



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

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

“Carbono acumulado en la biomasa aérea en *Terminalia ivorensis* A. Chev (terminalia) y
Gmelina arborea Roxb (melina), en tres cantones del Litoral ecuatoriano 2017”.

AUTORES:

Puente Galeas Doris Noemy
Puente Galeas German Eduardo

DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN:

Dr. Carlos Belezaca Pinargote

Quevedo-Los Ríos-Ecuador

2017

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo, **Doris Noemy Puente Galeas**, 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, **German Eduardo Puente Galeas**, 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.

Doris Noemy Puente Galeas

German Eduardo Puente Galeas

CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DE TESIS

El suscrito, **Dr. Carlos Belezaca Pinargote**, Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifica que los estudiantes **Doris Noemy Puente Galeas y German Eduardo Puente Galeas**, realizaron el Proyecto de Investigación de grado titulado “Carbono acumulado en la biomasa aérea en *Terminalia ivorensis* A. Chev (terminalia) y *Gmelina arborea* Roxb (melina), en tres cantones del Litoral ecuatoriano 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

“Carbono acumulado en la biomasa aérea en *Terminalia ivorensis* A. Chev (terminalia) y *Gmelina arborea* Roxb (melina), en tres cantones del Litoral ecuatoriano 2017”

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

APROBADO POR:

PRESIDENTE TRIBUNAL

Ing. Pedro Suatunce

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Dra. Betty González

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. Fidel Troya

QUEVEDO – LOS RÍOS – ECUADOR

2017

DEDICATORIA

Quiero dedicar este logro:

A Dios por habernos permitido llegar hasta este punto, y lograr concluir nuestra carrera dándonos salud para el cumplimiento de este gran objetivo, además de su infinita bondad y amor.

A nuestros padres Rosario Galeas y Eduardo Puente por habernos apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la perseverancia y por la motivación constante que nos ha permitido ser unas personas de bien, pero más que nada por su infinito amor.

Para nuestro hermano Henry Puente Galeas, gracias por no solo ayudarnos a concluir esta etapa de nuestras vidas, sino por todos los bonitos momentos que hemos pasado en familia.

Nuestros abuelitos Nelson Galeas e Isabel Morejón, son padres que se preocupan por nosotros. Sus canas son sinónimo de sabiduría, nos enseñan muchas cosas vitales para la vida y nos encaminan por el buen sendero.

A todos a los antes mencionados quienes han sido nuestra mano derecha durante todo este tiempo, les agradecemos de corazón por toda la ayuda recibida los amamos infinitamente.

*Doris Puente Galeas
German Puente Galeas*

AGRADECIMIENTO

Dejamos constancia de nuestros agradecimientos, primeramente a Dios por permitirme terminar la carrera, y a las instituciones y personas siguientes:

A la Universidad Técnica Estatal de Quevedo.

A la Facultad de Ciencias Ambientales de la UTEQ.

A la Carrera de Ingeniería Forestal de la UTEQ.

Reconocimiento a la UTEQ-Dirección de Investigación Científica y Tecnológica (DICYT), al proyecto "UTEQ-DIICYT-003 Carbono acumulado en la biomasa área en Terminalia ivorensis A. Chev (terminalia) y Gmelina arborea Roxb (melina), en tres cantones del Litoral ecuatoriano, 2017 por su aporte financiero.

Reconocimiento a la Fundación DURINI y haciendas por la toma de datos.

Al Ing. Darwin Salvatierra por su paciencia y dedicación.

A la Dra. Betty González que nos hizo posible el apoyo financiero, a través de la SENECYT, para la realización de esta investigación.

Al Ing. Pedro Suatunce por su paciencia y dedicación.

A la Ing. Mercedes Carranza, decana de la Facultad de Ciencias Ambientales.

A la Ing. Francisca Contreras, subdecano de la Facultad de Ciencias Ambientales.

A los Ingenieros; Fidel Troya, Pedro Suatunce y la Dra. Betty González integrantes del tribunal de tesis, por sus importantes aportes metodológicos en la definición de este proyecto de investigación, por su tiempo y dedicación a la contribución del documento final.

De manera especial quiero agradecer a mis amigos y compañeros de clases Shirley, Geovanna, Manuel, Hernán, Petter, Oscar, Maga.

Por último quiero expresar a todas aquellas personas de una u otra manera contribuyeron en esta investigación.....

RESUMEN EJECUTIVO

El presente estudio se realizó en tres cantones del Litoral ecuatoriano, se cuantificó el contenido de carbono en plantaciones de *Gmelina arborea* (melina) y *Terminalia ivorensis* (terminalia) de nueve años de edad. Se evaluaron las variables dasométricas y cantidad de CO₂ para el efecto se aplicó las ecuaciones alométricas de Clutter 1992, estableciendo parcelas de 1000 m² y un diseño de bloque completamente al azar. El promedio de CO₂ t ha⁻¹ obtenido en melina fue de 113,58 t ha⁻¹ en el cantón Santo Domingo y en la terminalia fue de 25,39 t ha⁻¹ en el cantón Balzar, encontrándose diferencias significativas para las variables DAP y área basal entre especies y especie por cantón, en cantón por especie la variable biomasa y contenido de carbono presentaron diferencias significativas en los cantones de Santo Domingo y Balzar.

ABSTRACT

The present study was carried out in three cantons of the Ecuadorian coast, the carbon content was quantified in plantations of *Gmelina arborea* (melina) and *Terminalia ivorensis* (terminalia) of nine years of age. The dasometric variables and amount of CO₂, was evaluated for the effect applied it was the allometric equations of Clutter 1992, establishing plots of 1000 m² and a block design completely random. The mean t ha⁻¹ CO₂ obtained in melina was 113.58 t ha⁻¹ in the canton Santo Domingo and in the terminalia was 25.39 t ha⁻¹ in the canton Balzar, with significant differences in the variables DBH and basal area between species and species canton. While in biomass and carbon content significant differences in species were found in the Santo Domingo and Balzar cantons.

CONTENIDO GENERAL

	Páginas
Contenido	
PORTADA	i
Dr. Carlos Belezaca Pinargote	i
DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS	ii
CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DE TESIS	iii
TRIBUNAL DE TESIS	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vi
RESUMEN EJECUTIVO	viii
ABSTRACT	ix
CONTENIDO GENERAL	x
LISTA DE CUADROS	xiii
LISTA DE FIGURAS	xiv
LISTADO DE ANEXOS	xv
1. INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	3
1.1. Problematización de la investigación	4
1.1.2. Planteamiento del problema	4
1.1.3. Diagnóstico del problema	4
1.1.4. Pronóstico	5
1.1.5. Formulación del problema	5
1.1.6. Sistematización del problema	5
1.2. OBJETIVOS	5
1.2.1. General	5
1.2.2. Específicos	5
1.3. Justificación	6
CAPÍTULO II	8
2.1. Marco conceptual	9
2.1.1. Bosques	9
2.1.2. Plantaciones forestales	10
2.1.3. Efecto invernadero	10
2.1.4. Cambio climático	11

2.1.5.	Fijación de carbono.....	11
2.1.6.	Servicios ambientales.....	12
2.1.7.	Diámetro a la altura del pecho (DAP).....	12
2.1.8.	Altura total.....	12
2.1.9.	Área basal.....	13
2.1.10.	Volumen.....	13
2.1.11.	Incremento medio anual (IMA).....	13
2.1.12.	Biomasa total.....	13
2.1.13.	Biomasa.....	13
2.2.	Marco referencial.....	14
2.2.1.	Protocolo de Kyoto.....	14
2.2.2.	Melina.....	15
2.2.3.	Terminalia.....	17
2.2.4.	Referencias de varios trabajos de investigación sobre el tema.....	19
CAPÍTULO III.....		21
3.1.	Métodos.....	22
3.1.1.	Localización.....	22
3.1.2.	Materiales.....	23
3.1.3.	Tipo de investigación.....	24
3.1.4.	Diseño de la investigación.....	25
3.2.	Metodología.....	25
3.2.1.	Determinación del carbono acumulado en plantaciones de melina y terminalia en tres cantones del Litoral ecuatoriano.....	25
CAPÍTULO IV.....		31
4.1.	Resultados.....	32
4.1.1.	Variables dasométricas.....	32
4.1.2.	Biomasa y contenido de carbono.....	35
4.1.3.	Proyección del IMA y contenido de carbono.....	38
4.2.	Discusión.....	40
4.2.1.	Variables dasométricas.....	40
4.3.	Proyección Índice Medio Anual (IMA), volumen total (VT) y área basal (AB)	41
4.4.	Contenido de Carbono en la biomasa aérea.....	41
CAPÍTULO V.....		43
5.1.	Conclusiones.....	44

5.2. Recomendaciones	44
CAPÍTULO VI	45
GLOSARIO	50
ANEXOS	51

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Datos de ubicación y las características de suelo y clima de los tres cantones de estudio.	22
Cuadro 2. Análisis del contenido de carbono (a) melina (b) terminalia	29
Cuadro 3. Análisis de varianza del contenido de carbono aéreo en tres cantones del Litoral ecuatoriano 2016-2017 Santo Domingo de Los Colorados, Balzar y Valencia especies: fincas).	30
Cuadro 4. Cuadrados medios de las variables dasométricas en las especies Gmelina arborea y Terminalia ivorensis.....	32
Cuadro 5. Cuadrados medios de biomasa (kg) biomasa/ha (kg) CO ₂ /ha (t) de Gmelina arborea y Terminalia ivorensis.....	35

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de la zona de estudio.	23
Figura 2. Parcelas y subparcelas de muestreo	29
Figura 3. El DAP de las repeticiones (cm), de Terminalia ivorensis y Gmelina arborea en tres cantones del Litoral ecuatoriano.....	33
Figura 4. Promedios de altura total (m) de Terminalia ivorensis y Gmelina arborea en tres cantones del Litoral ecuatoriano 2017.....	33
Figura 5. Promedios de área basal (m ²) de Terminalia ivorensis y Gmelina arborea en tres cantones del Litoral ecuatoriano.....	34
Figura 6. Promedios de volumen (m ³) de Terminalia ivorensis y Gmelina arborea en tres cantones del Litoral ecuatoriano.....	34
Figura 7. Promedios de biomasa/ha (t) de Terminalia ivorensis y Gmelina arborea en tres cantones del Litoral ecuatoriano.....	36
Figura 8. Promedios del IMA/DAP de Terminalia ivorensis y Gmelina arborea en tres cantones del Litoral ecuatoriano.	36
Figura 9. Promedios del IMA/AT de Terminalia ivorensis y Gmelina arborea en tres cantones del Litoral ecuatoriano.	37
Figura 10. Promedios del Índice Medio Anual (IMA) en plantaciones de Terminalia ivorensis y Gmelina arborea en tres cantones del Litoral ecuatoriano.....	37
Figura 11. Promedios del IMA/VOL de Terminalia ivorensis y Gmelina arborea en tres cantones del Litoral ecuatoriano.....	38
Figura 12. Promedios del IMA/AB a los nueve y doce años de edad de Terminalia ivorensis y Gmelina arborea en tres cantones del Litoral ecuatoriano.....	39
Figura 13. Promedios de CO ₂ /t/ha ⁻¹ de Terminalia ivorensis y Gmelina arborea en tres cantones del Litoral ecuatoriano.	39

LISTADO DE ANEXOS

Anexo 1. Variables dasométricas	52
Anexo 2. Variables de contenido de carbono acumulado en tres cantones del Litoral ecuatoriano	53
Anexo 3. Mapa de ubicación de las parcelas ubicadas en el Cantón Santo Domingo	56
Anexo 4. Mapa de ubicación de las parcelas ubicadas en el Cantón Balzar	57
Anexo 5. Mapa de ubicación de las parcelas ubicadas en el Cantón La Maná.....	58
Anexo 6. Medición de las parcelas	59
Anexo 7. Marcado punto de referencia	59
Anexo 8. Plantaciones de melina	60
Anexo 9. Plantaciones de Terminalia.....	60

CÓDIGO DUBLIN

Título:	“Carbono acumulado en la biomasa aérea en la <i>Terminalia ivorensis</i> A. Chev (terminalia) y <i>Gmelina arborea</i> Roxb (melina), en tres cantones del Litoral ecuatoriano, 2016-2017.”			
Autores:	Puente Galeas Doris Noemy Puente Galeas German Eduardo			
Palabras clave	Índices	Diámetros	Plantaciones	<i>G. arborea</i> <i>T. ivorensis</i>
Fecha de publicación				
Editorial	CAMB; Carrera de Ingeniería Forestal; Puente, D.; Puente, G.			
Resumen: (hasta 300 palabras)	<p>Resumen.- El presente estudio se realizó en tres cantones del Litoral ecuatoriano, se cuantificó el contenido de carbono en plantaciones de <i>Gmelina arborea</i> (melina) y <i>Terminalia ivorensis</i> (terminalia) de nueve años de edad. Se evaluaron las variables dasométricas y cantidad de CO₂ para el efecto se aplicó las ecuaciones alométricas de Clutter 1992, estableciendo parcelas de 1000 m² y un diseño de bloque completamente al azar. El promedio de CO₂ t ha⁻¹ obtenido en melina fue de 113,58 t ha⁻¹ en el cantón Santo Domingo y en la terminalia fue de 25,39 t ha⁻¹ en el cantón Balzar, encontrándose diferencias significativas en la variable para el DAP y área basal en especie y cantón. Mientras en la biomasa se encontró diferencias significativas en especie y cantón.</p>			
Descripción:	76 Hojas: dimensiones, 29 x 21 cm + CD-ROM			
URI:				

1. INTRODUCCIÓN

Los ecosistemas forestales contienen grandes cantidades de carbono que es almacenado en la biomasa aérea viva y muerta, así como en el suelo, las regiones tropicales presentan un proceso acelerado de cambio de uso del suelo de estos ecosistemas forestales a tierras de pastos y cultivos. Las plantaciones acumulan carbono en su biomasa, contribuyendo pasivamente al control del calentamiento global del planeta (1).

