



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

PLAN DE CONTINGENCIA

CARRERA DE INGENIERÍA EN MANEJO Y CONSERVACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE

**ESTIMACIÓN DEL CONTENIDO DE CARBONO EN BIOMASA
AÉREA DE UNA PLANTACIÓN DE CEDRO ROSADO (*Acrocarpus
fraxinifolius*), EN LA PARROQUIA RÍO BLANCO, CANTÓN
MORONA.**

Tesis de Grado, previa a optar el título de ingeniero en manejo y conservación del medio ambiente.

1859

AUTOR: William Armando Pesantez Lozano.

DIRECTOR DE TESIS: Ing. Fausto Ramiro García Vasco; Mg.Sc.

Tena – Ecuador

2015

ING. FAUSTO RAMIRO GARCIA VASCO Mg. Sc.

DOCENTE DE LA CARRERA EN MANEJO Y CONSERVACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE DEL PLAN DE CONTINGENCIA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA, SEDE TENA.

CERTIFICA:

Que la presente tesis titulada "ESTIMACIÓN DEL CONTENIDO DE CARBONO EN BIOMASA AÉREA DE UNA PLANTACIÓN DE CEDRO ROSADO (*Acrocarpus fraxinifolius*), EN LA PARROQUIA RÍO BLANCO, CANTÓN MORONA." desarrollada por William Armando Pesantez Lozano ha sido elaborada bajo mi dirección y cumple con los requisitos de fondo y de forma que exigen los respectivos reglamentos e instituciones. Por ello autorizo su presentación y sustentación.

Tena, 06 de Marzo del 2015



Ing. Fausto Ramiro García Vasco

Ing. Fausto Ramiro García Vasco Mg.

DIRECTOR DE TESIS

Tena, 10 de Julio de 2015

CERTIFICACIÓN

Los Miembros del Tribunal de Grado abajo firmantes, certificamos que el Trabajo de Titulación denominado "ESTIMACIÓN DEL CONTENIDO DE CARBONO EN BIOMASA AÉREA DE UNA PLANTACIÓN DE CEDRO ROSADO (*Acrocarpus fraxinifolius*), EN LA PARROQUIA RÍO BLANCO, CANTÓN MORONA.", presentado por el señor: WILLIAM ARMANDO PESANTEZ LOZANO estudiante de la carrera de Manejo y Conservación del Medio Ambiente del Plan de Contingencia de la Universidad Nacional de Loja, Sede Tena, ha sido corregida y revisada; por lo que autorizamos su presentación.

Atentamente:



Ing Washington Adán Herrera Herrera, Mg.Sc.

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

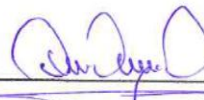
C.C.: 0501852081



Ing Betty Alexandra Jaramillo Tituaña, Mg.Sc.

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

C.C.: 1002226387



Ing. Laura Esperanza Capa Puglla.

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

C.C.: 1103839393

AUTORÍA

Yo, **WILLIAM ARMANDO PESANTEZ LOZANO** declaro ser autor del presente Trabajo de Titulación y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos de posibles reclamos o acciones legales por el contenido de la misma.

Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja, la publicación de mi Tesis de Grado en el repositorio institucional-biblioteca Virtual.

AUTOR: William Armando Pesantez Lozano

FIRMA: _____



CÉDULA: 0302409628

FECHA: Tena, 07 de Abril del 2015

CARTA DE AUTORIZACIÓN DE TESIS POR PARTE DEL AUTOR PARA LA CONSULTA, REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TEXTO COMPLETO.

Yo, **WILLIAM ARMANDO PESANTEZ LOZANO**, declaro ser autor, de la Tesis titulada: “ESTIMACIÓN DEL CONTENIDO DE CARBONO EN BIOMASA AÉREA DE UNA PLANTACIÓN DE CEDRO ROSADO (*Acrocarpus fraxinifolius*), EN LA PARROQUIA RÍO BLANCO, CANTÓN MORONA”. Como requisito para optar al grado de: **INGENIERO EN MANEJO Y CONSERVACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE**: autorizo al Sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que con fines académicos, muestre al mundo la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Digital Institucional.

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el RDI, en las redes de información del país y del exterior, con las cuales tenga convenio la Universidad. La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia de la Tesis que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, el 23 de Julio del 2015, firma el autor.

AUTOR: William Armando Pesantez Lozano

FIRMA: 

CÉDULA: 0302409628

DIRECCIÓN: Av. Cuenca y Ambato esq.

