que capturan el CO<sub>2</sub> de la atmósfera producen carbohidratos, liberan oxígeno y dejan carbono que se utiliza para formar la biomasa de la planta, incluyendo la madera en los árboles. En este sentido, los bosques tropicales, las plantaciones forestales y las prácticas agroforestales, y en general, aquellas actividades que lleven a la ampliación de una cobertura vegetal permanente, pueden cumplir la función de “sumideros de carbono” (14).

### **2.2. Marco referencial**

#### **2.2.1. Laurel**

##### **2.2.1.1. Taxonomía**

El laurel presenta la siguiente descripción taxonómica (15).

<b>Reino:</b>	Plantae
<b>Subreino:</b>	Tracheobionta
<b>División:</b>	Magnoliophyta
<b>Clase:</b>	magnoliopsida
<b>Subclase:</b>	Asteridae
<b>Orden:</b>	Lamiales
<b>Familia:</b>	Boraginaceae
<b>Subfamilia:</b>	Cordioideae
<b>Género:</b>	<i>Cordia</i>
<b>Especie:</b>	<i>alliodora</i>
<b>Nombre científico:</b>	<i>Cordia alliodora</i> (Ruiz & Pav.)

### **2.2.1.2. Descripción**

Es una especie que puede alcanzar hasta 35 m de altura y diámetro de 40 a 60 cm. Tiene hojas simples, alternas, con olores desagradables, lisos por el haz y rugosos por el envés, de 10 a 12 cm de largo por 3 a 8 cm de ancho. Posee flores blancas, pequeñas de 0,5 cm de largo, hermafroditas y agrupados en panículas, muy olorosas. El fruto es una drupa de color marrón (15).

### **2.2.1.3. Requerimientos edafoclimáticos**

La especie tiene su óptimo desarrollo en suelos profundos, francos arenosos y francos arcillosos, bien drenados, de preferencia aluvial y ricos en materia orgánica. Soporta suelos alcalinos, neutros y ligeramente ácidos, comportándose mejor en estos últimos, con un valor de pH de 4,5 a 6,5. Esta especie se adapta bien en climas tropicales con precipitaciones medias anuales entre 2.000 a 4.000 mm, y temperaturas medias anuales entre 20 – 27°C. Crece a una altitud de 50 a 1.900 msnm (15).

### **2.2.1.4. Semillas**

Un kilogramo contiene entre 20.000 y 30.000 semillas, con una capacidad germinativa de 50 a 70%. Como tratamiento pre-germinativo se recomienda sumergir las semillas en agua por 6 a 12 horas. Las semillas pierden su viabilidad en un 80% cuando son almacenadas más de 2 meses, pero almacenadas en empaque cerrado a 4°C y con un contenido de humedad del 6%, pueden durar hasta 7 años (15).

## **2.2.2. Pachaco**

### **2.2.2.1. Taxonomía**

El pachaco presenta la siguiente descripción taxonómica (16).

**Reino:** Plantae  
**Familia:** Caesalpinaceae  
**Género:** *Schizolobium*

**Especie:** *parahybum*

**Nombre científico:** *Schizolobium parahybum*

#### **2.2.2.2. Descripción**

Árbol que puede llegar a medir hasta 40 m de altura. Su tronco es recto y cilíndrico, con corteza de color blanquecino lisa. Posee una copa grande cuando está aislado y en buenas condiciones de sitio, y estrecha cuando hay limitaciones de suelos y clima. Sus hojas son compuestas, bipinnadas y caducas. Sus flores son capullos amarillentos, rectos en forma de ramillete de 30 cm, en tiempo de floración son visibles a gran distancia. Su fruto es una vaina (16).

#### **2.2.2.3. Ecología y distribución de la especie**

Especie conocida en el occidente ecuatoriano, principalmente en Quevedo, Quinindé y otras localidades, en calidad de introducida. En la Amazonía se la encuentra en estado natural (16).

#### **2.2.2.4. Condiciones edafoclimáticas**

Esta especie se desarrolla bien en climas tropicales con precipitaciones medias anuales entre 1.200 y 2.500 mm, con temperaturas medias anuales entre 22 a 27°C. Crece a una altitud de entre 150 y 1.500 msnm (16).

#### **2.2.2.5. Semillas**

Se puede escalar el árbol y agitar las ramas para que se desprendan los frutos o recolectarlos del suelo. Las semillas pueden almacenarse sin problema en recipientes cerrados a 4°C, por tres años o más (16).

## **2.3. Referencias de varios trabajos de investigación sobre el tema**

### **2.3.1. Modelos de crecimiento**

Según Segura (17) en un estudio presentaron en promedio 26.8 cm de dap en valle (2.4-56,1 cm) y 23,1 cm en loma (3-52.4 cm), durante un período de medición de 15-16 años (15-196 meses). La edad de cada árbol incluyó el tiempo al que las plántulas fueron llevadas a campo (3-4 meses).

### **2.3.2. Diámetros estimados para *Cordia alliodora* en valle y loma.**

Según Hughell (18) en promedio, un árbol de laurel en valle, presenta un dap de 34 cm (1,7-45,4 cm) y de 29.8 cm en loma (2-39,1 cm) en un período de 20 años. El crecimiento diamétrico en los dos sitios, se comporta de manera muy similar durante los primeros cuatro años de edad, después del cual se evidencia un mayor crecimiento en los árboles del valle.

Estudios realizados por Valdivieso (19), Suárez (20), demuestran que el crecimiento del laurel es superior en sistemas agroforestales respecto a plantaciones puras, así como cuando se encuentra sembrado a bajas densidades. Este hecho se explica porque los árboles al encontrarse asociados con cultivos como café y cacao, se benefician de la fertilización, disponibilidad de agua y manejo del cultivo. Además, se disminuye la competencia por luz, agua y nutrientes del suelo al reducir el número de árboles por unidad de área, lo cual favorece su crecimiento.

En la línea base del Proyecto Captura de Carbono, según Segura (17) se encontró que en promedio el almacenamiento de Carbono en sistemas agroforestales de cacao con regeneración natural de laurel en la región de Talamanca (año 2005), puede ser de 132.8 t CO<sub>2</sub>/ ha-1 en loma, cifra que coincide con lo simulado en este estudio a los 23 años (6 x 6 m) en este mismo relieve, y de 112.5 t CO<sub>2</sub>/ ha-1 en valle, valor que coincide con lo simulado a los seis (6 x 6 m), nueve (9 x 9 m) y 20 años (12 x 12 m) en estas mismas condiciones de relieve.

En Caldas, Colombia, según Aristizabal et al (21) se estimó el almacenamiento de Carbono en un sistema agroforestal laurel – cacao en un período de 15 años, encontrándose valores de 64.54 t CO<sub>2</sub>/ ha-1, y una tasa de fijación de 4.30 t CO<sub>2</sub>/ ha-1 año-1.

**CAPÍTULO III**  
**METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

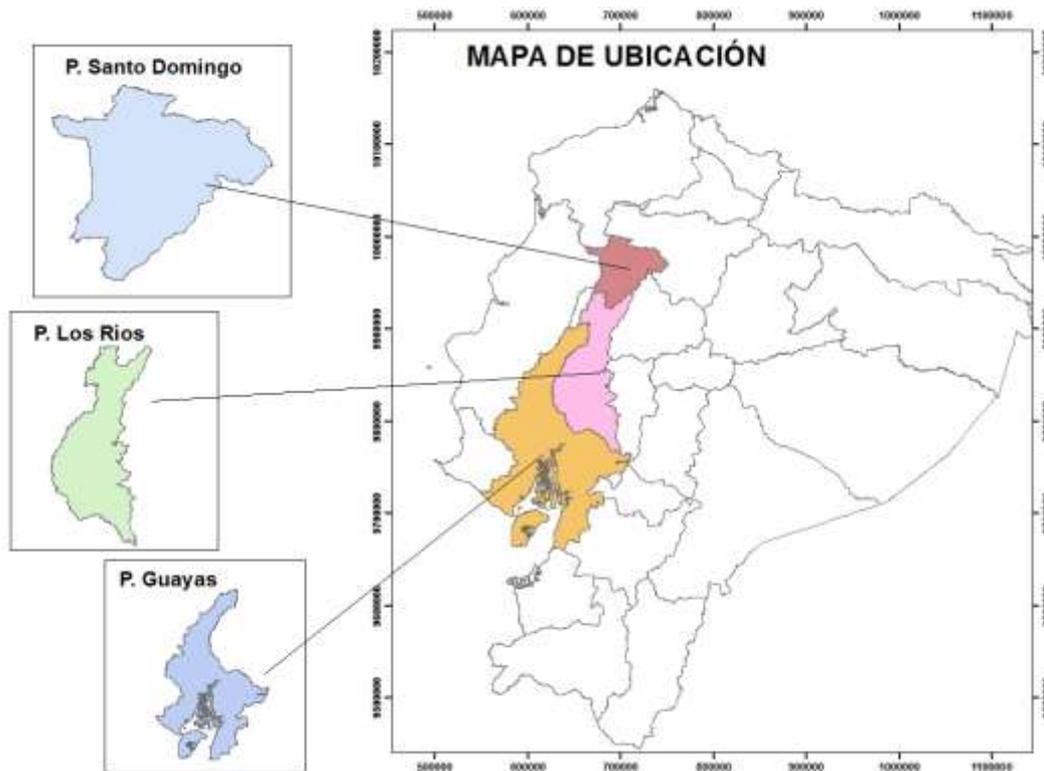
### 3.1. Métodos

#### 3.1.1. Localización

La presente investigación se realizó en las haciendas de la empresa SERAGROFOREST S.A., ubicadas en las provincias de Santo Domingo de Los Tsachilas (cantón Santo Domingo de Los Colorados), provincia del Guayas (cantón Balzar) y provincia de Los Ríos (cantón Valencia).

**Cuadro 1. Datos de ubicación y las características de suelo y clima de las tres localidades de estudio.**

Parámetros	Santo Domingo	Balzar	Valencia
Ubicación geográfica	676500 O 9944400 S	652066 E 9885753 S	693200 E 9907200 S
Altitud	625 msnm.	48 msnm.	60 msnm.
Temperatura media	25° C	26° C	20° C
Humedad relativa	94 %	70 %	83 %
Zona ecológica	BH-T	BS-T	BH-T



**Figura 1.** Ubicación de la zona de estudio.

### 3.1.2. Materiales

#### 3.1.2.1. Materiales de campo

Para la ejecución del presente proyecto de investigación se emplearon los siguientes materiales.