La mayoría de las estrategias de mitigación del efecto invernadero tienen como objetivo la reducción de la concentración de dióxido de carbono CO₂ en la atmósfera, el principal gas de efecto invernadero. Como los árboles, durante su crecimiento actúan como sumideros de carbono al absorber el CO₂ y almacenar carbono en la madera, el mantenimiento de reservas de CO₂ 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, para mantener el aumento de los niveles y de la calidad del agua, por lo que hay una relación directa entre la cobertura boscosa y los caudales de agua. Los bosques evitan la escorrentía hasta un 80% agua que circula sobre la superficie de la tierra, y minimizan la sedimentación de los ríos (3).

Los bosques juegan un papel crucial en la reducción del CO₂ atmosférico, debido a que fijan carbono en el proceso de la fotosíntesis. Es por esto que desde los años 90 un grupo de países industrializados han realizado una serie de esfuerzos para reducir el contenido de CO₂ en la atmósfera, y con ello, disminuir el calentamiento global, previniendo los amenazantes acontecimientos que podrían generarse (aumentos en el nivel del mar, cambio en las precipitaciones, sequías e inundaciones, etc.). Lo anterior tendría impactos negativos para la vida en el planeta tierra ya que se amenaza la disponibilidad de agua, alimentos, la estabilidad de ecosistemas, la biodiversidad, e incluso, la salud de gran parte de la población mundial (4).

La biomasa son órganos vegetales de la planta que se acumulan como materia orgánica a lo largo del tiempo formando ecosistemas (5), y está compuesta por el peso de la materia orgánica aérea y sobre el suelo que existe en un ecosistema forestal. Según la IPCC (6) la biomasa es la masa total de organismos vivos presentes en un área o volumen dados; se suele considerar biomasa muerta el material vegetal muerto recientemente.

La biomasa es importante para cuantificar la cantidad de nutrientes en diferentes partes de las plantas y en los estratos de la vegetación. Permite comparar distintos tipos de especies o vegetación, o comparar especies y tipo de vegetación similares en diferentes sitios. Además, la cuantificación de la biomasa y el crecimiento de la vegetación en los ecosistemas son críticos para las estimaciones de fijación de carbono, un tema actualmente relevante por sus implicaciones en relación al cambio climático (7).

CAPÍTULO I
CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Problematización de la investigación

1.1.2. Planteamiento del problema

Para emprender proyectos de forestación y reforestación con fines de prestación de servicios ambientales que contribuyan a la mitigación del CO₂ producidos por las actividades humanas.

1.1.3. Diagnóstico del problema

La problemática ambiental que enfrentan las naciones es cada vez más compleja, debido al desequilibrio creciente entre el crecimiento de la población y la capacidad de los recursos para sustentar el aumento en la demanda de servicios ecosistémicos. El cambio climático en los últimos años es uno de los temas más importantes de la comunidad internacional en materia ambiental. La concentración de Gases de Efecto Invernadero (GEI) ha ido en aumento de forma acelerada. La evidencia científica de los estudios realizados en el siglo 20 confirma que si el incremento de los GEI continua, sus efectos serán cada vez fuertes para el cambio del clima, a nivel mundial desequilibrando los ecosistemas y que una de las soluciones a este problema es el aumento de las plantaciones forestales que mitigan el cambio climático IPCC (8).

En Ecuador las tierras para uso agropecuario, principalmente para agricultura migratoria, ha generado importantes impactos ambientales y socio económicos, lo cual se refleja en las estadísticas registradas. A partir del año 1962 el Ecuador 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 remanente es de 8,8 millones de ha aproximadamente. Debido a los servicios ambientales de las plantaciones forestales implementarse un incentivo verde, lo cual abre una nueva perspectiva de desarrollo para las comunidades en la mejora del uso de los recursos forestales y agrícolas, fomentando el manejo de bosques como servicio ambiental y fuentes de recursos. Este estudio se pretende establecer los bienes y servicios ambientales generados por las plantaciones forestales de *Terminalia ivorensis* A. Chev. (terminalia) y *Gmelina arborea* Roxb. (melina) en el litoral ecuatoriano.

1.1.4. Pronóstico

La cantidad de CO₂ capturado por cada especie podría ser mayor, de acuerdo a la localidad en la que están ubicadas por las condiciones climáticas para ello se aplicara el diseño de bloque al azar.

1.1.5. Formulación del problema

¿Cuál es la cantidad de carbono que reciben las plantaciones forestales de terminalia y melina?

1.1.6. Sistematización del problema

¿Cuál es el aporte de servicios ecosistémico que brindan las plantaciones forestales terminalia y melina?

¿Cuál de las especies en estudio capta más cantidad de CO₂?

¿Cuál de las especies aporta mayor cantidad de biomasa?

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. General

Determinar el carbono acumulado en la biomasa aérea en *Terminalia ivorensis* A. Chev (terminalia) y *Gmelina arborea* Roxb (melina), en tres cantones del Litoral ecuatoriano 2017.

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 *Terminalia ivorensis* A. Chev (terminalia) y *Gmelina arborea* Roxb (melina).
- Cuantificar la cantidad de carbono que las dos especies capturan.

1.3. Justificación

Uno de los problemas más graves que pueden derivarse de la no retención del carbono es el recalentamiento del planeta debido a los efectos de la alta contaminación por CO₂ de los gases de efecto invernadero que continuamente se van acumulando y va elevando la temperatura terrestre. Ciertos estudios han demostrado que ese recalentamiento durante los últimos 100 años ha sido 0,74 °C, y durante las dos próximas décadas ese proceso continuará y la temperatura media del planeta habrá aumentado en 0,2 °C más. Las emisiones de CO₂ se relacionan con el consumo de combustibles fósiles. La tarea de lograr un equilibrio sostenible está en manos de los políticos y científicos (9).

Es importante determinar la cantidad de carbono acumulada que evidencie un impacto ambiental (positivo). 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 melina y terminalia de la empresa SERAGROFOREST S.A. que cuenta con algunas haciendas, tales como La Palma ubicada en Santo Domingo de los Tsáchilas, San Pedro, ubicada en Balzar y la hacienda El Abacá, ubicada en Valencia, a fin de conocer el porcentaje de almacenamiento de carbono en la biomasa terrestre. El objetivo es conocer cuál de las especies captura más carbono conocimiento que el desarrollo forestal saludable en la región y el país mediante el fomento de plantaciones con esta especie.

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.

El flujo de captura de carbono por medio de las especies forestales en la biosfera terrestre ha incrementado el interés global sobre el uso del suelo como una opción para estabilizar las emisiones de gases de efecto invernadero (3).

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 t especialmente en zonas tropicales (10).

CAPÍTULO II
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA
INVESTIGACIÓN

2.1. Marco conceptual

2.1.1. Bosques

Los bosques, como fuentes de servicios ambientales, por su ubicación geográfica y a su vez por el entorno socioeconómico en el que se encuentran, cada vez son más vulnerables debido a causas como los incendios forestales, tala ilegal, actividades de tipo antropogénica para la agricultura y la ganadería. En décadas pasadas la utilización y manejo del recurso se basaba en prácticas no sostenibles Masera et al. (11) estiman que en México cerca de 20 millones de personas usan la leña como principal fuente energética para uso doméstico, factor importante en la producción de CO₂.

Se considera que el sector forestal aporta casi el 40% de las emisiones totales de CO₂, y que el sector de generación de energía tiene la contribución más importante. La mitigación del cambio climático exige mantener niveles de CO₂ en la atmósfera por debajo de un cierto rango, que probablemente hayamos superado (8). Para reducir este nivel, es necesario capturar más CO₂ de la atmósfera y fijarlo en la biosfera, mediante sumideros de carbono capaces de absorber más CO₂ 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 los árboles ha sido reconocida por el Protocolo de Kioto, en el marco del cual se aprueba 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 de Desarrollo Limpio (MDL) (8).

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 CO₂, medida en toneladas y comercializada en reducciones certificadas de emisiones (CERs, por sus siglas en inglés) (8).

2.1.2. Plantaciones forestales

Las plantaciones forestales, por la gran cantidad de biomasa que producen por unidad de área, han sido sugeridas como alternativas para la fijación de carbono por ser ecosistemas cuyo manejo se orienta a maximizar el volumen en madera por unidad de área, lo que da como resultado una fijación de carbono elevada y por ende contribuyen a la limpieza de la atmósfera. El carbono fijado en la biomasa permanece acumulado en las plantaciones por largos periodos. La función de las plantaciones como elemento mitigador de los gases de efecto invernadero es reconocida en la actualidad a nivel nacional e internacional (12).

Los ecosistemas forestales atrapan CO₂ de la atmósfera mientras ellos van adquiriendo masa. Una vez alcanzada su madurez, ellos aproximadamente están en balance con respecto al carbono, pues la tasa que han acumulado es la misma que liberan (13)

2.1.3. Efecto invernadero

Centeno (14) menciona que un fenómeno natural que ha permitido el desarrollo de la vida en el planeta es causado por la presencia de 8 gases en la atmósfera, principalmente vapor de agua y gas carbónico, lo que permite la retención de parte de la energía calorífica que se recibe del sol, y el mantenimiento de una temperatura dentro de límites que han permitido el desarrollo de la vida. Sin la concentración natural de éstos gases en la atmósfera, la temperatura promedio en la superficie de la tierra sería similar a la de la luna, unos 18 °C bajo cero. Los gases del efecto invernadero permiten el paso de las radiaciones solares de onda corta, calentando la superficie de la tierra. A la vez, absorben parte del calor que emana de la superficie de la tierra, en forma de radiaciones infrarrojas, de mayor longitud de onda, manteniendo una temperatura en la superficie del planeta de aproximadamente 15 °C (14).

2.1.3.1. Gases del efecto invernadero

Los principales gases producto de la actividad humana, que contribuyen a la amplificación del efecto invernadero, son el dióxido de carbono (CO₂), vapor de agua

(H₂O), el metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), los cloro-fluro-carbonados (CFCS), monóxido de carbono (CO) y el ozono troposférico (O₃) (15).

2.1.4. Cambio climático

Por cambio climático se entiende un cambio del clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana, que altera la composición de la atmósfera global y que se suma a la variabilidad natural observada del clima durante períodos de tiempo comparables. Las variaciones climáticas están influenciadas por cambios naturales así como por el efecto del desarrollo de las sociedades humanas. Entre las causas naturales que podrían ser responsables del cambio climático, están las variaciones cíclicas de la intensidad solar provocadas por las manchas solares, cuya periodicidad es aproximadamente de 30 años, además de grandes erupciones volcánicas y variaciones en la órbita terrestre alrededor del sol (16).

Con el inicio de la era industrial a mediados del siglo XVIII, la actividad humana aceleró su incidencia sobre los recursos naturales para crear los productos y servicios que demanda la sociedad. De tal manera que el desarrollo industrial, como parte del desenvolvimiento socioeconómico, ha alterado directa o indirectamente la composición de la atmósfera mundial, siendo responsable de la modificación del intercambio energético entre el sol, la superficie terrestre y el espacio sideral, a través del fenómeno llamado efecto invernadero (16).

2.1.5. 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 CO₂ de la atmósfera, producen carbohidratos, liberan oxígeno y dejan el 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” (17).

2.1.6. Servicios ambientales

Los servicios ambientales son todos aquellos que brinda el bosque y las plantaciones forestales y que inciden directamente en la protección y mejoramiento del medio ambiente. Estos servicios son los siguientes: mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero (fijación, reducción, secuestro, almacenamiento y absorción), protección de agua para uso urbano, rural o hidroeléctrico, protección de biodiversidad para conservarla y uso sostenible, científico y farmacéutico, investigación y mejoramiento genético, protección de ecosistemas, formas de vida y belleza escénica natural para fines turísticos y científicos” (18).

2.1.7. Diámetro a la altura del pecho (DAP)

El DAP (diámetro a la altura del pecho) se mide a 1,30 m desde la base del árbol. Esta medición puede ser utilizada con los siguientes instrumentos: forcípula, equipos laser, cinta diamétrica y cinta métrica. En el caso de utilizar cinta métrica, queda como resultado el perímetro del fuste, para ello es necesario dividir el valor resultante por Pi (3,1416) para obtener el diámetro del fuste. La cinta diamétrica tiene la ventaja de medir directamente el diámetro del árbol (19).

2.1.8. Altura total

La altura es una variable necesaria para estimar el volumen, crecimiento, y para la clasificación de sitios. Se puede distinguir la altura total, comercial, la altura del fuste limpio y altura de la copa (19).

Altura total: Es la distancia vertical entre el suelo y la yema terminal o ápice del árbol.

Altura comercial: Es la distancia vertical entre el suelo y la última parte comerciable del fuste. Está limitada por el diámetro en la parte superior, o por los defectos (nudos torceduras).