CORREO ELECTRÓNICO: wilitoopez.rc_2610@hotmail.com

TELÉFONO: 072174423 **CELULAR:** 0984282088

DATOS COMPLEMENTARIOS

DIRECTOR DE TESIS: Ing. Fausto Ramiro García Vasco. Mg.Sc

TRIBUNAL DEL GRADO:

Ing. Washington Adán Herrera Herrera, Mg.Sc. (Presidente)

Ing. Betty Alexandra Jaramillo Tituaña, Mg.Sc. (Miembro)

Ing. Laura Esperanza Capa Puglla. (Miembro)

DEDICATORIA

Con todo mi cariño y mi amor para las personas que hicieron todo en la vida para que yo pudiera lograr mis sueños, por motivarme y darme la mano cuando sentía que el camino se terminaba, a ustedes por siempre mi corazón y mi agradecimiento. (Rosario y Bolívar). Este trabajo lo dedico con mucho afecto a mis padres, en especial a mi madre quien día a día ha luchado incansablemente por brindar lo mejor a su familia, quien con su ejemplo de superación supo brindarme todo el apoyo necesario para lograr con éxito la culminación de mi carrera profesional; a mis hermanos Fernando, Jenny, Cristian y Jorge; quienes me apoyaron incondicionalmente con su ejemplo de seguir luchando para lograr cumplir metas propuestas. Además quiero expresar una dedicatoria a la señorita Erika Rodas quien supo encaminarme en este proceso educativo y al mismo tiempo brindarme su apoyo incondicional en el transcurso de mi formación profesional.

Pesantez Lozano William Armando

C.C. 030240962-8

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CONTENIDO PÁGINA

PORTADA	i
CERTIFICADO	ii
CERTIFICACIÓN	iii
AUTORÍA	iv
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO	vii
ÍNDICE DE CONTENIDOS	viii
ÍNDICE DE TABLAS	xii
ÍNDICE DE IMAGENES	xii
ÍNDICE DE CUADROS	xiii
ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS	xiii
ÍNDICE DE ECUACIONES	xiv
ÍNDICE DE GRÁFICOS	xiv
ÍNDICE DE FIGURAS	xv
ÍNDICE DE ANEXOS	xv
A. TÍTULO	1
B. RESUMEN	2
C. INTRODUCCIÓN	4
D. REVISIÓN DE LITERATURA	7
4.1. Antecedentes de la problemática ambiental	7
4.1.1. Cambio climático	9
4.1.2. Efecto invernadero	11
4.1.3. La convención marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático y el Protocolo de Kyoto (CMNUCC)	12
4.2. Los árboles y los bosques como fuentes y sumideros de Carbono	13
4.2.1. Relevancia de los estudios de captura de carbono en los ecosistemas forestales	15
4.2.2. El papel de los ecosistemas boscosos en el ciclo global del carbono	16
4.2.3. Carbono	18

4.2.4. Ciclo del carbono	19
4.2.5. Biomasa forestal	20
4.2.6. Cuantificación de biomasa y carbono en bosques naturales	21
4.2.7. Métodos para calcular biomasa	22
4.2.8. Estimación de biomasa y carbono mediante modelos alométricos	23
4.2.9. Criterios para la selección de modelos alométricos	25
4.2.10. Factor de expansión de biomasa	25
4.3. Descripción de la especie en estudio.....	26
4.3.1. Taxonomía.....	27
4.3.2. Descripción botánica	28
4.3.3. Usos	29
4.3.4. Clima	29
4.3.5. Plantación y crecimiento	30
4.4. Marco legal.....	31
4.4.1. Constitución de la República del Ecuador	31
4.4.2. Tratados y convenios Internacionales	34
4.4.3. Ley Forestal y de Conservación de Áreas Naturales y Vida Silvestre...	36
4.4.4. Texto Unificado de Legislación Secundaria del Medio Ambiente (TULSMA).....	38
4.4.5. Gobiernos autónomos descentralizados	39
4.4.6. Instituciones no gubernamentales de apoyo, nacional e internacional...	41
4.5. Marco conceptual	42
E. MATERIALES Y MÉTODOS	47
5.1. Materiales	47
5.1.1. Equipos.....	47
5.1.2. Herramientas	47
5.2. Métodos	48
5.2.1. Ubicación del área de estudio.....	48
5.2.2. Ubicación política	48
5.2.3. Ubicación geográfica del área de estudio.....	49
5.3. Aspectos biofísicos y climáticos.....	52
5.3.1. Aspectos biofísicos	52
5.3.2. Aspectos climáticos	55