- GPS
- Machete
- Cinta diamétrica
- Pistola haga
- Botas
- Libreta
- Lápiz
- Balanza
- Calculadora

Fundas plásticas  
Cámara fotográfica  
Cinta engomada

### **3.1.2.2. Materiales de oficina**

Flash memory  
Ordenador  
Impresora  
Softwares (Word, excel, power point, plataforma ArcGis versión 10.3, SAS  
(Statitics)  
Libros  
Artículos  
Documentos electrónicos

### **3.1.3. Tipo de investigación**

El estudio se realizó en plantaciones de *C. alliodora* y *S. parahybum*, de nueve años de edad, registrando las variables evaluadas en un solo periodo en las localidades de Santo Domingo de Los Colorados hda (La Palma), Balzar (San Pedro) y Valencia (El Abaca). El estudio conto con cuatro parcelas de 1 ha. Por cada especie, de cada parcela se realizó cuatro subparcelas de 500 m<sup>2</sup>.

Para el estudio se utilizaron los siguientes métodos de investigación.

#### **3.1.3.1. Analítico**

Se aplicó la investigación analítica porque permitió conocer más del estudio, lo cual se puede explicar, hacer analogías y establecimiento de nuevas teorías y conceptos para la observación de los resultados, además de analizar los resultados que se obtuvieron mediante muestreo y cálculos matemáticos en el presente estudio.

### **3.1.3.2. Descriptivo**

Este tipo de investigación se usó debido a que el propósito fue determinar la cantidad de carbono acumulado en plantaciones forestales de laurel y pachaco en tres localidades del litoral ecuatoriano descubriendo las necesidades, como con el contenido de carbono en el suelo y en la biomasa.

### **3.1.4. Diseño de la investigación**

Se elaboró un diseño de bloques completamente al azar con cuatro unidades de muestreo en tres localidades.

## **3.2. Metodología**

### **3.2.1. Determinación del carbono acumulado en plantaciones de laurel y pachaco en tres localidades del Litoral ecuatoriano**

#### **3.2.1.1. Reconocimiento y selección del área d estudio**

Se realizó un recorrido previo por las plantaciones establecidas con el objetivo de determinar el número de las unidades de muestreo de acuerdo al área establecida.

#### **3.2.1.2. Localización de las unidades de muestreo**

Se realizó la georreferenciación de las haciendas de la empresa SERAGROFOREST S.A. en las localidades de Santo Domingo, Balzar y Valencia con la utilización de un Receptor de GPS Navegador con el fin de delimitar el área de estudio. Posteriormente se procedió al establecimiento de las unidades de muestreo.

#### **3.2.1.3. Diseño de las unidades de muestreo**

El muestreo se efectuó en plantaciones de nueve años de edad en las dos especies (laurel y pachaco). Se estableció como unidad de muestro cuatro parcelas cuadradas de 100 x 100 m (10.000 m<sup>2</sup>) por cada especie, de cada parcela se realizó cuatro subparcelas de 20 x 25 m (500 m<sup>2</sup>), localizadas en cada esquina de las parcelas dejando una franja de efecto de borde.

#### **3.2.1.4. Registro de datos de campo**

La información fue registrada en un formulario de campo diseñado para inventarios forestales considerando las variables dasométricas.

#### **3.2.1.5. Registro de datos de las variables cuantitativas**

Se registró los datos de todos los árboles que se encontraron dentro de las subparcelas de muestreo.

##### **3.2.1.5.1. Variables cuantitativas**

La información se registró de forma directa con la ayuda de los instrumentos de medida (cinta diamétrica, pistola Haga). Estas variables evalúan el carácter morfológico de cada uno de los árboles dentro de las subparcelas de muestreo.

- **Diámetro**

El diámetro se registró a 1,30 m desde la base del árbol, para esto se utilizó una cinta diamétrica, registrando en la hoja de campo al momento de establecer las unidades de muestreo.

- **Altura total**

La altura se midió en metros para lo cual se empleó una pistola Haga, se consideró a una distancia de 15 m para poder medir registrando la altura total en la hoja de campo.

- **Área basal**

Una vez obtenido los datos del diámetro se procedió a calcular el área basal ( $m^2$ ) de cada uno de los árboles mediante la ecuación 1:

$$AB = \pi * (D)^2/4 \quad (1)$$

**Dónde:**

AB = Área basal en  $m^2$

$\pi$  = 3,1416

DAP<sup>2</sup> = Diámetro al cuadrado en cm

- **Volumen**

Se utilizó los datos del área basal y de altura total para calcular el volumen ( $m^3$ ). De cada árbol aplicando la ecuación 2.

$$V = AB * h * f \quad (2)$$

Donde:

V= volumen ( $m^3$ )

AB = Área basal ( $m^2$ )

h = altura del fuste (m)

f = factor de forma (0,6)

- **Incremento medio anual (IMA)**

Se utilizó los datos del volumen por árbol y se los dividió para la edad de la plantación, usando la ecuación 3.

$$IMA = \frac{\text{Volumen del árbol}}{\text{Edad}} \quad (3)$$

- **Biomasa total**

Se buscó la fórmula apropiada para el cálculo de la biomasa para plantaciones en la cual la de Clutter fue la de mejor resultado para el cálculo de biomasa con la ecuación 4.

$$BT = \beta_0 + \beta_1 * DAP^2 H \quad (4)$$

Donde:

$BT$  = Biomasa total

$\beta_0$  = parámetro de regresión

$\beta_i$  = i-ésimo parámetro de regresión del modelo

$DAP$  = diámetro a la altura del pecho

$h$  = altura del árbol

### **3.2.1.6. Tabulación de datos de las variables cuantitativa**

Las variables dasométricas cuantitativas en este estudio ( $DAP$ ,  $AT$ ,  $AC$ ), se tabularon para determinar el volumen, número de árboles/ha. Se aplicó la media aritmética, desviación estándar y varianza.

#### **3.2.1.6.1. Número de árboles por hectárea**

Este valor se determinó, al relacionar el número de árboles por unidad de muestreo y por ha, (Ecuación 5).

$$N = \frac{(n * 1Ha)}{Ap} \quad (5)$$

Dónde:

$N$  = Número de árboles/ha

$n$  = Número de árboles de la unidades de muestreo

1ha = 10000 m<sup>2</sup>

$Ap$  = Área de la parcela (500 m<sup>2</sup>)

### 3.2.1.6.2. Cálculo de la media aritmética

Los promedios de las variables se calcularon con la ecuación 6.

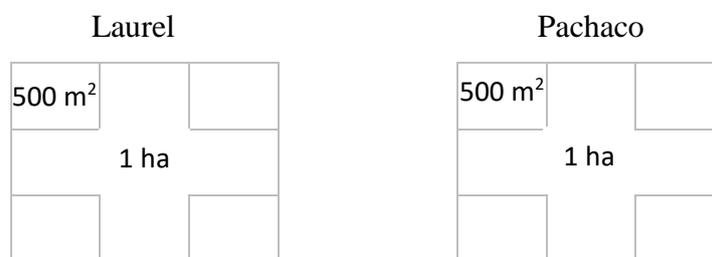
$$(\bar{x}) = \frac{\sum X_i}{n} \quad (6)$$

Dónde:

$\bar{x}$  = Media

n = El número de unidades en la muestra

$\sum_n x_1$  = La suma de todas las unidades de cada variable



**Figura 2.** Parcelas y subparcelas de muestreo

Tanto a las variables dasométricas como a las de carbono acumulado se realizó un análisis de varianza (ANOVA), con el fin de determinar si existen diferencias significativas en el contenido de carbono en la biomasa aérea en las dos especies bajo estudio. (Cuadro 2)

**Cuadro 2.** Análisis del contenido de carbono laurel y pachaco.

<b>Diseño de bloques completamente al azar</b>		
<b>Tratamientos (especie)</b>	<b>Bloque (localidades)</b>	<b>Repeticiones (unidad de muestreo)</b>
Laurel	La Palma (Santo Domingo de los Colorados)	4
	El Abaca (Valencia)	4
	San Pedro (Balzar)	4

Pachaco	La Palma (Santo Domingo de los Colorados)	4
	El Abaca (Valencia)	4
	San Pedro (Balzar)	4

Para la separación de medias de los tratamientos (localidades) se aplicó la prueba de rangos múltiples de Tukey con el 95% de probabilidad de error.

Fuente de variación	Grados de libertad (GL)
Repetición x Loc (r-1) x (L-1)	6
Error E (r-1) x (L-1)	12
Total (L x E x r) -1	18

Además, se realizó un análisis combinado para ejecutar la comparación del contenido de carbono en las plantaciones de laurel y pachaco entre las tres localidades Santo Domingo de los Colorados, Balzar y Valencia estudiadas en el análisis de varianza combinado se presenta en el siguiente cuadro (Cuadro 3).

**Cuadro 3.** Análisis de varianza del contenido de carbono aéreo en tres localidades del Litoral ecuatoriano 2016-2017 Santo Domingo de Los Colorados, Balzar y Valencia.