2.1.9. Área basal

Es la superficie de la sección transversal de un árbol a la altura del pecho. El área basal (AB) se calcula mediante la siguiente fórmula: $AB = 0.7854 D^2$ donde AB=área basal en m^2 y DAP=Diámetro a la altura del pecho en m. El área basal por hectárea indica la densidad del rodal y se expresa en m^2 por hectárea (19).

2.1.10. Volumen

La cubicación de los árboles en pie se puede realizar mediante varias fórmulas, ya conocidas, pero sus resultados son menos exactos. También se puede estimar el volumen de los árboles en pie utilizando tablas de volumen, establecido para cada especie. Además, existen otras fórmulas que sirven para cubicar árboles en pie (19):

2.1.11. Incremento medio anual (IMA)

El valor del incremento o crecimiento medio anual (IMA) expresa la media del crecimiento total a cierta del árbol. Expresa por tanto la media anual del crecimiento para cualquier edad (20).

2.1.12. Biomasa total

La biomasa total consideramos su simplicidad respecto a las otras que utilizan las variables combinadas, la fórmula de Clutter 1992 es la más apropiadas para realizar estimaciones de biomasa (21).

2.1.13. Biomasa

De acuerdo con el IPCC (22), 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 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 (23).

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, residuos de procesos agrícolas y forestales, y de la basura industrial humana o de animales (24).

2.2. Marco referencial

2.2.1. Protocolo de Kyoto

El Protocolo de Kioto es un acuerdo legalmente vinculante que compromete a los países desarrollados y a los países en transición hacia una economía de mercado a alcanzar objetivos cuantificados de reducción de emisiones. Para las negociaciones que condujeron a la adopción de dicho Protocolo fue clave la información proporcionada en el Segundo Informe de Evaluación del IPCC (1995). Las Partes se comprometieron a reducir su emisión colectiva de seis GEI (CO₂, N₂O, CH₄, HFC, PFC, SF₆) hasta al menos un 5% por debajo de los niveles de emisión de 1990 durante el período 2008-2012 (el primer período de compromiso), con objetivos específicos que varían de país en país (25).

2.2.1.1. Protocolo de KIOTO y sumideros de carbono

El Protocolo reconoció el papel de la biomasa y de los suelos como Sumideros de Carbono, autorizando a los países firmantes a descontar de sus emisiones de gases con efecto invernadero la fijación de éstos inducida mediante actividades suplementarias (Art. 3.3, Art. 3.4, Art. 6, y Art. 12). Así, la fijación de carbono en biomasa y en suelos que se derive de actividades agrícolas y forestales puede suponer una importante ayuda a la hora de cumplir con los compromisos de reducción de gases acordados para cada

país. Sin embargo, este es uno de los aspectos más debatidos del Protocolo por las incertidumbres de permanencia de absorción y la escala (25).

2.2.1.3. Estudios sobre rentabilidad de captura de carbono

En general, se determina la rentabilidad de los proyectos de captura de carbono concluyéndose que determinados parámetros, tales como la tasa de descuento, el horizonte de planeación, los precios, el momento en que se producen los ingresos y los costos de certificación, son variables críticas en la rentabilidad del negocio. Según Loguercio (26) el monitoreo de la captura de carbono es aún un costo adicional incierto; el autor utilizó un precio suponer una importante ayuda a la hora de cumplir con los compromisos de reducción de gases acordados para cada país. Sin embargo, este es uno de los aspectos más debatidos del Protocolo por las incertidumbres de permanencia de absorción y la escala.

2.2.2. Melina

2.2.2.1. Taxonomía

La melina presenta la siguiente clasificación taxonómica:

Reino	Plantae
División	Angiospermae
Clase	Eudicotyledoneae
Subclase	Asterid I
Orden	Lamiales
Familia	Lamiaceae
Genero	<i>Gmelina</i>
Especie	<i>arborea</i>
Nombre científico	<i>Gmelina arborea</i> Roxb

2.2.2.2. Descripción

Árbol caducifolio, que alcanza hasta los 30 m de altura y hasta 80 cm de diámetro. El tronco no presenta defectos, casi rectilíneo, tiene copa en forma de cúpula. La gama de colores de la madera va desde blanco grisáceo a marrón amarillento. La madera del duramen y la albura apenas se diferencia entre sí en cuanto al color (27).

2.2.2.3. Corteza

La corteza de color gris pálido-fina y lisa con el paso del tiempo va adquiriendo un tono marrón y se vuelve más rugosa (27).

2.2.2.4. Hojas

Las hojas son grandes, simples, opuestas, ampliamente ovadas, dentadas, usualmente acorazonadas. Las hojas caen entre enero y febrero y las nuevas aparecen en marzo y abril en su hábitat natural (27).

2.2.2.5. Flores

Tiene flores de un color naranja brillante (27).

2.2.2.6. Fruto

Fruto es una drupa ovoide u oblonga, succulento de 2, 3 a 3 cm de largo, amarillo cuando maduro, con un pericarpio coriáceo lustroso, pulpa de sabor dulce y cuesco de textura dura. En plantaciones los arboles empiezan a producir frutos de los tres a cuatro años de edad y la fructificación es regular y abundante cada año (27).

2.2.2.7. Semillas

Un kilogramo contiene entre 1.000 y 1.200 semillas, con una capacidad germinativa mayor al 80% y un tiempo de germinación de 15 a 20 días. Al ser semillas de tipo

ortodoxa deben ser almacenadas con un contenido de humedad de 7 a 8% y una temperatura de 18 °C (viabilidad 1 año) (27).

2.2.2.8. Distribución

Originario del Asia, en especial de la India en el Sub Himalaya, esporádicamente encontrado en el oeste y sur de India, se ha difundido a países del cinturón tropical; es un árbol razonablemente fuerte para su peso. Se cultiva en zonas de vida de bosque húmedo y muy húmedo de la región tropical; bosque húmedo montano bajo de la región subtropical (27).

2.2.2.9. Condiciones edafoclimáticas de crecimiento

Requiere suelos profundos (mínimo 60 cm óptimo 100 cm), bien drenados, franco arcillosos o franco arenosos, neutros o alcalinos (valor de pH de 5 a 6). No tolera suelos inundados, así sea en forma temporal, no tiene éxito en suelos muy ácidos y lixiviados. Se adapta en suelos calcáreos y moderadamente compactados. Esta especie se la puede plantar en altitudes entre 0 a 1000 msnm, con una precipitación promedio anual de 1000 - 4500 mm y una temperatura promedio anual de 24 °C (27).

2.2.3. Terminalia

2.2.3.1. Taxonomía

La terminalia presenta la siguiente descripción taxonómica.

Reino: Plantae

Familia: Combretaceae

Género: *Terminalia*

Especie: *ivorensis*

Nombre científico: *Terminalia ivorensis* A. Chev.

2.2.3.2. Descripción

Es un árbol caducifolio que varía en altura desde los 15 hasta los 46 m, con un diámetro a 1,30 m del suelo. El fuste limpio, muy recto. Su corteza lisa y de color gris claro a café oscuro cuando jóvenes, y a menudo en árboles maduros negruzca, con profundas fisuras longitudinales descascarándose en tiras largas y delgadas.

2.2.3.3. Hojas

Sus hojas son verticiladas, simples, ovaladas, de color naranja-marrón, pubescentes en las venas de arriba y en los tallos cortos. Flores en espigas axilares.

2.2.3.4. Fruto

Su fruto es alado de tamaño variable, sobre todo en el ancho de las alas (28).

2.2.3.5. Ecología y distribución de la especie

Nativa de las regiones tropicales de África occidental, Guinea y Camerún, fue introducida en muchos otros países tropicales como especie de plantación prometedora por su madera, por ejemplo, en América del Sur, Costa Rica y las Islas Salomón (28).

2.2.3.6. Requerimientos climáticos

Esta especie puede ser establecida entre los 0 y 1.200 m de altura. Tolera una temperatura media anual 20 a 33 °C, y una precipitación media anual de 1.250 a 3.000 mm (28).

2.2.3.7. Requerimientos edáficos

Los suelos más adecuados con una textura entre margas (roca sedimentaria compuesta principalmente de calcita y arcillas) arenosas y franco. Los suelos excesivamente secos, tales como arenas gruesas y suelos superficiales sobre roca sólida no son adecuados para esta especie (28).

2.2.4. Referencias de varios trabajos de investigación sobre el tema

En este contexto es cada vez más importante poder cuantificar la fijación de carbono mediante el crecimiento natural de las especies arbóreas. La generación de estas metodologías para estimar la fijación potencial de C, es necesaria para implementar los procesos de valoración económica, definición de línea base, certificación y monitoreo en proyectos de venta de certificados de reducción de emisiones de carbono (29).

Los porcentajes del contenido carbono en la biomasa de las diferentes especies arbóreas del bosque siempre verde, los resultados son más bajos que los valores de 50% utilizados por el IPCC (30). Sin embargo, Segura et al. (31), utilizaron una relación de carbono de 43 y 45% para biomasa de bosques en Costa Rica. A su vez Cubero y Rojas (13), estimaron una relación de 32 a 40% para la biomasa de plantaciones de *Gmelina arborea* Roxb, *Tectona grandis* y *Bombacopsis* en Costa Rica.

En una plantación de *Gmelina arborea*, cuyos fustes crecen a una tasa de 40 m³/ha/año, obviamente acumula más carbono en los fustes por unidad de área y de tiempo que una plantación de melina, en un sitio de bajo rendimiento en el cual rinde 15 m³/ha/año (32).

Los estudios realizados reportados por Cubero y Rojas (13) en una plantación de la finca Garza, nos indica que los resultados son superiores a la zona en tres localidades del litoral ecuatoriano, en comparación a los encontrados por Suatunce et al. (33) en un estudio de banco de especies de la Finca Experimental La Represa de la UTEQ, cantón Quevedo, provincia de Los Ríos son inferiores a estos registros.

Las especies más representativas por Cubero y Rojas fueron superiores a diferencia de la zona de estudio. Estos indica que en las plantaciones del de la empresa SERAGROFORET S.A. fueron menores los registros.

Las especies más representativas por Suatunce et al. fueron inferiores a diferencia de la zona de estudio. Esto indica que en las plantaciones del de la empresa SERAGROFOREST S.A. fueron superiores los registros.

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 Tsáchilas (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 los tres cantones de estudio.

Parámetros	Santo Domingo	Balzar	Valencia
Ubicación geográfica	676500 O 99444400 S	652066 E 9885753 S	693200 E 9907200 S
Altitud	180 msnm.	120 msnm.	220 msnm.
Temperatura media	29° C	27° C	23° C
Humedad relativa	85 %	75 %	90 %
Zona ecológica	bh-t	bs-t	bh-t

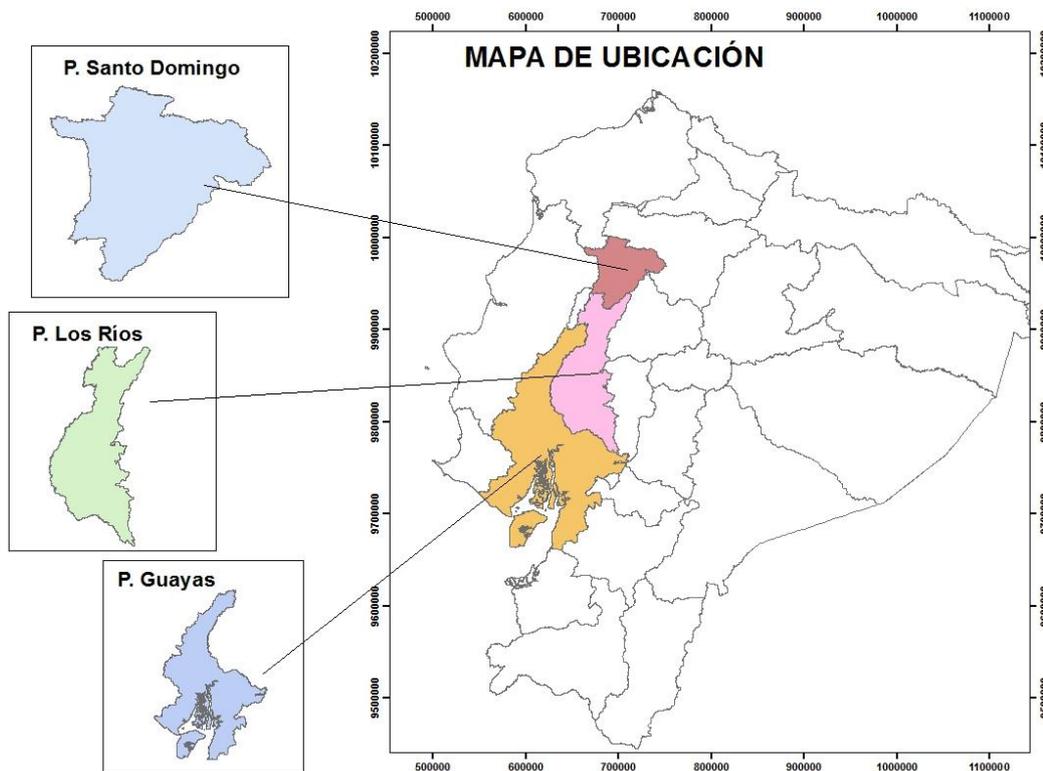


Figura 1. Ubicación de la zona de estudio.

3.1.2. Materiales

3.1.2.1. Materiales de campo

Para la ejecución del presente proyecto de investigación se empleara 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 plantaciones de *G. arborea* y *T. ivorensis* de nueve años de edad, registrando las variables evaluadas en un solo periodo en los cantones de Santo Domingo de Los Colorados hacienda La Palma, cantón Balzar hacienda San Pedro y cantón Valencia, hacienda El Abacá. El estudio contó con 4 unidades de muestreo de ha y 16 parcelas de 500 m². Se utilizó los siguientes métodos de investigación:

3.1.3.1. Analítico

Se aplicó la investigación analítica en la que 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 debido a que su propósito fue determinar la cantidad de carbono acumulado en plantaciones forestales de melina y terminalia en tres cantones

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 completamente al azar con 4 unidades de muestreo en tres cantones.

3.2. Metodología

3.2.1. Determinación del carbono acumulado en plantaciones de melina y terminalia en tres cantones del Litoral ecuatoriano

3.2.1.1. Reconocimiento y selección del área de estudio

Se realizó un previo recorrido 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 los cantones de Santo Domingo de Los Colorados, 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 (melina y terminalia). Se estableció como unidad de muestro parcelas cuadradas de 100 x 100m (10.000 m²), de cada parcela se realizaron subparcelas de 20 m x 25 m (500 m²), 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 (Anexo 13) diseñado para inventarios forestales considerando las variables dasométricas.

3.2.1.5. Registro y datos de las variables cuantitativas

Se registraron 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 parcelas.

- **Diámetro**

El diámetro se registró a 1,30 m desde la base del árbol para esto se utilizó cinta diamétrica, registrando en 1 hoja de campo Anexo 13 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 ya obtenido los datos del diámetro se procedió a calcular el área basal (m²) de cada uno de los árboles mediante la ecuación 1:

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

Dónde:

AB = Área basal en m²

Π = 3,1416

DAP² = Diámetro al cuadrado en cm

- **Volumen**

Se utilizó los datos del área basal y de altura total para calcular el volumen (m³). De cada árbol aplicando la ecuación 2.

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

Donde:

V= volumen (m³)

AB = Área basal (m²)

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 que formula era apropiada para el cálculo de la biomasa para plantaciones en la cual la de Clutter fue la más apropiada para el cálculo de biomasa con la ecuación 4.

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

Donde:

BT = Biomasa total

β_0 = parámetro de regresión

β_i = i-ésimo parámetro de regresión del modelo

DAP = diámetro a la altura del pecho

h = altura del árbol

- **Calculo del CO₂**

Con la biomasa obtenida de Clutter 1992 se multiplico por 0,5 para estimar el contenido de carbono de acuerdo a la norma establecida por la IPCC 2003.

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) y (Figura 2)

$$N = \frac{(n*1Ha)}{ap} \quad 2$$

Dónde:

N = Número de árboles/ha

n = Número de árboles de la unidades de muestreo

ha = 10000 m²

Ap = Área de la parcela (500 m²)

3.2.1.6.2. Cálculo de la media aritmética

Los promedios de las variables se calcularon con la Ecuación 6

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

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

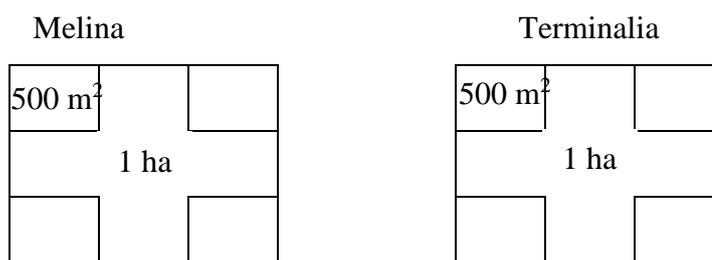


Figura 2. Parcelas y subparcelas de muestreo

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 (a) melina (b) terminalia

Diseño de bloques completamente al azar		
Tratamientos (especie)	Bloque (cantones)	Repeticiones (unidad de muestreo)
Melina	La Palma (Santo Domingo de Los Colorados)	4
	El Abacá (Valencia)	4
	San Pedro (Balzar)	4
Terminalia	La Palma (Santo Domingo de Los Colorados)	4
	El Abacá (Valencia)	4
	San Pedro (Balzar)	4

Para la separación de medias de los tratamientos (sitios) 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 melina y terminalia 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 3).

Cuadro 3. Análisis de varianza del contenido de carbono aéreo en tres cantones del Litoral ecuatoriano 2016-2017 Santo Domingo de Los Colorados, Balzar y Valencia especies: fincas).

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. El mayor promedio para el DAP fue para el cantón Balzar y el menor para el cantón Santo Domingo. El mayor promedio de AT se muestra en el cantón Santo Domingo y menor en el cantón Balzar. El mayor promedio para volumen total fue hacienda. La Palma y el menor para la hacienda. San Pedro (Cuadro 4).

Se obtuvo diferencias significativas en las especies de melina y terminalia, las variables DAP, AT y V. El mejor promedio para el DAP fue para la melina en el cantón Balzar; el mayor promedio para la altura total fue para la melina en cantón Balzar; el mejor promedio para volumen total fue para la melina en cantón Balzar (Cuadro 4).

Además se presentó diferencias significativas para la interacción de localidad por especie para las variables DAP, altura total, área basal.

Cuadro 4. Cuadrados medios de las variables dasométricas en las especies *Gmelina arborea* y *Terminalia ivorensis*.

Fuente de Variación	GL.	DAP		AT		AB		V	
Localidad	3	253.7212	**	92.658488	**	0.00006753	n/s	0.37816889	**
Repetición x Localidad	4	0.8953	n/s	0.364461	n/s	0.00001761	n/s	0.00583202	n/s
Especie	2	6278.2212	**	2440.796916	**	0.15200417	**	35.97581067	**
Localidad x Especie	6	15.3937	*	151.935343	**	0.00495103	**	0.12365415	n/s
Error	12	2.668525		1.630412		0.00005742		0.02713007	

** Altamente significativo

* Significativo

N/s no significativo

El promedio de la melina y terminalia, presentó diferencias significativas entre localidades. El mayor diámetro se obtuvo en la hacienda San Pedro (Balzar) y el menor diámetro en la hacienda La Palma (Sto. Domingo) (Figura 3).

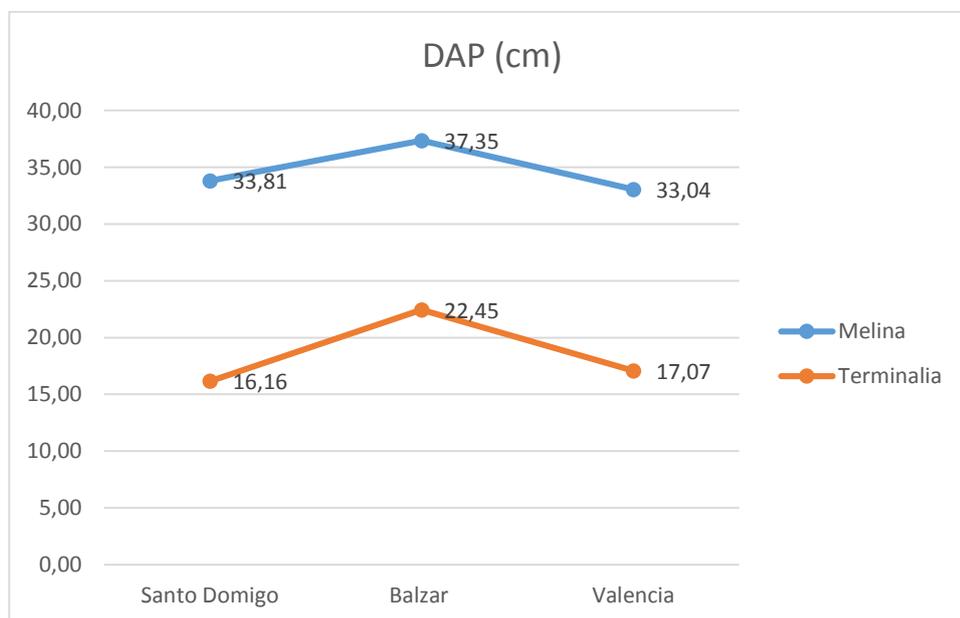


Figura 3. El DAP de las repeticiones (cm), de *Terminalia ivorensis* y *Gmelina arborea* en tres cantones del Litoral ecuatoriano.

La AT de la melina y terminalia, presentó diferencias significativas entre cantones. La mayor altura la obtuvo en el cantón Santo Domingo y la menor en el cantón Balzar (Figura 4).

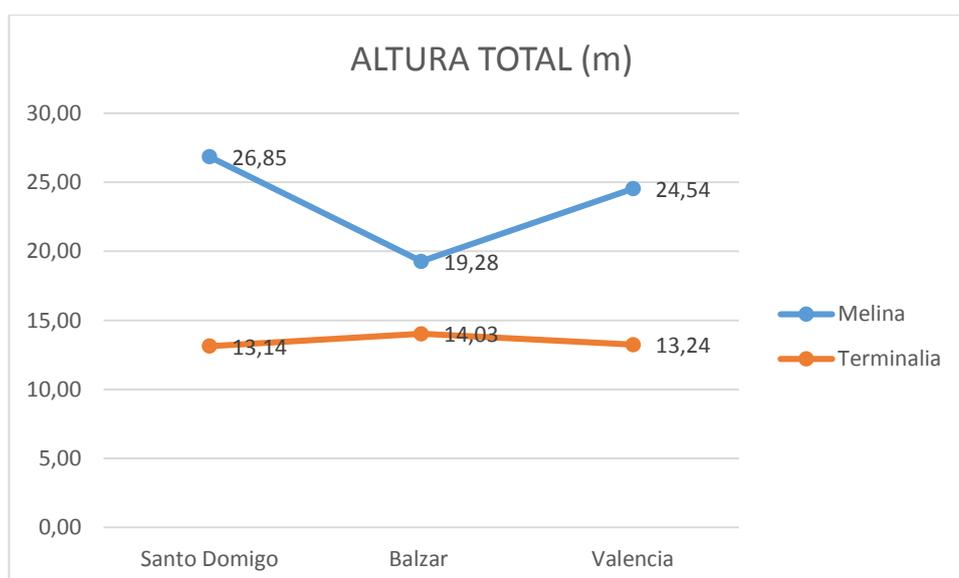


Figura 4. Promedios de altura total (m) de *Terminalia ivorensis* y *Gmelina arborea* en tres cantones del Litoral ecuatoriano 2017.

El AB de la melina y terminalia, presentó diferencias significativas entre cantones, el mayor área basal se obtuvo en el cantón Balzar y el menor en el cantón Valencia (Figura 5).

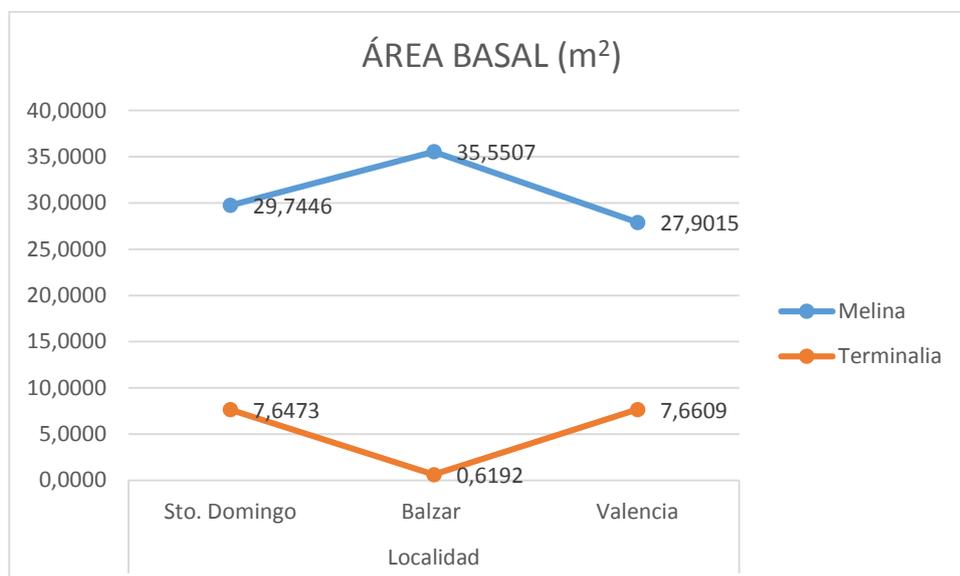


Figura 5. Promedios de área basal (m²) de *Terminalia ivorensis* y *Gmelina arborea* en tres cantones del Litoral ecuatoriano.

La variable volumen total existen diferencias significativas entre cantones, siendo Santo Domingo y Balzar la que demuestra mayor y menor promedio respectivamente (Figura 6).