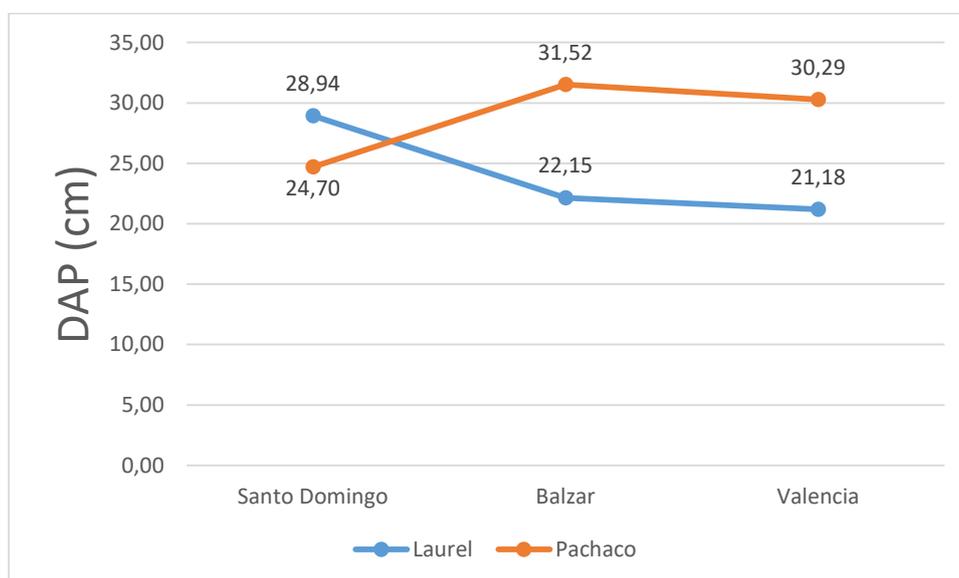
Fuente de variación	Grados de libertad (GL)
Localidad (Loc) (L-1)	2
Repetición x Loc (r-1) x (L-1)	6
Especie (E) (E-1)	1
Especie x Loc (E-1) x (L-1)	2
Error E (r-1) x (L-1)	12
Total (L x E x r) -1	23

**CAPÍTULO IV**  
**RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

## 4.1. Resultados

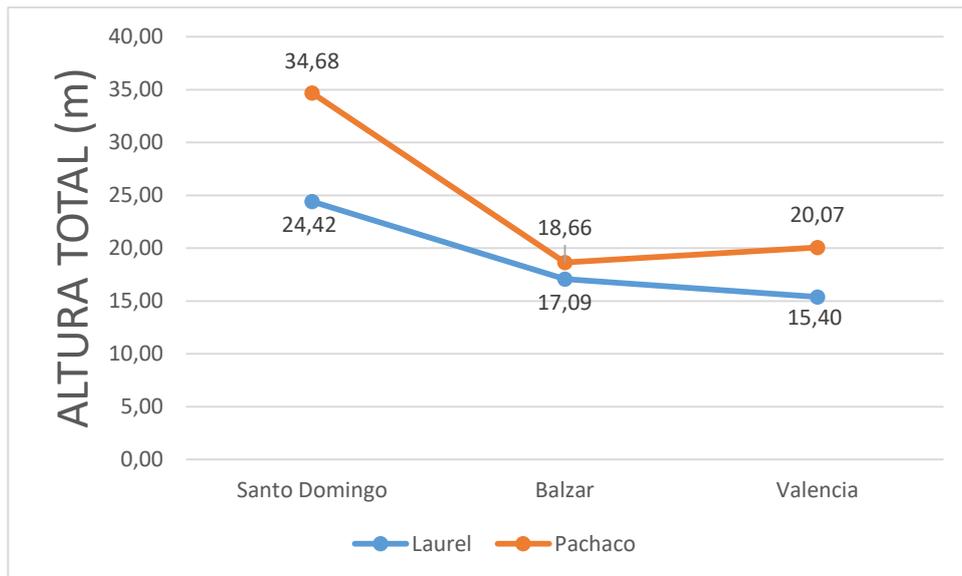
### 4.1.1. Variables dasométricas

Las variables Diámetro a la altura del pecho (DAP), altura total (AT) y volumen (V) presentaron diferencias significativas entre las localidades. En la localidad Santo Domingo el laurel obtuvo mayor promedio de DAP que el pachaco, mientras que en las localidades de Balzar y Valencia el pachaco obtuvo mayores promedios que el laurel. El mayor promedio de DAP se obtuvo para la especie de pachaco en la localidad Balzar y el menor DAP obtuvo la especie laurel en la localidad Valencia (Figura 3).



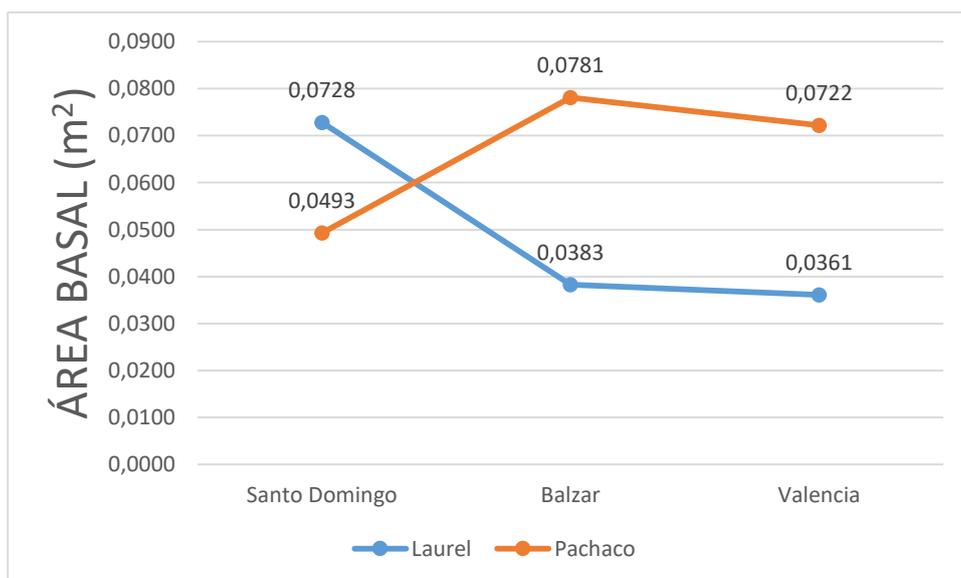
**Figura 3.** Promedios de diámetro (DAP), en plantaciones de *Cordia alliodora* y *Schizolobium parahybum* establecidas en tres localidades del Litoral ecuatoriano, 2016 - 2017.

El mayor promedio en altura total (AT) para las dos especies se obtuvo en la localidad de Santo Domingo, pero la especie pachaco obtuvo el mayor promedio en las tres localidades, sobresaliendo en la localidad de Santo Domingo, mientras que el laurel obtuvo los menores promedios, siendo así la localidad Valencia la de menor altura total (Figura 4).



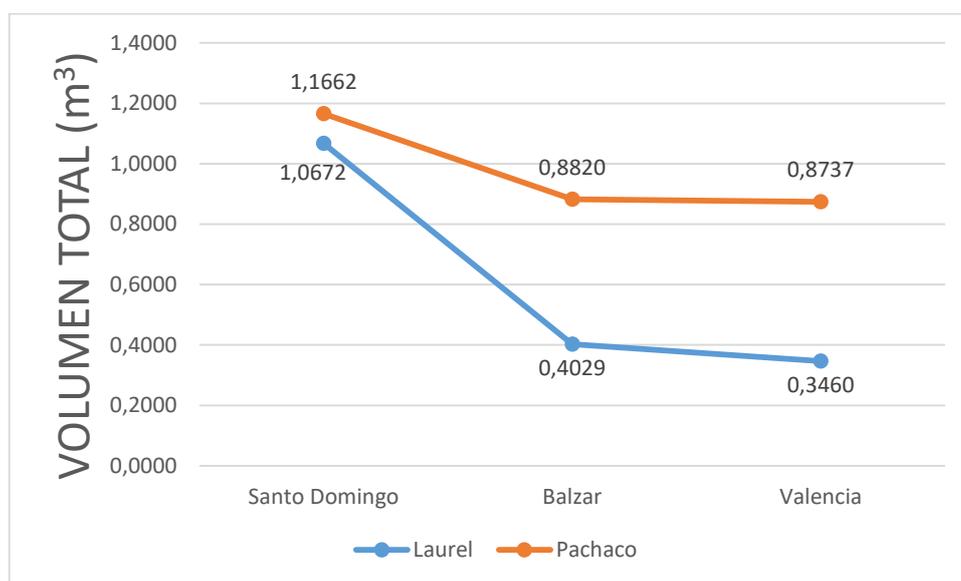
**Figura 4.** Promedios de altura total (AT), en plantaciones de *Cordia alliodora* y *Schizolobium parahybum* establecidas en tres localidades del Litoral ecuatoriano.

El área basal (AB) de laurel y pachaco, presento diferencias significativas entre localidades. En la localidad Santo Domingo el laurel obtuvo mayor promedio que el pachaco, mientras que en las localidades de Balzar y Valencia el pachaco presento mayores promedios. Por lo que el promedio mayor de área basal fue para la especie de pachaco en la localidad Balzar y el menor promedio de área basal fue para laurel en la localidad Valencia (Figura 5).



**Figura 5.** Promedios de área basal (AB), en plantaciones de *Cordia alliodora* y *Schizolobium parahybum* establecidas en tres localidades del Litoral ecuatoriano.

Los mayores promedios de volumen total para las dos especies se obtuvieron en la localidad de Santo Domingo, pero el pachaco fue superior en las tres localidades mientras que el laurel obtuvo menores promedios. Por lo que el mayor promedio de volumen total (VT), se obtuvo para la especie pachaco en la localidad Santo Domingo y el menor volumen fue para laurel en la localidad Valencia (Figura 6).



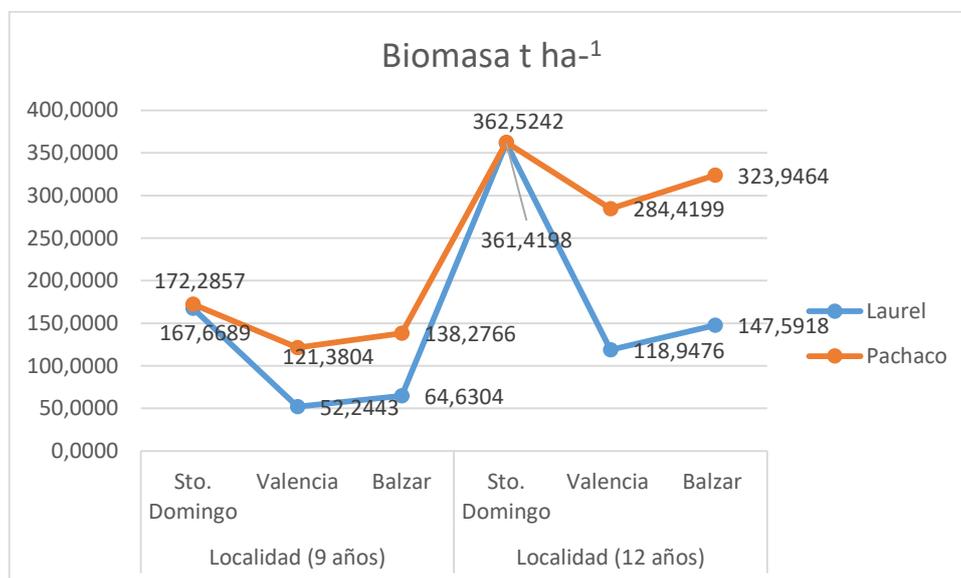
**Figura 6.** Promedios de volumen (V) de *Cordia alliodora* y *Schizolobium parahybum* en tres localidades del Litoral ecuatoriano.