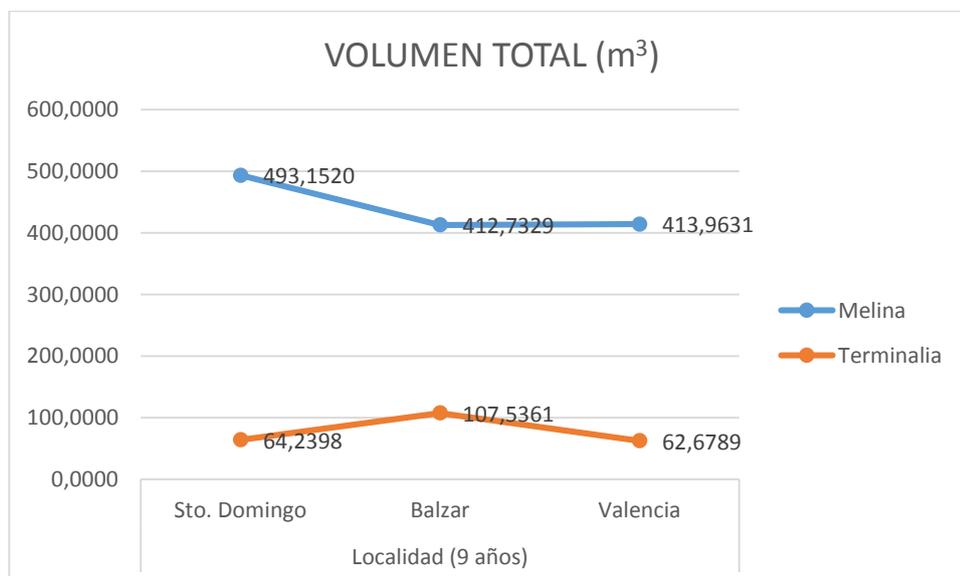


Figura 6. Promedios de volumen (m³) de *Terminalia ivorensis* y *Gmelina arborea* en tres cantones del Litoral ecuatoriano.

4.1.2. Biomasa y contenido de carbono

Las variables dasométricas biomasa, biomasa/ha y carbono/ha presentaron diferencias significativas entre cantones. El mayor promedio para la biomasa fue para el cantón Balzar y el menor cantón Santo Domingo. El mayor promedio para la biomasa/ha fue para el cantón Balzar y el menor cantón Santo Domingo. El mayor promedio para carbono/ha fue cantón Balzar y el menor cantón Santo Domingo (Cuadro 5).

También presentó diferencias significativas entre especies, las variables biomasa, biomasa por hectárea y carbono por hectárea. El mejor promedio para la biomasa fue el cantón Balzar; el mayor promedio para la biomasa/ha fue para la melina en el cantón Balzar; el mayor promedio para el carbono/ha fue para la melina en el cantón Balzar (Cuadro 5).

Además se presentó diferencias significativas para la interacción de localidad por especie para las variables biomasa, biomasa por ha y carbono por hectárea (Cuadro 5).

Cuadro 5. Cuadrados medios de biomasa (kg) biomasa/ha (kg) CO₂/ha (t) de *Gmelina arborea* y *Terminalia ivorensis*.

Fuente de Variación	GL.	Biomasa		Biomasa/ha		Co ₂ /ha	
Localidad	3	30904197,3	**	3,216951800000	**	804237951606	**
Repetición	x	14640,1	n/s	1531662058,3	n/s	382915514,77	n/s
Localidad	4						
Especie	2	177538065,4	**	1,8655503000000	**	4,663875800000	**
Localidad x Especie	6	29281643,9	**	3,061822700000	**	765455679074	**
Error	12	57102,8		5953796970,1		1488449242,5	

** Altamente significativo

* Significativo

N/s no significativo

La biomasa/ha de la melina y terminalia, a los nueve años presentó diferencias significativas entre cantones. La mayor biomasa/ha se obtuvo en el cantón Santo Domingo y la menor en el cantón Valencia (Figura 7).

La biomasa/ha de la melina y terminalia, a los doce años presentó diferencias significativas entre cantones. La mayor biomasa/ha se obtuvo en el cantón Santo Domingo y la menor en el cantón Valencia (Figura 7).

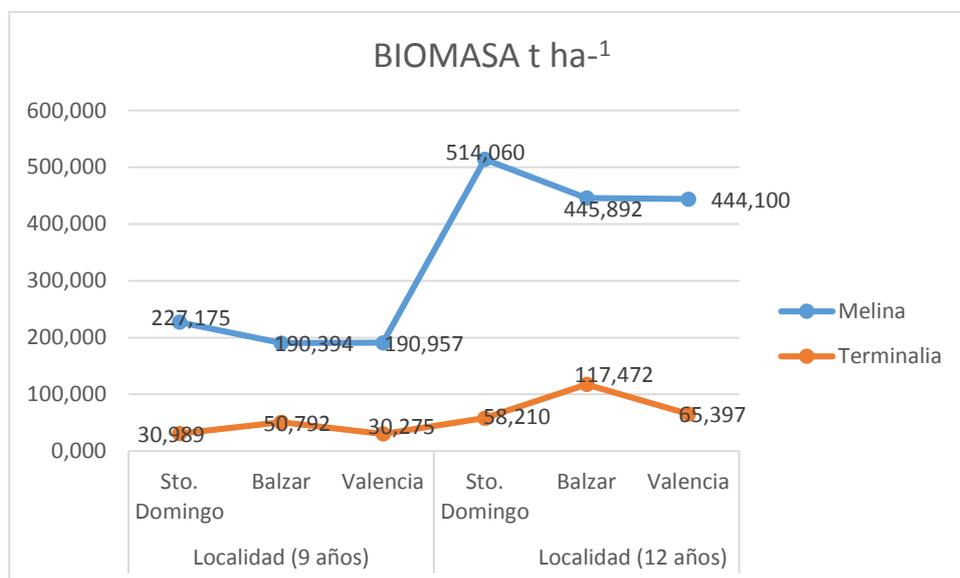


Figura 7. Promedios de biomasa/ha (t) de *Terminalia ivorensis* y *Gmelina arborea* en tres cantones del Litoral ecuatoriano.

El IMA/DAP de la melina y terminalia, presento diferencias significativas entre cantones. La mayor IMA/DAP se obtuvo en el cantón Balzar y el menor en el cantón Balzar (Figura 8).

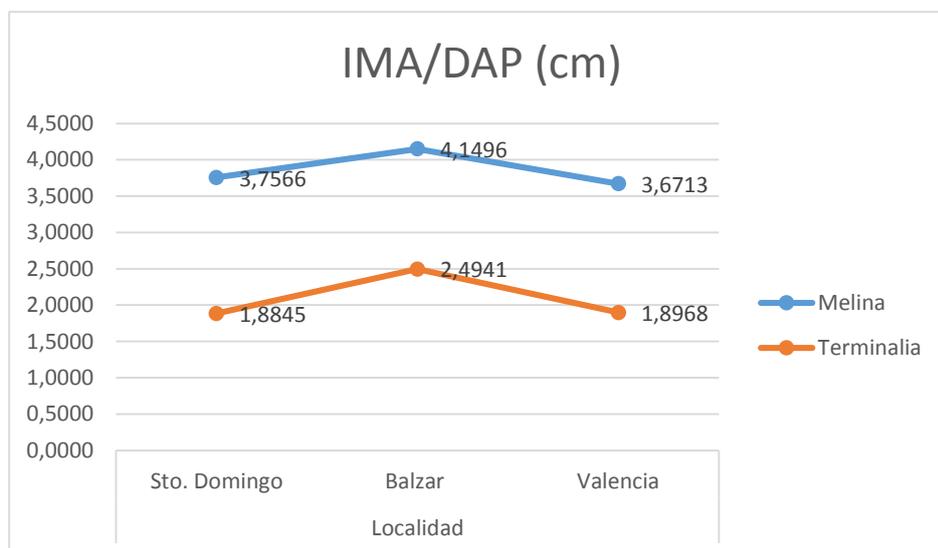


Figura 8. Promedios del IMA/DAP de *Terminalia ivorensis* y *Gmelina arborea* en tres cantones del Litoral ecuatoriano.

El IMA/AT de la melina y terminalia, presentó diferencias significativas entre cantones. El mayor IMA/AT se obtuvo en el cantón Santo Domingo y el menor en el cantón Valencia (Figura 9).

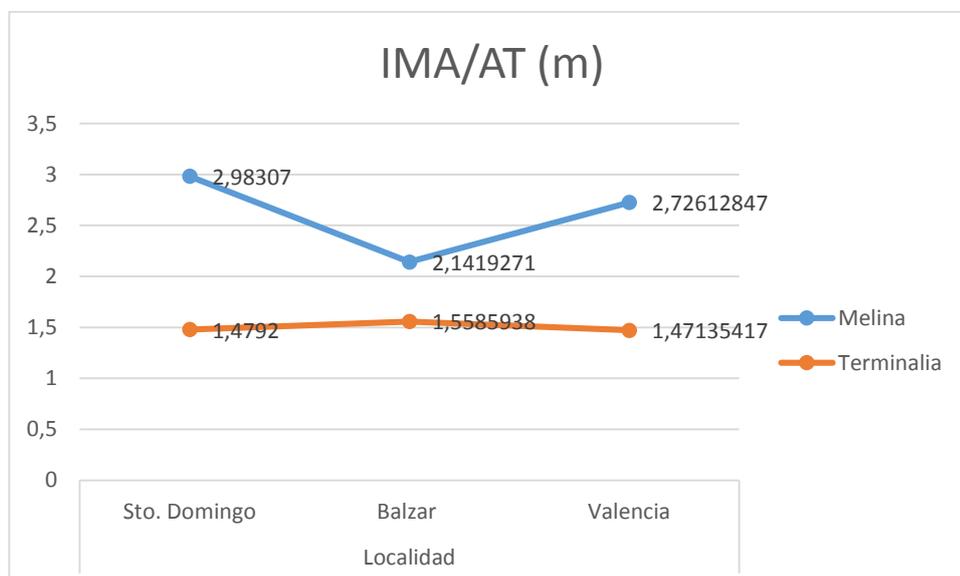


Figura 9. Promedios del IMA/AT de *Terminalia ivorensis* y *Gmelina arborea* en tres cantones del Litoral ecuatoriano.

El Índice Medio Anual (IMA) en plantaciones de melina y terminalia, presentó diferencias significativas entre cantones. El mayor IMA se obtuvo en el cantón Santo Domingo y el menor en el cantón Balzar (Figura 10).

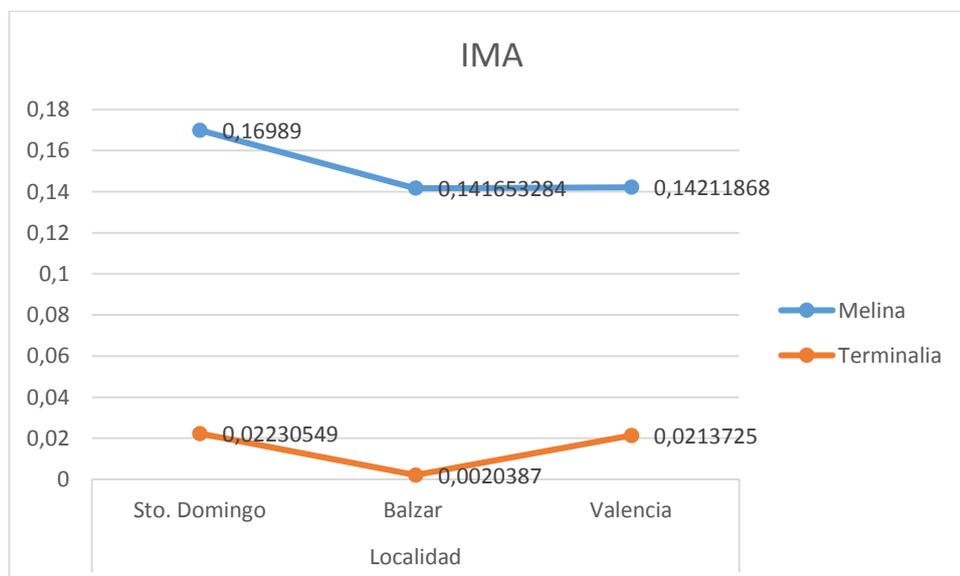


Figura 10. Promedios del Índice Medio Anual (IMA) en plantaciones de *Terminalia ivorensis* y *Gmelina arborea* en tres cantones del Litoral ecuatoriano.

4.1.3. Proyección del IMA y contenido de carbono

El IMA/VOL a lo nueve años de la melina y terminalia, presentó diferencias significativas entre cantones. El mayor IMA/VOL se obtuvo en el cantón Santo Domingo y el menor en el cantón Balzar (Figura 11).

El IMA/VOLT a los doce años de la melina y terminalia, presentó diferencias significativas entre localidades. La mayor IMA/VOLT se obtuvo en el cantón Santo Domingo y el menor en el cantón Balzar (Figura 11)

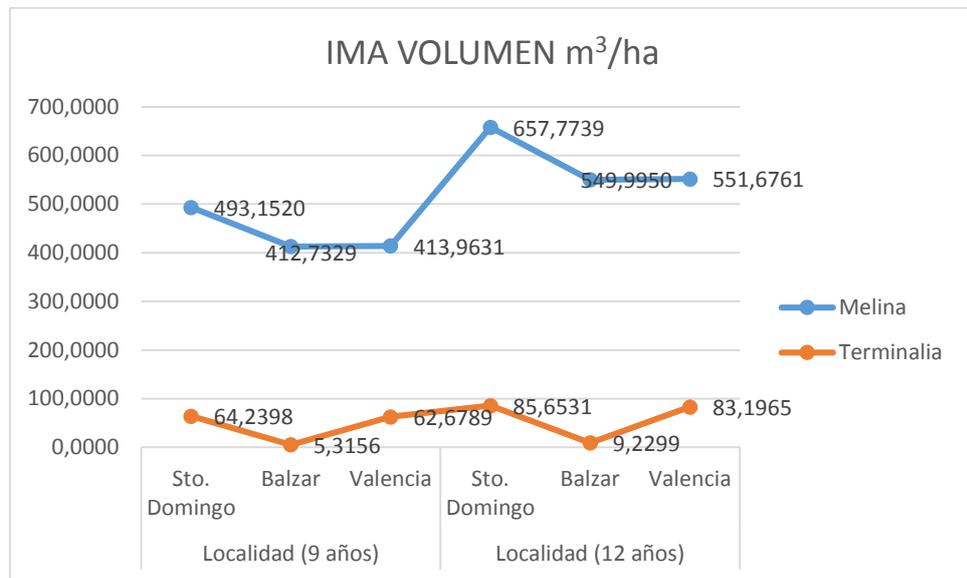


Figura 11. Promedios del IMA/VOL de *Terminalia ivorensis* y *Gmelina arborea* en tres cantones del Litoral ecuatoriano.