#### 4.1.2. Proyección de Biomasa y contenido de carbono

Los mayores promedios de biomasa/ha<sup>-1</sup> a los nueve años en las dos especies se los obtuvo en la localidad de Santo Domingo, pero el pachaco obtuvo mayores promedios en las tres localidades, siendo así el laurel la especie que obtuvo menores promedios. Por lo que el pachaco fue el de mayor promedio en la localidad Santo Domingo y el menor promedio de biomasa/ha<sup>-1</sup> fue en laurel en la localidad Balzar (Figura 7).

La proyección a los doce años de biomasa/ha<sup>-1</sup> para las dos especies fue mayor en la localidad de Santo Domingo, el pachaco obtuvo mayores promedios en las tres localidades, siendo así el laurel la especie que obtuvo menores promedios. Por lo que el

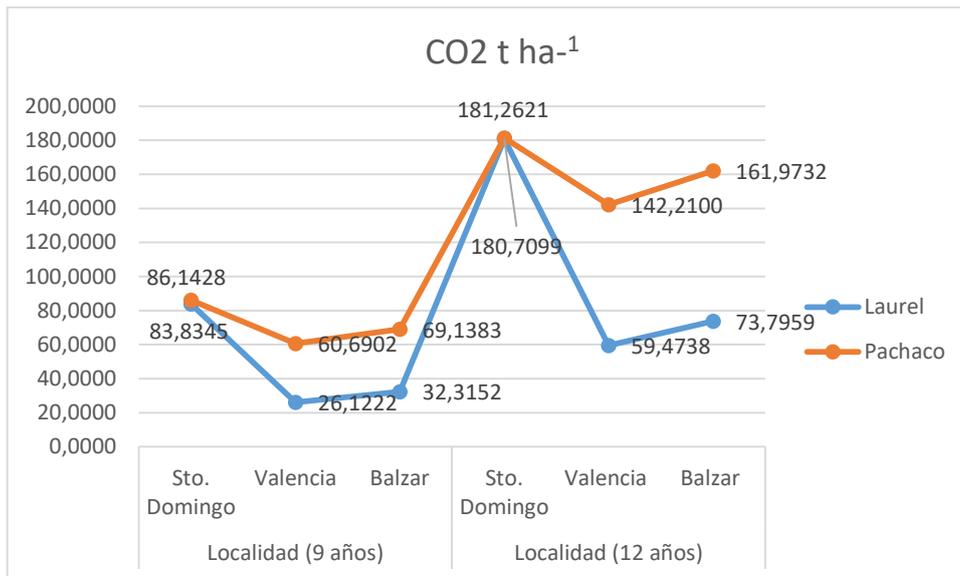
mayor promedio de biomasa/ha<sup>-1</sup> fue para pachaco en la localidad de Santo Domingo y el menor promedio de biomasa/ha<sup>-1</sup> fue para laurel en la localidad de Balzar (Figura 7).



**Figura 7.** Promedios de biomasa/ha<sup>-1</sup>, en plantaciones de *Cordia alliodora* y *Schizolobium parahybum* establecidas en tres localidades del Litoral ecuatoriano.

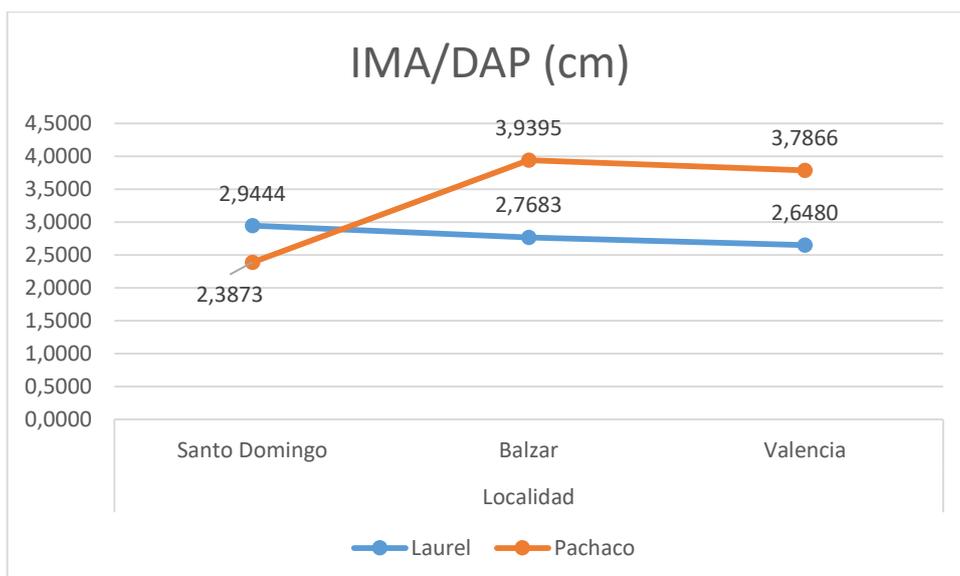
Los mayores promedios de CO<sub>2</sub> T/ha para las dos especies se las obtuvo en la localidad de Santo Domingo, pero la especie pachaco obtuvo los promedios mayores en las tres localidades, siendo así la especie laurel la de menor promedio. Por lo que el mayor promedio de CO<sub>2</sub> T/ha se obtuvo para la especie pachaco en la localidad Santo Domingo y el menor promedio de CO<sub>2</sub>T/ha fue para laurel en la localidad Balzar (Figura 8).

En la proyección de captura de carbono a los doce años se obtuvo mayores promedios para las dos especies en la localidad de Santo Domingo, el pachaco fue superior en los promedios en las tres localidades mientras que el laurel obtuvo menores promedios. Por lo que el mayor promedio de CO<sub>2</sub> T/ha se obtuvo en la especie pachaco para la localidad Santo Domingo y el menor promedio de CO<sub>2</sub>T/ha fue para laurel en la localidad Balzar (Figura 8).



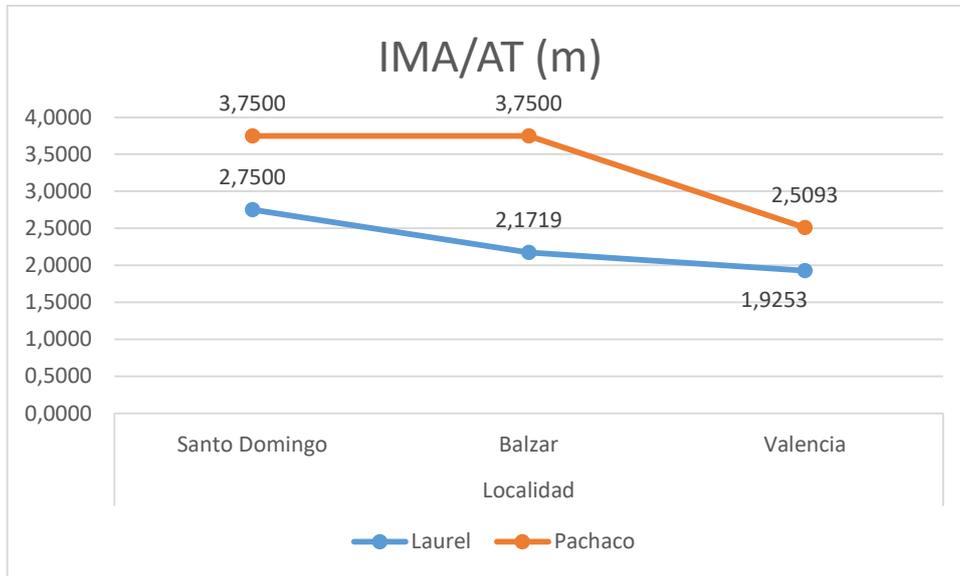
**Figura 8.** Promedios de CO<sub>2</sub> T/ha en plantaciones de *Cordia alliodora* y *Schizolobium parahybum* establecidas en tres localidades del Litoral ecuatoriano.

En la localidad de Santo Domingo el laurel obtuvo mayor promedio de IMA/DAP que el pachaco, sin embargo en las localidades de Balzar y Valencia el pachaco obtuvo mayores promedios. Siendo así que el mayor promedio IMA/DAP se obtuvo en la especie de pachaco en la localidad Balzar y el menor promedio fue para laurel en la localidad de Valencia (Figura 9).



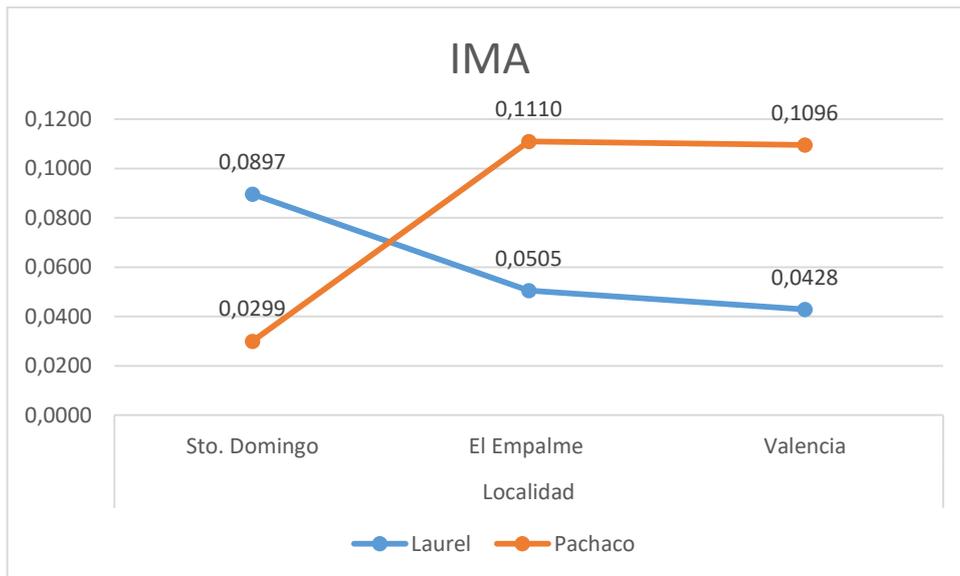
**Figura 19.** Promedios del IMA/DAP (cm) en plantaciones de *Cordia alliodora* y *Schizolobium parahybum*. Establecidas en tres localidades del Litoral ecuatoriano.