El IMA/AB a los nueve años de la melina y terminalia, presentó diferencias significativas entre cantones. El mayor IMA/AB se obtuvo en el cantón Balzar y el menor en el cantón Balzar (Figura 12).

El IMA/AB a los doce años de la melina y terminalia, presento diferencias significativas entre localidades. El mayor IMA/AB se obtuvo en el cantón Balzar y el menor en el cantón Balzar (Figura 12).

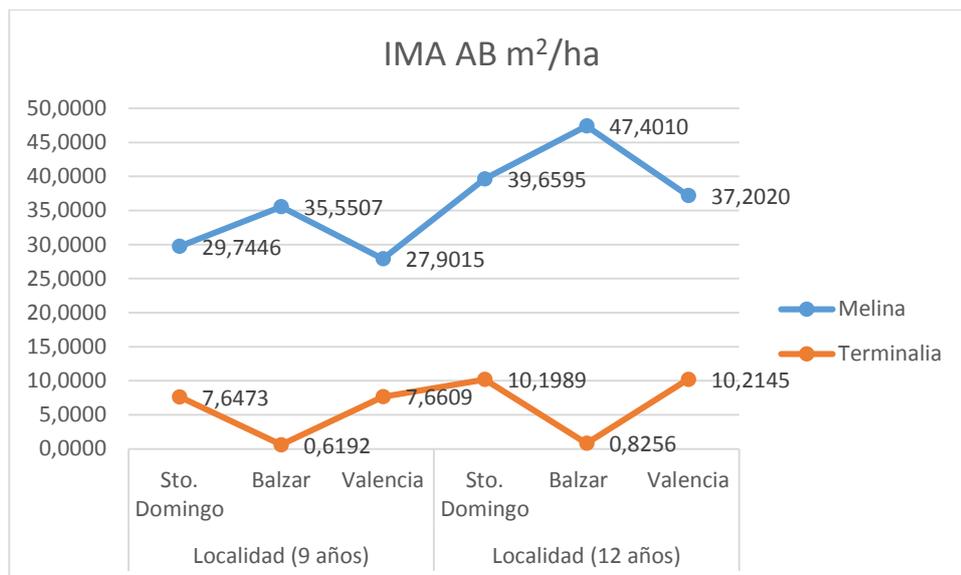


Figura 12. Promedios del IMA/AB a los nueve y doce años de edad de *Terminalia ivorensis* y *Gmelina arborea* en tres cantones del Litoral ecuatoriano.

El $\text{CO}_2/\text{t}/\text{ha}^{-1}$ de la melina y terminalia, a los nueve años presentó diferencias significativas entre cantones. El mayor $\text{CO}_2/\text{t}/\text{ha}^{-1}$ se obtuvo en el cantón Santo Domingo y el menor en el cantón Balzar (Figura 13).

El $\text{CO}_2/\text{t}/\text{ha}^{-1}$ de la melina y terminalia, a los doce años presentó diferencias significativas entre cantones. El mayor $\text{CO}_2/\text{t}/\text{ha}^{-1}$ se obtuvo en el cantón Domingo y el menor en el cantón Valencia (Figura 13).

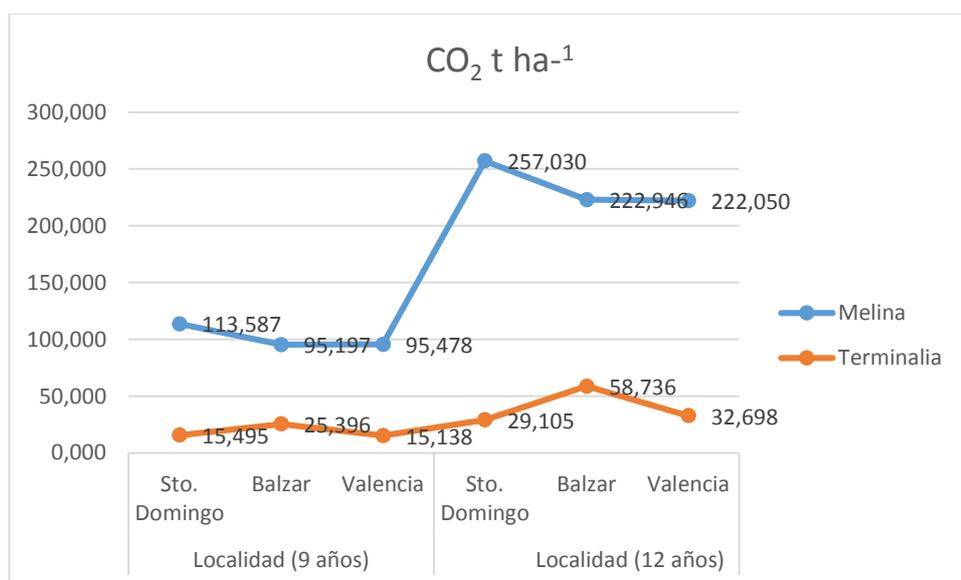


Figura 13. Promedios de $\text{CO}_2/\text{t}/\text{ha}^{-1}$ de *Terminalia ivorensis* y *Gmelina arborea* en tres cantones del Litoral ecuatoriano.

4.2. Discusión

4.2.1. Variables dasométricas

El mejor promedio del DAP encontrado en el cantón Balzar fue 37,35 al obtenido en Valencia con 33,04 para la especie melina y la terminalia en el cantón Balzar 22,45 al obtenido en Santo Domingo con 16,16. Los promedios del DAP registrado en este estudio, en Santo Domingo, Balzar y Valencia fueron superiores a los reportados por Suatunce et al (33) en una plantación de melina de 11 años de edad con 31,35 DAP (cm) en Quevedo, Los Ríos.

La altura total de la melina a los nueve años en el cantón Santo Domingo fue 26,85 mayor al obtenido en Balzar con 19,28, y en la terminalia en Balzar fue 14,03 mayor al obtenido en Santo Domingo con 13,14. El promedio de la altura total registrado en este estudio, en Santo Domingo, Balzar y Valencia fueron superiores a los reportados por Suatunce et al (33) en una plantación de melina de 11 años de edad con 22,60 AT en Quevedo, Los Ríos.

El área basal de la melina a los nueve años en Balzar fue 35,55 mayor al obtenido en Valencia con 27,90, y en la terminalia en Valencia fue 7,66 mayor al obtenido en Balzar de 0,619. El área basal en Santo Domingo, Balzar y Valencia fueron superiores a los reportados por Cubero y Rojas con 16,31 (13) en una plantación de melina de 8 años de edad en Hojancha Guanacaste.

El promedio del volumen total de la melina en Santo Domingo fue mayor al obtenido en Balzar, y en la terminalia en Santo Domingo fue mayor al obtenido en Balzar. El volumen total en Santo Domingo, Balzar y Valencia fueron superiores a los reportados por Suatunce et al (33) en una plantación de melina de 11 años de edad en Quevedo, Los Ríos.

El promedio de la biomasa/ha de la melina en Santo Domingo fue 227,17 mayor al obtenido Balzar con 190,39 y en la terminalia en Balzar fue 50,79 mayor al obtenido en Valencia con 30,27. Los promedios del biomasa/ha registrado, en Santo Domingo,

Balzar y Valencia fueron superiores a los reportados por Gómez et al con 73,50 (34) en una plantación de hule de 9 años de edad en Argentina.

4.3. Proyección Índice Medio Anual (IMA), volumen total (VT) y área basal (AB)

El promedio del IMA/VOLT de la melina, a los doce años, encontrado en este estudio en el cantón Santo Domingo fue 657,77 mayor al promedio obtenido en Balzar con 549,99 y en la terminalia en Santo Domingo fue 85,65 mayor al promedio obtenido en Balzar con 9,22. Los promedios del IMA/VOLT registrado en este estudio, en Santo Domingo, Balzar y Valencia fueron superiores a los reportados por Cubero y Rojas 246, 81 (13) en una plantación de melina de 8 años de edad en Hojancha Guanacaste.

El promedio del IMA/AB de la melina, a los doce años, encontrado en este estudio en el cantón Balzar fue 47,40 mayor al promedio obtenido en Valencia con 37,20 y en la terminalia en Valencia fue 10,21 mayor al promedio obtenido en Balzar con 0,8556. Los promedios del IMA/AB registrado en este estudio, en Santo Domingo, Balzar y Valencia fueron inferiores a los reportados por Cubero y Rojas con 20,55 (13) en una plantación de melina de 8 años de edad en Hojancha Guanacaste.

4.4. Contenido de Carbono en la biomasa aérea

El contenido de carbono difiere entre cantones por cuanto el carbono almacenado esta en relación directa con la cantidad de biomasa de las plantaciones. El mayor contenido de carbono se registró en el cantón Balzar, mientras que el menor fue en el cantón Santo Domingo esto es debido a la mayor cantidad de biomasa. El promedio del carbono fijado encontrado en un estudio en plantaciones forestales de Costa Rica en melina se encontró un promedio de 8,2 t/ha⁻¹. Mientras que el carbono fijado al año es de 387 604,0 CO₂ t/ha⁻¹ (13).

El promedio de carbono/ha de la melina, a los nueve años, encontrado en este estudio en el cantón Santo Domingo fue 113,58 mayor al promedio obtenido en Balzar con 95,19 y en la terminalia en Balzar fue 25,39 mayor al promedio obtenido en Valencia

con 15,13. Los promedios del carbono/ha registrado en este estudio, en Santo Domingo, Balzar y Valencia fueron superiores a los reportados por Gómez et al con 3,579 CO₂ t ha⁻¹ (34) en una plantación de hule de 9 años de edad en Argentina.

El promedio de carbono/ha de la melina, a los doce años, encontrado en este estudio en el cantón Santo Domingo fue 257,03 mayor al promedio obtenido en Valencia con 222,05 y en la terminalia en Balzar fue 58,73 mayor al promedio obtenido en Santo Domingo con 29,10. Los promedios del carbono/ha registrado en este estudio, en Santo Domingo, Balzar y Valencia fueron inferiores a los reportados por Cubero et al con 516,0 (13) en una plantación de 10 años de edad en melina en Hojanca, Costa Rica.

CAPÍTULO V
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- El DAP, la altura total, área basal, biomasa y volumen presentaron diferencias significativas presentando los mayores promedios de DAP, área basal y biomasa el cantón Balzar y la altura total y volumen el cantón Santo Domingo.
- La cantidad de biomasa aérea que aportan las plantaciones de melina fue de 227 t/ha⁻¹ y terminalia 50 t/ha⁻¹ presentando diferencias significativas y el mayor volumen total fue para el cantón Balzar.
- Existen diferencias significativas en la cantidad de carbono que aportan las plantaciones de melina y terminalia presentando la melina los mayores promedios con 113,58 CO₂/t/ha⁻¹.

5.2. Recomendaciones

- Continuar con estudios sobre el área temática de servicios ecosistémicos que las plantaciones forestales brindan al ambiental, naturaleza y al hombre.
- Que las instituciones encargadas a nivel público como privadas promuevan la dotación de incentivos ambientales a la siembra de las plantaciones como versa la política ambiental en el Ecuador.
- De acuerdo a la melina tiene mayor adaptación al cambio deseado a las características propias de la especie.
- Desde el punto de vista agronómico y aprovechamiento se recomienda sembrar la especie melina ya que su comportamiento de crecimiento y producción es mejor que la especie terminalia, sin embargo desde el punto de vista de mercado esta última tiene mayor valor económico debido a la calidad de la madera.

CAPÍTULO VI
BIBLIOGRAFÍA

6.1. BIBLIOGRAFÍA

1. FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). Forest resources assessment 1990 tropical countries. FAO Forestry paper 112. FAO. Rome, Italy. 59 p. 1993.
2. Brown, S.; Lugo, A. 1992. Aboveground biomass estimates for tropical moist forest of the Brazilian Amazon. *Interciencia*. 17 (1): 8-18.
3. Altieri, M. Agroecología. Bases para una agricultura sustentable. CLADES. CIED. Secretariado Rural Perú. Lima, Perú. 511 p. 1999.
4. Kanninen, M.; Mery, G. Proyectos de mitigación. Actividades y energéticas que mitigan y actividades elegibles en el MDL. Curso Internacional de Cambio Climático en los sectores forestales y energéticos. Cartago, Costa Rica. 35 p. 2002.
5. Derek, E.; McGuinness, K.; Burrows, W. Review of allometric relationships for estimating woody biomass for Queensland, the northern territory and western Australia. Technical report N° 5. National Carbon accounting system. Canberra, Australia. 56 p. 2000.
6. IPCC. (Intergovernmental Panel on Climate Change). Uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura. Informe Especial del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. In: Watson, R.; Verardo, D. (Eds.) Cambridge University Press. Cambridge, Reino Unido. 377 p. 2000.
7. Snowdon P.; Raison, H.; Keith, K.; Montagu, H.; Bi, P.; Ritson, P.; Grieson, M.; Adams, W.; Burrows, D.; Derek, E. Protocol for sampling tree and stand biomass. National Carbon Accounting System Technical report, no 31. Australian Greenhouse Office, Canberra, Australia. 114 p. 2001.
8. IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). Resumen Técnico. Cambio Climático 2007: 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.
9. Larios Martón, J. Calentamiento Global: al borde del Límite. Españas. Editores Sociedad de Estudios Transnacionales. 2008.
10. Schlegel, B. Estimación de biomasa y carbono en bosques del tipo forestal siempre verde. In: Simposio Internacional Medición y Monitoreo de la Captura de Carbono en Ecosistemas Forestales. Valdivia, Chile. 13 p. 2001.

11. Masera, O; Cerón, A; Ordóñez, A. 2001. 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.
12. Kanninen, M.; Montero M. Biomasa y Carbono en plantaciones de Terminalia amazonia en la zona Sur de Costa Rica. Seminario – Taller Internacional: “Herramientas para la Evaluación de Biomasa y el Monitoreo del Secuestro de Carbono en Proyectos Forestales. 2007.
13. Cubero, J.; Rojas, S. Fijación de carbono en plantaciones de melina (*Gmelina arborea* Roxb.), teca (*Tectona grandis* L.f.) y pochote (*Bombacopsis quitana* Jacq.) en los cantones de Hojancha y Nicoya, Guanacaste, Costa Rica. Tesis de Ing. For. Universidad Nacional. Heredia, Costa Rica. 93 p. 1999.
14. Centeno, J. 1992. El efecto Invernadero. *PLANIUC*. 18 (19): 75-96.
15. PNUD. Protocolo de Kyoto para la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático. Kyoto, Japón. p 2 - 4. 1997.
16. Pérez, E.; Ruiz, C.; Reyes, F.; Lopez, j.; Calero, C. Potencial de plantación y fijación de carbono. Tomo II. MAGFOR – PROFOR. Managua, Nicaragua. 15, 16, 18, 165 p. 2005.
17. Cuéllar, N., Rosa, H., González., M. 1999. Los servicios ambientales del agro: El caso de café sombra en El Salvador. *PRISMA*. 34:(1)-16.
18. Segura, M.; Kanninen, M.; Alfaro, M.; Campos, J. 1999. Almacenamiento y fijación de carbono en bosques de bajura de la zona atlántica de Costa Rica. *Revista Forestal Centroamericana*. 23-28.
19. Suatunce, P. Texto guía de la escuela forestal: Mensura forestal. 1 ed. Ecuador. 2011.
20. Imaña, J.; Encimas, O. 2008. Mensura Forestal. Dasometria. Edad y crecimiento de los árboles. *FINATEC*. Mérida Venezuela. 66 p.
21. Clutter, J.; Forston, J.; Pienaar, L.; Brister, G.; Bailey, R. 1992. *Timber Management. A quantitative approach*. Krieger Publishing Company. Malabar, Florida. 7 p.
22. IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). *Climate Change 2001: Glosario de términos. Anexo B. Mitigation. Contribution of Working Group III to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. In: Metz, B.; Davidson, O.; Swart, R.; Pan, J. (Eds.). *Climate Change 2001:*

- Synthesis Report. Cambridge University Press. Cambridge, United Kingdom. 52 p. 2001.
23. 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.
 24. López, D; Soto, L; Jiménez, G; Hernández, S. 2003. 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.
 25. Camps Arbestain, M.; Pinto M. 2004. Los sumideros de carbono en el marco del Protocolo de Kioto. *EDAFOLOGIA*. 11 (1): 27-36.
 26. Loguercio, G. 2002. Fijación de carbono: un beneficio adicional para proyectos forestal en Patagonia. Área de Gestión Ambiental. CIEFAP Patagonia Forestal, Año VIII, n.2, pp.7-10.
 27. Murillo, O.; Rojas, F.; Arias, D.; Moya, R.; Meza, A.; Arguedas, M. Manual para Productores de Melina *Gmelina arborea* en Costa Rica. Cartago, Costa Rica. 65 p. 2004.
 28. Lamb, A.; Ntima, O. *Terminalia ivorensis*. Fast Growing Timber Trees of the Lowland Tropics 5. Commonwealth Forestry Institute. Oxford, England. 72 p. 1971.
 29. Benitez, P., Olschewski, R., De Koning, F. Lopez, M. 2001. Análisis costo beneficio de usos del suelo y fijación carbono en sistemas forestales de Ecuador Noroccidental. Informe TWF-30s del Programa de Apoyo Ecológico (TÖB) de la Cooperación Técnica Alemana GTZ. Eschborn, Alemania. 82 p. 4
 30. IPCC. (Intergovernmental Panel on Climate Change). Report of the twelfth session of the intergovernmental panel on climate change. Reference manual and work book of the IPCC 1996 revised guidelines for national greenhouse gas inventories. Mexico City. 1996.
 31. Segura, M.; Kanninen, M.; Alfaro, M.; Campos, J. 1999. Almacenamiento y fijación de carbono en bosques de bajura de la zona atlántica de Costa Rica. *Revista Forestal Centroamericana*. 23-28.
 32. Alfaro, M. 1997. ¿Cómo cuantificar el carbono fijado en los proyectos de Implementación Conjunta?. *AMBIEN-TICO*. Costa Rica. (53): 5 – 10

33. Suatunce, P.; Díaz, G.; García, L. 2009. Crecimiento de especies arbóreas tropicales en la colección de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Científica y Tecnológica. 2 (2): 1-7.
34. Gómez, A.; Zavala, J.; Martínez P.; López, L.; Domínguez, M.; 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.
35. Zamora, J. Quiroz. 2000. Terminología forestal de uso común en Centro América. Manejo forestal tropical. CATIE. Unidad de manejo de bosques naturales. N 14. Junio, 2000. Turrialba, Costa Rica. 80 p.
36. Medina, C. 2006. Indicadores de impactos de los sistemas forestales y agroforestales. POSAF II, pp 1. 28 p.
37. Segura, M. Valoración del servicio de fijación y almacenamiento de carbono en bosques privados en el área de conservación cordillera volcánica central de Costa Rica. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 132 p. 1999.

GLOSARIO

Biomasa.-El total de materia orgánica seca o el contenido almacenado de energía de los organismos vivos (35).

Biomasa aérea: Es la que conforma las estructuras leñosas aéreas de especies frutales, maderables y otros árboles y arbustos del sistema productivo (36).

Hojarasca: Se refiere a la materia orgánica que se encuentra en diferentes procesos de descomposición (36).

Carbono fijado: Se refiere a la cantidad de carbono que una unidad de área cubierta por vegetación tiene la capacidad de captar en un período de tiempo determinado (37).

Almacenamiento de carbono: Se refiere a la capacidad del bosque para mantener una determinada cantidad promedio de carbono por hectárea, que será liberado gradualmente a la atmósfera en un tiempo determinado. La unidad de medida es megagramo de carbono (Mg C). Ejemplo: Carbono en suelo forestales (16).

El Dióxido de carbono: Gas producido naturalmente, también es un derivado de la quema de combustibles fósiles y de la biomasa, así como de los cambios de uso de suelo y otros procesos industriales (21).

Ecosistemas forestales.- son un reservorio considerable de carbono y contienen más del 80% del carbono global de la superficie. Sin embargo, cuando los bosques están maduros no ocurre asimilación neta de carbono, debido a que se encuentran saturados (13).

ANEXOS

Anexo 1. Variables dasométricas

Cuadro 1. Correlación entre las especies y localidades del DAP en las tres cantones del Litoral ecuatoriano 2016-2017.

DAP (cm)				
Tratamientos	Localidad			Promedio especie
	Sto. Domingo	Balzar	Valencia	
Melina	33,80	37,34	33,04	34,7326 a
Terminalia	16,15	22,44	17,07	18,5588 b
Localidad Cv%	24,9834 b	29,8968 a	25,0568 b	6,130685

Cuadro 2. Correlación entre las especies y localidades de la AT en las tres cantones del Litoral ecuatoriano 2016-2017.

Altura Total (m)				
Tratamientos	Localidad			Promedio especie
	Sto. Domingo	Balzar	Valencia	
Melina	26,8476563	19,2773438	24,5351563	23,5534 a
Terminalia	13,1367188	14,0273438	13,2421875	13,4688 b
Localidad Cv%	19,9922 a	16,6523 c	18,8887 b	6,897905

Cuadro 3. Correlación entre las especies y localidades del AB en las tres cantones del Litoral ecuatoriano 2016-2017.

Área Basal (m²)				
Tratamientos	Localidad			Promedio especie
	Sto. Domingo	Balzar	Valencia	
Melina	0,09207500	0,11005625	0,08638750	0,096173 a
Terminalia	0,02390000	0,00193750	0,02393125	0,016590 b
Localidad Cv%	0,057988 a	0,055997 a	0,055159 a	13,43994

Cuadro 4. Correlación entre las especies y localidades del VT en las tres cantones del Litoral ecuatoriano 2016-2017.

Volumen Total (m³)				
Tratamientos	Localidad			Promedio especie
	Sto. Domingo	Balzar	Valencia	
Melina	1,52679375	1,27783125	1,28160625	1,36208 a
Terminalia	0,20075625	0,01660625	0,19586875	0,13774 b
Localidad Cv%	0,86377 a	0,64722 b	0,73874 b	21,96423

Anexo 2. Variables de contenido de carbono acumulado en tres cantones del Litoral ecuatoriano

Cuadro 5. Correlación entre las especies y localidades de la Biomasa Tm/ha⁻¹ en los tres cantones del Litoral ecuatoriano 2016-2017.

Biomasa Tm ha⁻¹							
Tratamientos	Localidad			Localidad			Promedio especie
	Sto. Domingo	Balzar	Valencia	Sto. Domingo	Balzar	Valencia	
Melina	227,175	190,394	190,957	514,060	445,892	444,100	335,429
Terminalia	30,989	50,792	30,275	58,210	117,472	65,397	58,855
Promedio localidad	129,082	120,592	110,615	286,135	281,681	254,748	

Cuadro 6. Correlación entre las especies y localidades del CO₂Tm/ha⁻¹ en los tres cantones del Litoral ecuatoriano 2016-2017.

CO₂ Tm/ha⁻¹							
Tratamientos	Localidad			Localidad			Promedio especie
	Sto. Domingo	Balzar	Valencia	Sto. Domingo	Balzar	Valencia	
Melina	113,587	95,197	95,478	257,030	222,946	222,050	167,715
Terminalia	15,495	25,396	15,138	29,105	58,736	32,698	29,428
Promedio localidad	64,541	60,296	55,3079	143,0675	140,8408	127,3742	

Cuadro 7. Correlación entre las especies y localidades del IMA/DAP en los tres cantones del Litoral ecuatoriano 2016-2017.

IMA/DAP				
Tratamientos	Localidad			Promedio especie
	Sto. Domingo	Balzar	Valencia	
Melina	3,75657	4,1496239	3,67133122	3,85918
Terminalia	1,88448425	2,4941124	1,89684065	2,09181243
Promedio	2,82052856	3,3218681	2,78408594	
localidad				

Cuadro 8. Correlación entre las especies y localidades del ima/at en los tres cantones del Litoral ecuatoriano 2016-2017.

Ima/At				
Tratamientos	Localidad			Promedio especie
	Sto. Domingo	Balzar	Valencia	
Melina	2,98307	2,1419271	2,72612847	2,61704
Terminalia	1,4792	1,5585938	1,47135417	1,50303819
Promedio	2,23111979	1,8502604	2,09874132	
localidad				

Cuadro 9. Correlación entre las especies y localidades del Ima en los tres cantones del Litoral ecuatoriano 2016-2017.

IMA				
Tratamientos	Localidad			Promedio especie
	Sto. Domingo	Balzar	Valencia	
Melina	0,16989	0,141653284	0,14211868	0,15122
Terminalia	0,02230549	0,0020387	0,0213725	0,0152389
Promedio	0,09609697	0,071846	0,08174559	
localidad				

Cuadro 10. Correlación entre las especies y localidades del IMA/V en los tres cantones del Litoral ecuatoriano 2016-2017.

IMA/VOLT						
	Localidad (9 años)			Localidad (12 años)		
	Sto. Domingo	Balzar	Valencia	Sto. Domingo	Balzar	Valencia
Melina	493,1520	412,7329	413,9631	657,7739	549,9950	551,6761
Terminalia	64,2398	5,3156	62,6789	85,6531	9,2299	83,1965
Promedio	278,6959	209,0243	238,3210	371,7135	279,6124	317,4363
localidad						

Cuadro 11. Correlación entre las especies y localidades del Ima/AB en los tres cantones del Litoral ecuatoriano 2016-2017.