La especie pachaco obtuvo mayores promedios en las tres localidades, mientras que el laurel obtuvo menores promedios. Siendo así los mayores promedios IMA/AT para pachaco en las localidades de Santo Domingo y Balzar y el menor promedio IMA/AT para laurel en la localidad de Valencia (Figura 10).



**Figura 10.** Promedios del IMA/AT (m) en plantaciones de *Cordia alliodora* y *Schizolobium parahybum*. Establecidas en tres localidades del Litoral ecuatoriano.

El Índice Medio Anual (IMA) en laurel y pachaco, presento diferencias significativas entre localidades, la especie laurel obtuvo mayor promedio de IMA que pachaco en la localidad de Santo Domingo, pero en las localidades Balzar y Valencia el pachaco obtuvo mayores promedios. Por lo que el mayor promedio IMA se obtuvo en la localidad Balzar y el menor promedio IMA fue para laurel en la localidad de Valencia (Figura 11).

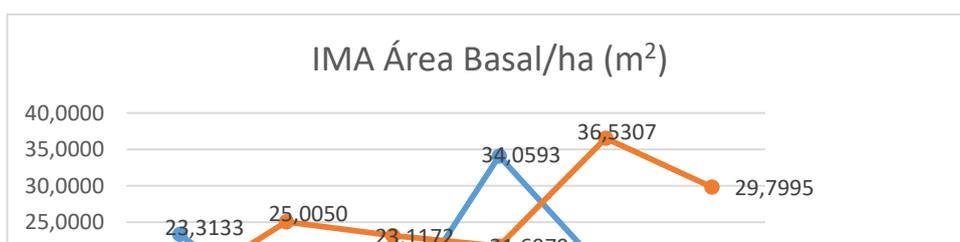


**Figura 11.** Promedios del IMA (cm) en plantaciones de *Cordia alliodora* y *Schizolobium parahybum*. Establecidas en tres localidades del Litoral ecuatoriano.

#### 4.1.3. Proyección del IMA

El IMA/AB de laurel y pachaco a los nueve años, presento diferencias significativas entre localidades. El laurel obtuvo mayor promedio en la localidad de Santo Domingo, pero pachaco obtuvo mayores promedios en las localidades de Balzar y Valencia. Siendo así el mayor promedio IMA/AB para la especie de pachaco en la localidad Balzar y el menor promedio IMA/AB fue para laurel en la localidad Valencia (Figura 12).

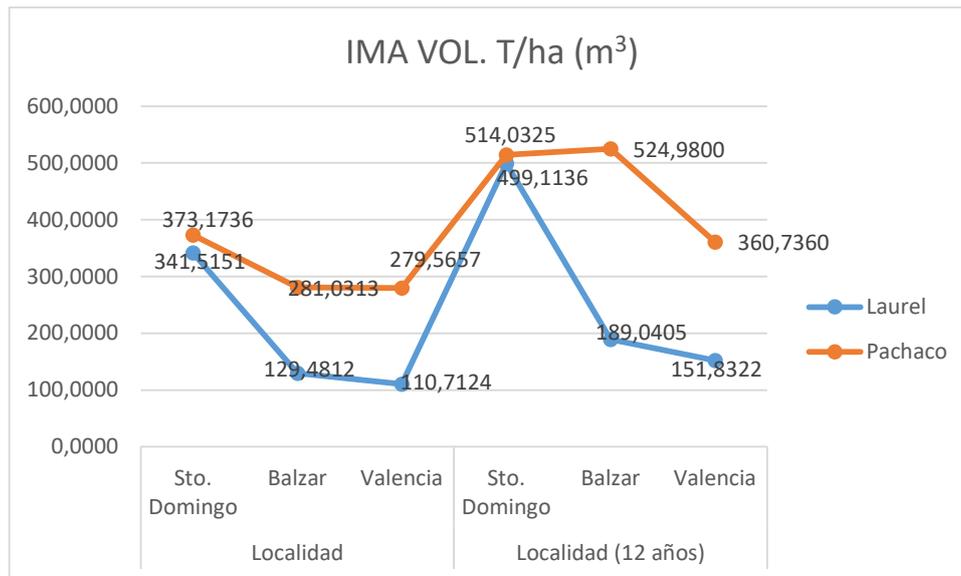
La proyección de IMA/AB a los doce años se obtuvo mayor promedio en la especie laurel en la localidad de Santo Domingo, pero pachaco obtuvo mayores promedios en las localidades de Balzar y Valencia. Por lo que el mayor promedio IMA/AB se obtuvo en la especie pachaco en la localidad de Balzar y el menor IMA/AB fue para laurel en la localidad de Valencia (Figura 12).



**Figura 12.** Promedios del IMA/AB en plantaciones de *Cordia alliodora* y *Schizolobium parahybum*. Establecidas en tres localidades del Litoral ecuatoriano.

El IMA/VOL de laurel y pachaco a los nueve años, presentó diferencias significativas entre localidades. El mayor promedio IMA/VOL se obtuvo para las dos especies en la localidad Santo Domingo, pero pachaco presentó mayores promedios en las tres localidades mientras que laurel obtuvo menores promedios. Siendo así el mayor promedio para pachaco en la localidad de Santo Domingo y el menor IMA/VOL fue para laurel en la localidad Valencia (Figura 13).

La proyección del IMA/VOL de laurel y pachaco a los doce años, presentó diferencias significativas entre localidades. Las dos especies obtuvieron promedios mayores en la localidad de Santo Domingo, pero pachaco obtuvo mayores promedios en las tres localidades, mientras que el laurel obtuvo menores promedios. Por lo que el mayor promedio IMA/VOL se obtuvo en la especie de pachaco en la localidad Santo Domingo y el menor IMA/VOL fue para laurel en la localidad Valencia (Figura 13).



**Figura 13.** Promedios del IMA/VOL en plantaciones de *Cordia alliodora* y *Schizolobium parahybum*. Establecidas en tres localidades del Litoral ecuatoriano.

#### 4.2. Discusión

A los nueve años el mayor promedio para el DAP de laurel en las 3 localidades fue para la localidad de Sto. Domingo y en el pachaco fue para Balzar. El menor DAP promedio de laurel fue en Valencia y en el pachaco fue en Sto. Domingo. Los promedios del DAP registrado en este estudio, en Sto. Domingo, Balzar y Valencia fueron superiores a los reportados por Hughell (18). En un sistema agroforestal cacao y laurel en la reserva indígena de Talamanca, Costa Rica con un periodo de 15 años.

El mayor promedio para la altura total de laurel y pachaco a los nueve años fue para la localidad de Sto. Domingo. El menor promedio de laurel en altura para Valencia y en pachaco en El Empalme. Estudios realizados por Valdivieso (19), Suárez (20), demuestran que el crecimiento del laurel es superior en sistemas agroforestales respecto a plantaciones puras, así como cuando se encuentra plantado a bajas densidades. Este hecho se explica porque los árboles al encontrarse asociados con cultivos como café y cacao, se benefician de la fertilización, disponibilidad de agua y manejo del cultivo. Además, se disminuye la competencia por luz, agua y nutrientes del suelo al reducir el número de árboles por unidad de área, lo cual favorece su crecimiento.

El área basal del pachaco a los nueve años en la localidad de Balzar fue mayor al obtenido en Santo Domingo en la cual el laurel obtuvo mayor promedio que en Valencia. El promedio del área basal registrado en este estudio, fueron superiores a los reportados por López et al (22) en una plantación de hule de 9 años de edad en Tabasco, México.

El promedio del volumen total/ha del pachaco a los nueve años en la localidad de Santo Domingo fue mayor al obtenido en Valencia, y en el laurel en Santo Domingo fue mayor al obtenido en Valencia. El promedio de la altura total registrado en este estudio, en Santo Domingo, Balzar y Valencia fueron superiores a los reportados por Castillo (23) en una plantación de laurel de 9 años de edad en Turrialba, Costa Rica.

La biomasa/ha del pachaco a los nueve años en la localidad de Santo Domingo fue mayor al obtenido en Valencia, y en el laurel en Santo Domingo fue mayor al obtenido en Valencia. El promedio de biomasa/ha registrado en este estudio, en Santo Domingo, Balzar y Valencia fueron superiores a los reportados por Castillo (23) en una plantación de laurel de 9 años de edad en Turrialba, Costa Rica.

El contenido de carbono difiere entre localidades por cuanto el carbono almacenado está en relación directa con la cantidad de biomasa de las plantaciones. El mayor contenido de carbono se registró en la localidad de Santo Domingo, mientras que el menor fue en la localidad de Valencia esto es debido a la mayor cantidad de biomasa. El promedio de contenido de carbono encontrado en un estudio en plantaciones forestales de laurel en Costa Rica se encontró un promedio de 14,97 (t ha<sup>-1</sup>). Segura (17), encontró que en promedio el almacenamiento de Carbono en sistemas agroforestales de cacao con regeneración natural de laurel en la región de Talamanca (año 2005), puede ser de 132.8 t CO<sub>2</sub>/ ha<sup>-1</sup> en loma, y de 112,5 t CO<sub>2</sub>/ ha<sup>-1</sup>.

El promedio de carbono/ha de laurel, a los nueve años encontrado en este estudio en la localidad de Santo Domingo fue mayor al promedio obtenido en Valencia, y en el pachaco en la localidad Santo Domingo fue mayor al obtenido en Valencia. Los promedios de carbono/ha registrado en este estudio, en Santo Domingo, Balzar y Valencia fueron superiores a los reportados por Castillo (23) en una plantación de laurel de 9 años de edad en Turrialba, Costa Rica. Aristizabal et al (21), estimó el carbono en un sistema

agroforestal laurel y cacao en un período de 15 años, encontrándose valores de 64.54 t CO<sub>2</sub>/ ha<sup>-1</sup>, y una tasa de fijación de 4.30 t CO<sub>2</sub>/ ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>.