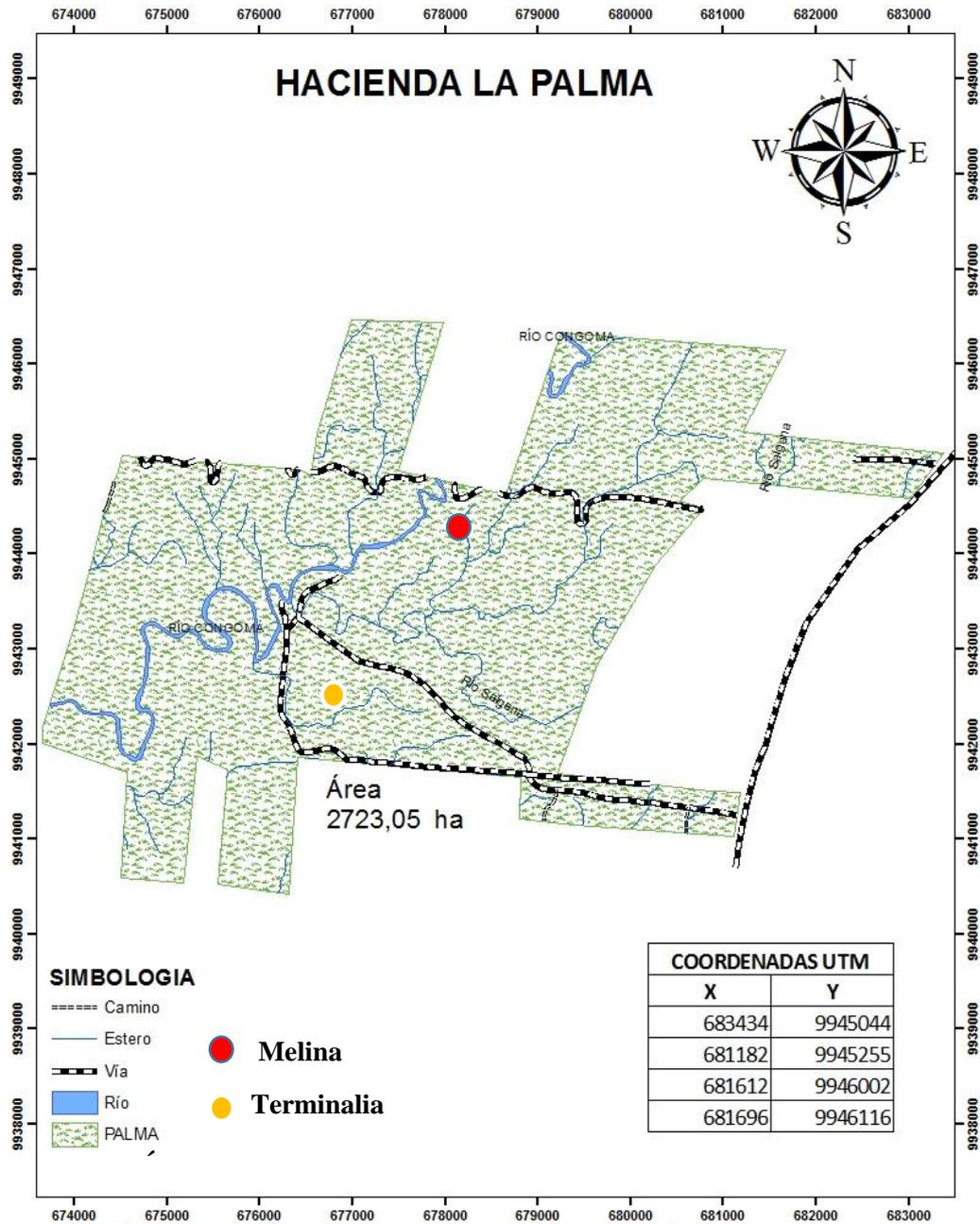
IMA/AB						
Tratamientos	Localidad (9 años)			Localidad (12 años)		
	Sto. Domingo	Balzar	Valencia	Sto. Domingo	Balzar	Valencia
Melina	29,7446	35,5507	27,9015	39,6595	47,4010	37,2020
Terminalia	7,6473	0,6192	7,6609	10,1989	0,8256	10,2145
Promedio	18,6960	18,0850	17,7812	24,9292	24,1133	23,7083
localidad						

Cuadro 12. Formulario de campo

Provincia: **HOJA DE REGISTRO DE INVENTARIO FORESTAL** Propietario: _____
 Cantón: _____ Coordinadas: _____
 Sector: _____ Fecha de medición: _____

Especie	Unidad de muestreo	Parcela	Nº Árbol	Diámetro (cm)	Altura comercial (m)	Altura Total (m)

Anexo 3. Mapa de ubicación de las parcelas ubicadas en el Cantón Santo Domingo



REGULACIÓN DE LA TENENCIA DE LA TIERRA Y CATASTRO



Sistema de Referencia

Datum: WGS 84
 Coordenadas UTM
 Zona 17 Sur

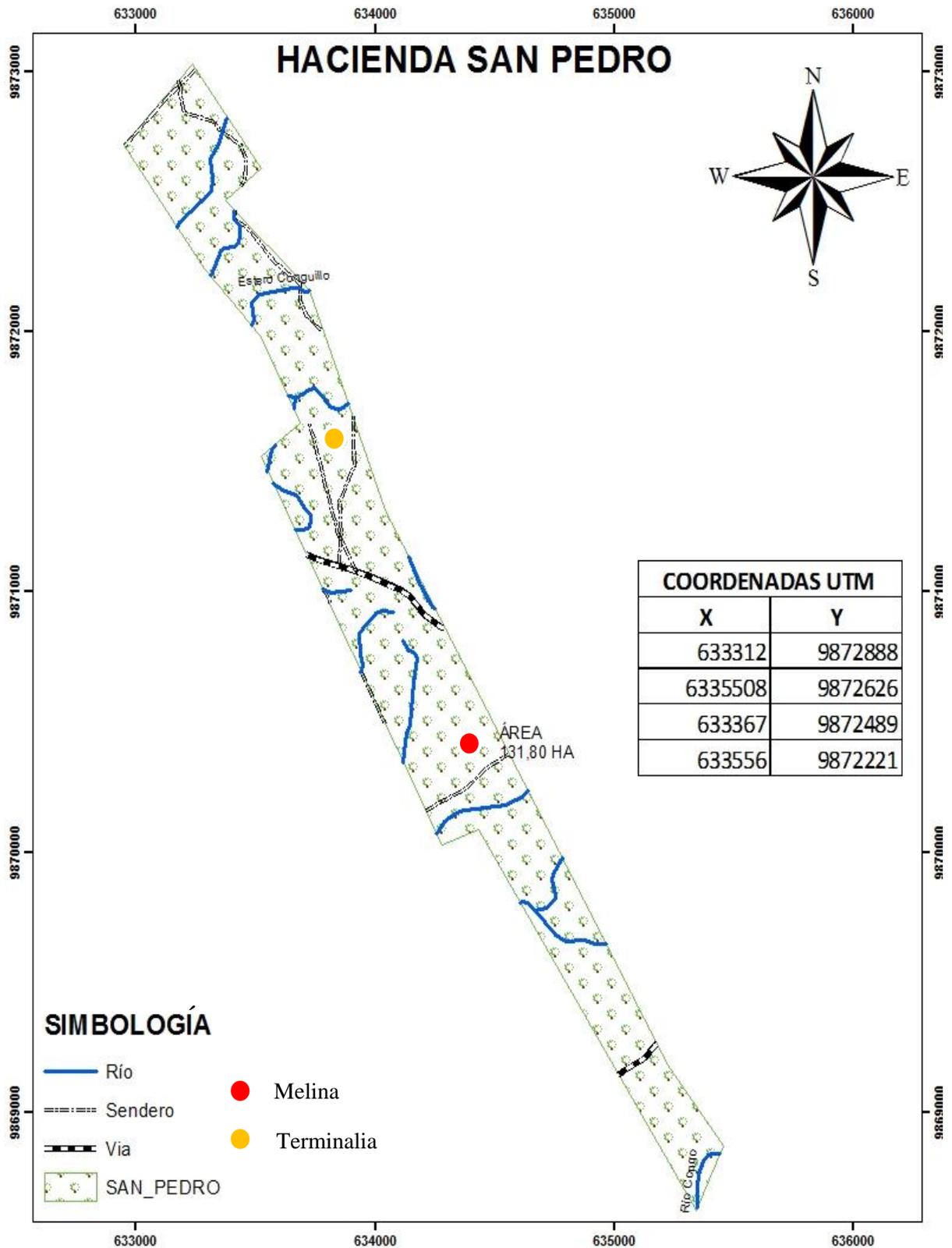
Propietario:
 SERAGROFOREST S.A.
 Área
 2723,05 ha

Provincia	Cantón	Parroquia	Sector
Santo Domingo	Santo Domingo	Luz De América	Hacienda La Palma

Elaborado por:
 Doris Puente
 German Puente
 Escala:
 1:2500

Revisado y aprobado por:
 Ing. Darwin Salvatierra
 Fecha:
 18 de Febrero del 2017

Anexo 4. Mapa de ubicación de las parcelas ubicadas en el Cantón Balzar



REGULACIÓN DE LA TENENCIA DE LA TIERRA Y CATASTRO



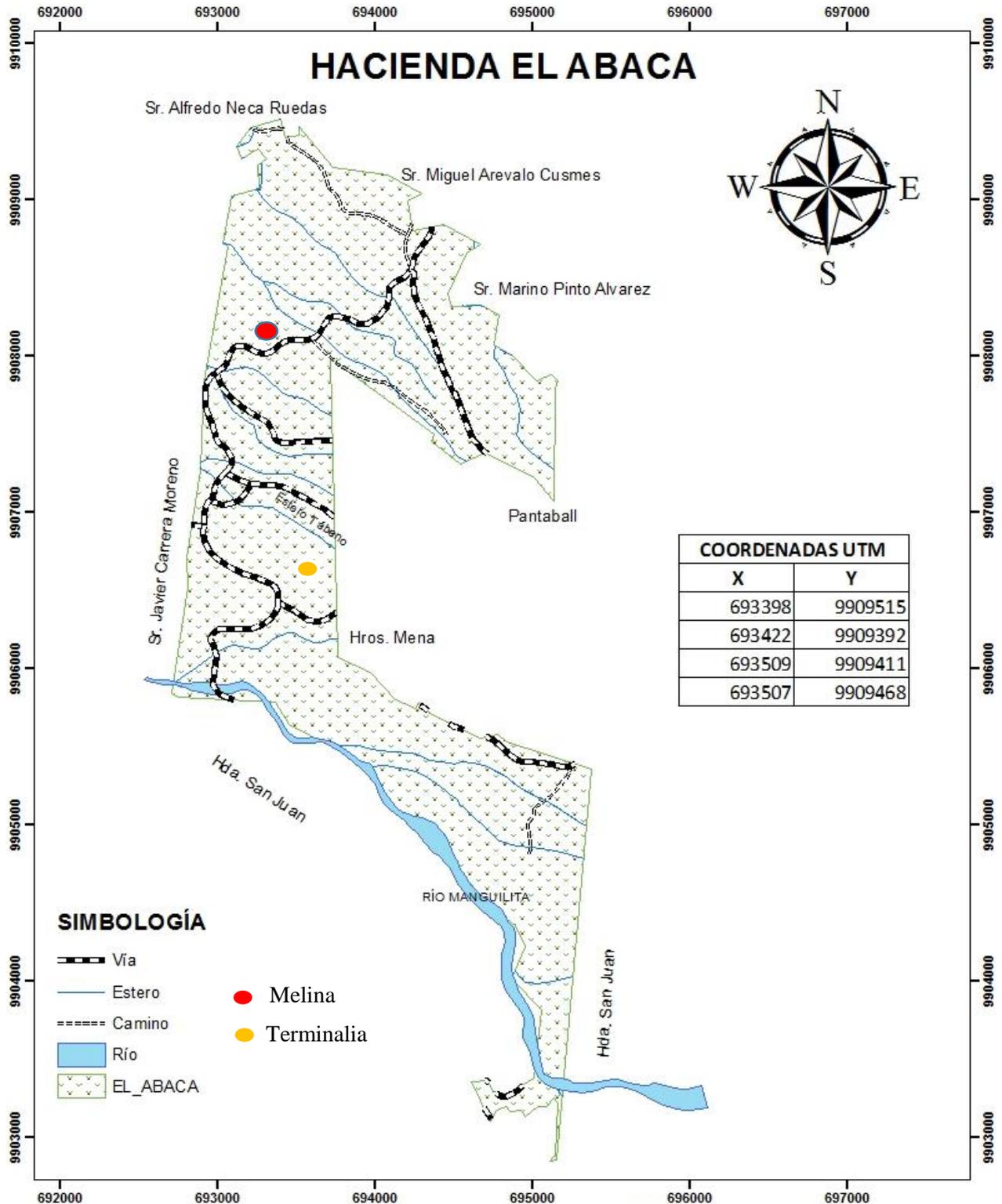
Sistema de Referencia

Datum: WGS 84
Coordenadas UTM
Zona 17 Sur

Propietario: SERAGROFOREST S.A.	Provincia	Cantón	Parroquia	Sector
Área 131.80 ha	El Guayas	Balzar	La Guayas	Hacienda San Pedro

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

Anexo 5. Mapa de ubicación de las parcelas ubicadas en el Cantón La Maná



REGULACIÓN DE LA TENENCIA DE LA TIERRA Y CATASTRO



Sistema de Referencia

Datum: WGS 84
Coordenadas UTM
Zona 17 Sur

Propietario: SERAGROFOREST S.A.	Provincia	Cantón	Parroquia	Sector	Elaborado por: Doris Puente German Puente Escala: 1:2500	Revisado y aprobado por: Ing. Darwin Salvatierra Fecha: 18 de Febrero del 2017
Área 625,77 ha	Los Ríos	Valencia	Valencia	Hacienda El Abaca		

Anexo 6. Medición de las parcelas



Anexo 7. Marcado punto de referencia



Anexo 8. Plantaciones de melina



Anexo 9. Plantaciones de Terminalia