**CAPÍTULO V**  
**CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## **5.1. Conclusiones**

- Dependiendo de las localidades las especies tienen diferentes comportamientos. Laurel obtuvo mayores promedios en la localidad de Santo Domingo en DAP, área basal, volumen, biomasa y captura de carbono.
- El pachaco en la localidad Balzar presentó los mayores promedios en DAP y área basal; en el cantón Santo Domingo obtuvo mayores promedios en altura total, volumen total, biomasa y captura de carbono.
- Los mayores promedios en biomasa y captura de carbono de las dos especies fueron en la localidad de Santo Domingo.
- Entre las dos especies forestales el pachaco obtuvo mayor promedio en captura de carbono en la localidad de Santo Domingo.

## **5.2. Recomendaciones**

- Promover el estudio de las plantaciones forestales tanto ambientales como económicamente y así determinar su potencialidad para iniciar una empresa exitosa para la captura de carbono.
- Incentivar a los productores mediante el mercado de carbono ofertando el valor que se podría obtener de sus plantaciones en la captura de carbono.
- Plantar la especie laurel por su incidencia en la captura de carbono ya que tiene buenos resultados, sin embargo el pachaco es más comercial por su tiempo de aprovechamiento menor.

**CAPÍTULO VI**  
**BIBLIOGRAFÍA**

## 6.1. BIBLIOGRAFÍA

1. Ortiz, G.; Riascos, C. Almacenamiento y fijación de carbono del sistema agroforestal cacao *Theobroma cacao* y laurel *Cordia alliodora* en la reserva indígena de Talamanca. Universidad de Nariño. Turrialba, Costa Rica. 87p. 2006.
2. Altieri, M. Agroecología. Bases para una agricultura sustentable. CLADES. CIED. Secretariado Rural Perú. Lima, Perú. 511 p. 1999.
3. Masera, O; Cerón, A; Ordóñez, A. Forestry mitigation options for Mexico: Finding synergies between national sustainable development priorities and global concerns. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*. 15 (6): 291-312. 2001.
4. IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). Resumen Técnico. In: Cambio Climático; Mitigación. Contribución del Grupo de Trabajo III al Cuarto Informe de Evaluación del Panel Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático. In: Metz, B.; Davidson, O.; Bosch, P.; Dave, R.; Meyer, L. (Eds). Cambridge University Press. Cambridge, Reino Unido. 78 p. 2007.
5. Ordoñez, J. Captura de Carbono en un bosque templado: el caso de San Juan Nuevo Michoacán. México. Instituto Nacional de Ecología. Michoacán, México. 81 p. 1999.
6. Somarriba, E.; Beer, J. Dimensiones, volúmenes y crecimiento de *Cordia alliodora* en sistemas agroforestales. CATIE Turrialba, Costa Rica. 23 p. 1986.
7. Lapeyre, Z. Determinación de las reservas de carbono de la biomasa aérea, en diferentes sistemas de uso de la tierra en San Martín, Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú In: *Ecología Aplicada* 3 (1,2): 35-44. 2004.
8. FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). Terms and Definitions. FAO Forest Resources Assessment Programme. Working Paper 1. Rome, Italy. 60 p. 1998.
9. López, D; Soto, L; Jiménez, G; Hernández, S. Relaciones alométricas para la predicción de biomasa forrajera y leña de *Acacia pennatula* y *Guazuma ulmifolia* en dos comunidades del norte de Chiapas, México. *Interciencia* 28 (6): 334-339. 2003.
10. Ciesla, W. Cambio climático, bosques y ordenamiento forestal. Roma, Italia. FAO. 146 p. 1996.
11. Centeno, J. El efecto Invernadero. *PLANIUC*. 18 (19): 75-96 p. 1992.
12. PNUD. Protocolo de Kyoto para la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático. Kyoto, Japón. 2 – 4 p. 1997.

13. Pérez, E.; Ruiz, C.; Reyes, F.; Lopez, J.; Calero, C. Potencial de plantación y fijación de carbono. Tomo II. MAGFOR – PROFOR. Managua, Nicaragua. Pp. 15, 16, 18, 165. 2005.
14. Cuéllar, N.; Rosa, H.; González, M. Los servicios ambientales del agro: El caso de café sombra en El Salvador. PRISMA. 34:(1)-16. 1999.
15. Trujillo, E. Guía de Reforestación. El Semillero. Bogotá - Colombia. 102 p. 2009.
16. CATIE. *Cordia alliodora* (Ruiz y Pavón) Oken. Nota Técnica sobre Manejo de Semillas Forestales. no. 7. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 2p. 1997.
17. Segura, Estimación del Carbono almacenado y fijado en sistemas agroforestales indígenas con cacao en la zona de Talamanca, Costa Rica. Op. Cit., p. 23.
18. Hughell, D. Modelos para la predicción del crecimiento y rendimiento de: *Eucalyptus camaldulensis*, *Gliricidia sepium*, *Guazuma ulmifolia* y *Leucaena leucocephala* en America Central. Turrialba: CATIE, 1990. 57 p. (Serie Técnica. Boletín Técnico No. 22).
19. Valdivieso, R. Crecimiento de laurel *Cordia alliodora* (Ruiz y Pavón) Oken) como componente maderable de sistemas agroforestales en Talamanca, Costa Rica y Changuinola, Panamá. Turrialba, 1997. 70 p. Trabajo de Grado (Magíster Scientiae). Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE).
20. Suárez A. Aprovechamiento sostenible de madera de *Cordia alliodora* y *Cedrella odorata* de regeneración natural en cacaotales y bananales de indígenas de Talamanca, Costa Rica. Turrialba, 2001. 74 p. Trabajo de grado (Magíster Scientiae). CATIE.
21. Aristizabal, J.; Guerra, A. Estimación de la tasa de fijación de Carbono en el sistema agroforestal nogal cafetero *Cordia alliodora* - cacao *Theobroma cacao* L -plátano *Musa paradisíaca*. Bogotá, 2002, 108 p. Trabajo de grado (Ingeniero Forestal). Universidad Distrital.
22. López, L.; Domínguez, M.; Martínez, P.; Zavala, J.; Gómez, A.; Posada, S. 2016. Carbono almacenado en la biomasa aérea de plantaciones de hule (*Hevea brasiliensis* Müell. Arg.) de diferentes edades. Madera y Bosques, 22 (3), 49-60.
23. Castillo, B. Manejo, secuestro de carbono e ingresos de tres especies forestales de sombra en cafetales de tres regiones contrastantes de Costa Rica. Turrialba, Costa Rica. 124 p. 2003.

24. Suatunce, P.; Díaz, G.; García, L. 2010. Efecto de la densidad de plantación en el crecimiento de cuatro especies forestales tropicales en la colección de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Científica y Tecnológica. 3 (1): 23-26.
25. Aird, P. 1994. Conservation for the sustainable development of forest worldwide: A compendium of concepts and terms. The Forestry Chronicle, Vol. 70. No.6, November, 1994. Pages 666-674.
26. FSC. 1996. Principios y Criterios para el Manejo de Bosques Naturales. Forest Stewardship Council Documento 12, Enero, 1996.
27. Alpízar, W. 1996. Proceso Metodológico para la Cuantificación de Carbono de la Biomasa en pie en Bosque Natural y sus estimaciones de no emisión y fijación. Oficina Costarricense de Implementación Conjunta (OCIC). Versión en mimeógrafo, sin numeración de páginas.

## GLOSARIO DE TÉRMINOS

**Biomasa:** Peso (o estimación equivalente) de la materia orgánica, por encima y por debajo del suelo (25).

**Bosque:** Ecosistema compuesto predominantemente por árboles y otra vegetación leñosa que crecen juntos de manera más o menos densa (25).

**Bosques Naturales:** Áreas forestales en las que están presentes las características principales y los elementos claves de los ecosistemas naturales, tales como la complejidad, estructura y diversidad (26).

**Bosques primarios:** Un ecosistema caracterizado por la abundancia de árboles maduros, relativamente no afectados por actividades humanas. Los impactos humanos en estas áreas forestales han sido normalmente limitados a niveles bajos de caza artesanal, pesca y cosecha de productos forestales y, en algunos casos, a niveles bajos de densidad, de agricultura migratoria con períodos de descanso prolongados. Tales ecosistemas son llamados "maduros," "viejos," o bosques "vírgenes" (26).

**Carbono Potencial:** Se refiere al carbono máximo o carbono real que pudiera contener un determinado tipo de vegetación, asumiendo una cobertura total y original. (27).

**Manejo Forestal:** Se ocupa de las cuestiones administrativas, económicas, jurídicas y sociales globales, así como por las actividades esencialmente científicas y técnicas, especialmente la silvicultura, la protección y la reglamentación del bosque (25).

**Plantación:** Áreas forestales que carecen de las características principales y los elementos claves de los ecosistemas naturales, como resultado de la plantación o de los tratamientos silviculturales (26).

# ANEXOS

## Anexos

**Anexo 1.** Correlación entre las especies de diferentes DAP en las tres localidades.

<b>DAP</b>				
<b>Tratamientos</b>	<b>Localidad</b>			<b>Promedio especie</b>
	<b>Sto. Domingo</b>	<b>Valencia</b>	<b>Balzar</b>	
<b>Laurel</b>	28,9422750	21,1843438	22,1461099	24,0909 b
<b>Pachaco</b>	24,6988063	30,2928250	31,5158379	28,8358 a
<b>Localidad Cv%</b>	26,8205 a	25,7386 a	26,8310 a	7.501480

**Anexo 2.** Correlación entre las especies de diferente altura total en las tres localidades.

<b>ALTURA TOTAL</b>				
<b>Tratamientos</b>	<b>Localidad</b>			<b>Promedio especie</b>
	<b>Sto. Domingo</b>	<b>Valencia</b>	<b>Balzar</b>	
<b>Laurel</b>	24,4179688	15,4023438	17,0937500	18,971 a
<b>Pachaco</b>	34,6835938	20,0742188	18,6601563	24,473 a
<b>Localidad Cv%</b>	29,551 a	17,738 b	17,877 b	77,19241

**Anexo 3.** Correlación entre las especies de diferente área basal en las tres localidades.

<b>ÁREA BASAL</b>				
<b>Tratamientos</b>	<b>Localidad</b>			<b>Promedio especie</b>
	<b>Sto. Domingo</b>	<b>Valencia</b>	<b>Balzar</b>	
<b>Laurel</b>	0,07285000	0,03615625	0,03838370	0,049130 b
<b>Pachaco</b>	0,04932500	0,07224375	0,07814055	0,066570 a
<b>Localidad Cv%</b>	0,061088 a	0,054200 b	0,058262 a	9,711985

**Anexo 4.** Correlación entre las especies de diferentes volúmenes totales en las tres localidades.

<b>VOLUMEN TOTAL</b>				
<b>Tratamientos</b>	<b>Localidad</b>			<b>Promedio especie</b>
	<b>Sto. Domingo</b>	<b>Valencia</b>	<b>Balzar</b>	
<b>Laurel</b>	1.06723125	0.34598750	0.40292713	0.6054 b
<b>Pachaco</b>	1.16616250	0.87365000	0.88199348	0.9739 a
<b>Localidad Cv%</b>	1.1167 a	0.6098 b	0.6425 b	90.96878

**Anexo 5.** Correlación entre las especies de diferentes biomasa t ha-1 en las tres localidades.

<b>Biomasa t ha-1</b>						
	<b>Localidad (9 años)</b>			<b>Localidad (12 años)</b>		
	<b>Sto. Domingo</b>	<b>Valencia</b>	<b>Balzar</b>	<b>Sto. Domingo</b>	<b>Valencia</b>	<b>Balzar</b>
<b>Laurel</b>	167,6689	52,2443	64,6304	361,4198	118,9476	147,5918
<b>Pachaco</b>	172,2857	121,3804	138,2766	362,5242	284,4199	323,9464
<b>Promedio</b>	169,9773	86,8124	101,4535	361,9720	201,6838	235,7691
<b>localidad</b>						

**Anexo 6.** Correlación entre las especies de diferente CO2 t ha-1 en las tres localidades.

<b>CO2 t ha-1</b>						
	<b>Localidad (9 años)</b>			<b>Localidad (12 años)</b>		
	<b>Sto. Domingo</b>	<b>Valencia</b>	<b>Balzar</b>	<b>Sto. Domingo</b>	<b>Valencia</b>	<b>Balzar</b>
<b>Laurel</b>	83,8345	26,1222	32,3152	180,7099	59,4738	73,7959
<b>Pachaco</b>	86,1428	60,6902	69,1383	181,2621	142,2100	161,9732
<b>Promedio</b>	84,9886	43,4062	50,7268	180,9860	100,8419	117,8846
<b>localidad</b>						

**Anexo 7.** Correlación entre las especies de diferente IMA/DAP en las tres localidades.

<b>IMA/DAP</b>				
<b>Tratamientos</b>	<b>Localidad</b>			<b>Promedio especie</b>
	<b>Sto. Domingo</b>	<b>Balzar</b>	<b>Valencia</b>	
<b>Laurel</b>	2,9444	2,7683	2,6480	2,78689
<b>Pachaco</b>	2,3873	3,9395	3,7866	3,371134202
<b>Promedio</b>	2,66583906	3,3538717	3,2173236	
<b>localidad</b>				

**Anexo 8.** Correlación entre las especies de diferente IMA/Altura total en las tres localidades.

<b>IMA/HT</b>				
<b>Tratamientos</b>	<b>Localidad</b>			<b>Promedio especie</b>
	<b>Sto. Domingo</b>	<b>Balzar</b>	<b>Valencia</b>	
<b>Laurel</b>	2,7500	2,1719	1,9253	2,28239
<b>Pachaco</b>	3,7500	3,7500	2,5093	3,336425781
<b>Promedio</b>	3,25	2,9609375	2,2172852	
<b>localidad</b>				

**Anexo 9.** Correlación entre las especies de diferente IMA en las tres localidades.

<b>IMA</b>				
<b>Tratamientos</b>	<b>Localidad</b>			<b>Promedio especie</b>
	<b>Sto. Domingo</b>	<b>Balzar</b>	<b>Valencia</b>	
<b>Laurel</b>	0,0897	0,0505	0,0428	0,06098
<b>Pachaco</b>	0,0299	0,1110	0,1096	0,083507558
<b>Promedio</b>	0,05979875	0,0807151	0,0762183	
<b>localidad</b>				

**Anexo 10.** Correlación entre las especies de diferente IMA volumen total/ha en las tres localidades.

<b>IMA VOLUMEN TOTAL/HA</b>						
	<b>Localidad (9 años)</b>			<b>Localidad (12 años)</b>		
	<b>Sto. Domingo</b>	<b>Balzar</b>	<b>Valencia</b>	<b>Sto. Domingo</b>	<b>Balzar</b>	<b>Valencia</b>
<b>Laurel</b>	341,5151	129,4812	110,7124	499,1136	189,0405	151,8322
<b>Pachaco</b>	373,1736	281,0313	279,5657	514,0325	524,9800	360,7360
<b>Promedio</b>	0,8638	0,6472	0,7387	506,5731	357,0102	256,2841
<b>localidad</b>						

**Anexo 11.** Correlación entre las especies de diferente IMA área basal/ha en las tres localidades.

<b>IMA/ÁREA BASAL/HA</b>						
<b>Tratamientos</b>	<b>Localidad (9 años)</b>			<b>Localidad (12 años)</b>		
	<b>Sto. Domingo</b>	<b>Balzar</b>	<b>Valencia</b>	<b>Sto. Domingo</b>	<b>Balzar</b>	<b>Valencia</b>
<b>Laurel</b>	23,3133	12,3650	11,5686	34,0593	18,0645	15,9068
<b>Pachaco</b>	15,7803	25,0050	23,1172	21,6979	36,5307	29,7995
<b>Promedio</b>	0,0580	0,0560	0,0552	27,8786	27,2976	22,8532
<b>localidad</b>						

**Anexo 12.** Cuadrados medios de las variables dasométricas en las especies laurel y pachaco.

<b>Fuente de Variación</b>	<b>GL.</b>	<b>DAP</b>		<b>HT</b>		<b>AB</b>		<b>VOL</b>	
Localidad	3	12.6082826	*	1471.107463	*	0.00038358	**	2.57541988	*
Repetición x Localidad	4	0.7125170	n/s	272.599650	*	0.00000889	n/s	0.52665713	*
Especie	2	540.3408993	**	726.343791	*	0.00729951	**	3.25995801	*
Localidad x Especie	6	484.8825927	**	155.480509	*	0.01009561	**	0.44089968	*
Error	12	3.940797		281.15707		0.00003157		0.51601641	

\*\* Altamente significativo

\* Significativo

N/s no significativo

$P < 0,05$

**Anexo 13.** Cuadrados medios de biomasa (kg) biomasa/ha (kg) co2/ha (ton) de laurel y pachaco.

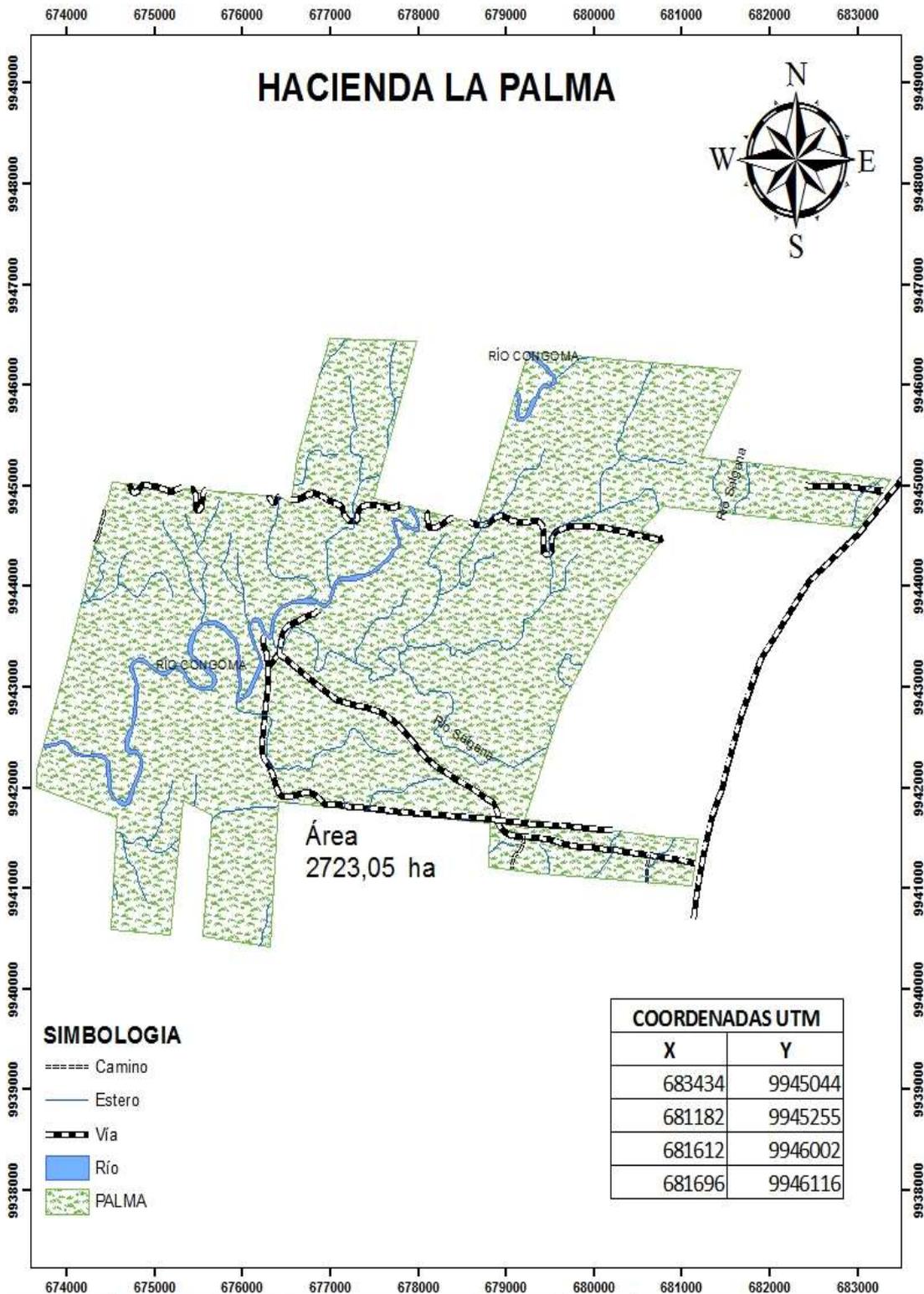
<b>Fuente de Variación</b>	<b>GL.</b>	<b>Biomasa</b>		<b>Biomasa ha</b>		<b>Co2 ha</b>	
Localidad	3	42600967.75	**	4.374815900000	**	1.09370412	**
Repetición x Localidad	4	91357.80	*	9274455489.4	n/s	2318613872.1	n/s
Especie	2	5675306.88	**	23959241508	n/s	5989810389.3	**
Localidad x Especie	6	9895322.83	**	1.042764800000	**	260691202695	**
Error	12	96209.3		9865242118.4		2466310530	

\*\* Altamente significativo

\* Significativo

N/s no significativo

P < 0,05

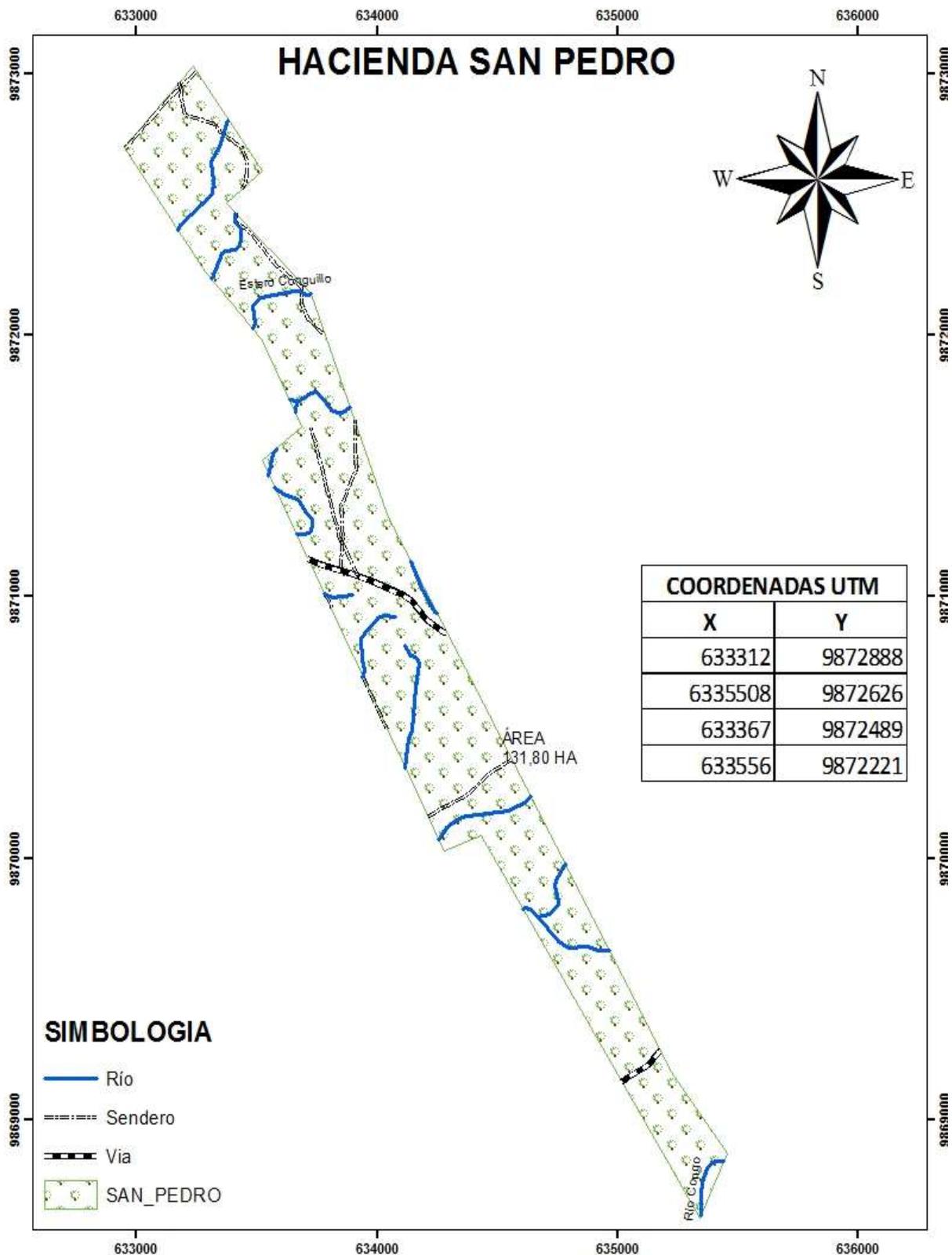


REGULACIÓN DE LA TENENCIA DE LA TIERRA Y CATASTRO



**Sistema de Referencia**  
Datum: WGS 84  
Coordenadas UTM  
Zona 17 Sur

Propietario: SERAGROFOREST S.A.	<b>Provincia</b>	<b>Cantón</b>	<b>Parroquia</b>	<b>Sector</b>	Elaborado por: Lema Manuel	Revisado y aprobado por: Ing. Darwin Salvatierra
	Área 2723,05 ha	Santo Domingo De Los Tsáchilas	Santo Domingo	Luz De América La Palma		



REGULACIÓN DE LA TENENCIA DE LA TIERRA Y CATASTRO

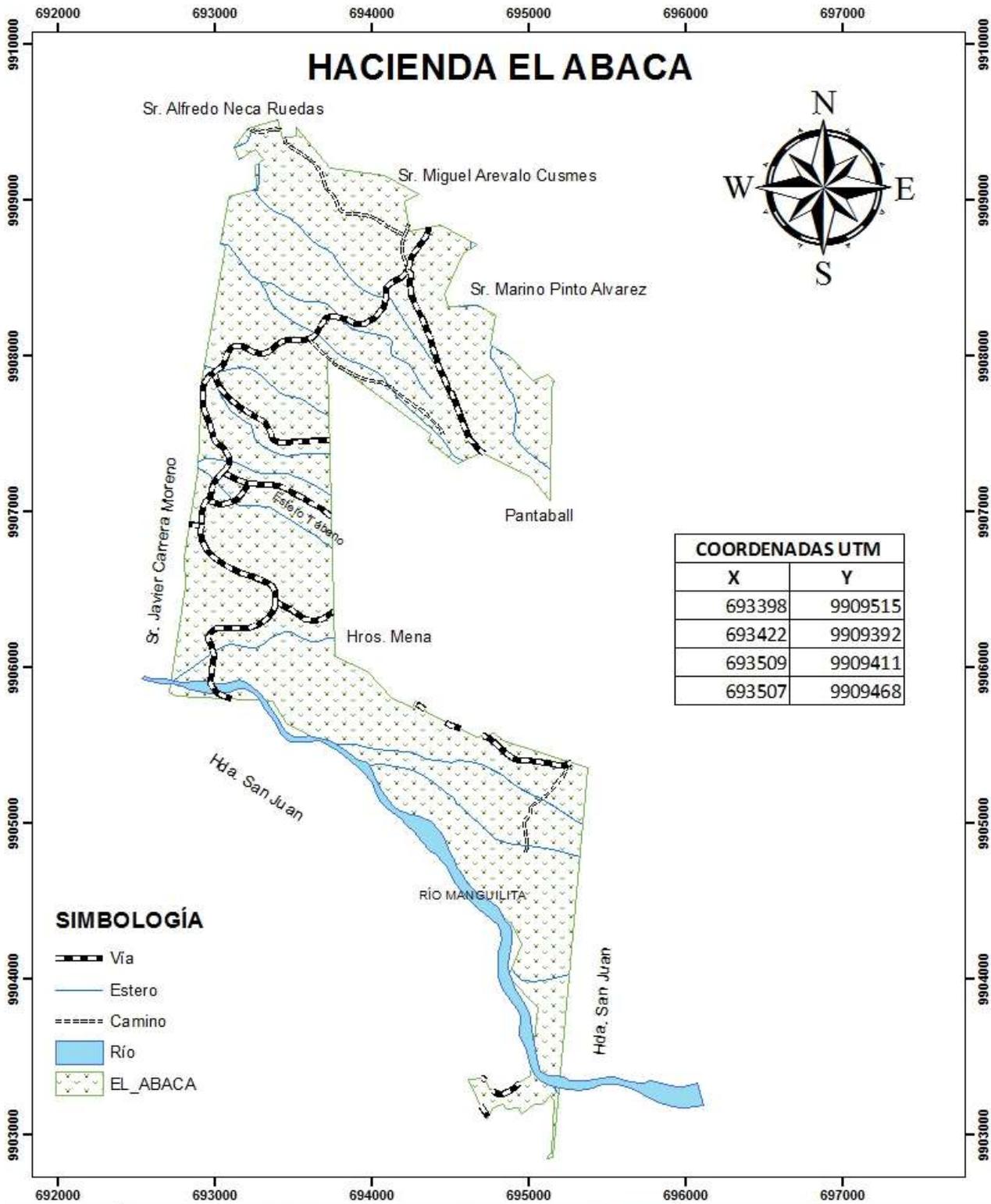


**Sistema de Referencia**

Datum: WGS 84  
 Coordenadas UTM  
 Zona 17 Sur

Propietario: SERAGROFOREST S.A.	<b>Provincia</b>	<b>Cantón</b>	<b>Parroquia</b>	<b>Sector</b>
Área 131,80 ha	El Guayas	El Empalme	La Guayas	Hacienda San Pedro

Elaborado por: Lema Manuel	Revisado y aprobado por: Ing. Darwin Salvatierra
Escala: 1:2500	Fecha: 18 de Febrero del 2017



**REGULACIÓN DE LA TENENCIA DE LA TIERRA Y CATASTRO**



**Sistema de Referencia**

Datum: WGS 84  
 Coordenadas UTM  
 Zona 17 Sur

Propietario: SERAGROFOREST S.A.	<b>Provincia</b>	<b>Cantón</b>	<b>Parroquia</b>	<b>Sector</b>
Área 625,77 ha	Los Ríos	Valencia	Valencia	Hacienda El Abaca

Elaborado por: Doris Puente German Puente Escala: 1:2500	Revisado y aprobado por: Ing. Darwin Salvatierra  Fecha: 18 de Febrero del 2017
--	---

## Medición de las parcelas



## Marcado punto de referencia