5.4.	Tipo de investigación	58
5.5.	Realizar un inventario forestal de la plantación de cedro rosado (<i>Acrocarpus fraxinifolius</i> . Wight & Arn)	58
5.5.1.	Planificación o preparación de trabajo de campo.....	59
5.5.2.	Acceso a la zona a inventariar	59
5.5.3.	Levantamiento del área de estudio mediante sistemas de navegación...	60
5.5.4.	Ubicación de las parcelas de muestreo a inventariar.....	61
5.5.5.	Levantamiento de información dasométrica y de ubicación de árboles.	61
5.5.6.	Tabulación de datos obtenidos	63
5.6.	Calcular la cantidad de biomasa aérea en una plantación coetánea de cedro rosado (<i>Acrocarpus fraxinifolius</i> . Wight & Arn), considerando la densidad de la madera	64
5.6.1.	Toma de muestras.....	64
5.6.2.	Cálculo de la densidad de la madera en el laboratorio	65
5.6.3.	Cálculo de la biomasa del fuste	66
5.6.4.	Estimación de la biomasa forestal.	66
5.6.5.	Carbono total almacenado	68
5.7.	Estimar la cantidad de dióxido de carbono (CO ₂) que fija una plantación de cedro rosado (<i>Acrocarpus fraxinifolius</i> . Wight & Arn), por unidad de superficie	68
F.	RESULTADOS	69
6.1.	Realizar un inventario forestal de la plantación de cedro rosado (<i>Acrocarpus fraxinifolius</i> . Wight & Arn)	69
6.1.1.	Existencias de volumen y área basal	69
6.1.2.	Clase diamétrica	72
6.1.3.	Diámetro a la altura del pecho (DAP)	73
6.1.3.	Altura total (HT).....	74
6.2.	Calcular la cantidad de biomasa aérea en una plantación coetánea de cedro rosado (<i>Acrocarpus fraxinifolius</i> . Wight & Arn), considerando la densidad de la madera.	75
6.2.1.	Densidad básica de la madera en el laboratorio	76
6.2.2.	Biomasa del fuste de cada árbol	77
6.2.3.	Estimación de la biomasa total.....	78

6.2.4.	Carbono total almacenado	80
6.3.	Estimar la cantidad de dióxido de carbono (CO ₂) que fija una plantación de cedro rosado (<i>Acrocarpus fraxinifolius</i> . Wight & Arn), por unidad de superficie	81
G.	DISCUSIONES	83
7.1.	Realizar un inventario forestal de la plantación de cedro rosado (<i>Acrocarpus fraxinifolius</i> . Wight & Arn)	83
7.2.	Calcular la cantidad de biomasa aérea en una plantación coetánea de cedro rosado (<i>Acrocarpus fraxinifolius</i> . Wight & Arn), considerando la densidad de la madera	85
7.3.	Estimar la cantidad de dióxido de carbono (CO ₂) que fija una plantación de cedro rosado (<i>Acrocarpus fraxinifolius</i> . Wight & Arn), por unidad de superficie	86
H.	CONCLUSIONES	87
I.	RECOMENDACIONES	88
J.	BIBLIOGRAFÍA	90
K.	ANEXOS	96

ÍNDICE DE TABLAS

No.	DESCRIPCIÓN	
Pág.		
Tabla 1.	Existencias de carbono en los bosques, por región y subregión	16
Tabla 2.	Zonas climáticas de Morona Santiago	57
Tabla 3.	Intensidad de muestreo para inventarios forestales.....	59
Tabla 4.	Volumen y área basal promedio por parcela, hectárea y plantación.	71
Tabla 5.	Clase diamétrica cedro rosado (<i>Acrocarpus fraxinifolius</i> . Wight & Arn)	72
Tabla 6.	Densidad básica de la madera (gr/cm ³).	76
Tabla 7.	Resultados área basal, volumen, biomasa y carbono total	80
Tabla 8.	Dióxido de carbono por unidad de superficie	82
Tabla 9.	Formulario para la toma de información dasométrica	96
Tabla 10.	Etiqueta de la muestra	96
Tabla 11.	Existencias de volumen, área basal y biomasa parcela 1	106
Tabla 12.	Existencias de volumen, área basal y biomasa parcela 2	108
Tabla 13.	Existencias de volumen, área basal y biomasa parcela 3.	109
Tabla 14.	Existencias de volumen, área basal y biomasa parcela 4	111
Tabla 15.	Existencias de volumen, área basal y biomasa parcela 5	112

ÍNDICE DE IMAGENES

No.	DESCRIPCIÓN	
Pág.		
Imagen 1.	Balance global del carbono	18
Imagen 2.	Ciclo global del carbono	20
Imagen 3.	Cedro rosado (<i>Acrocarpus fraxinifolius</i> . Wight & Arn)	27

ÍNDICE DE CUADROS

No.	DESCRIPCIÓN	
Pág.		
Cuadro 1.	Especies maderables de la zona	52
Cuadro 2.	Especies de mamíferos de la zona.....	53
Cuadro 3.	Especies de aves de la zona	53

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

No.	DESCRIPCIÓN	
Pág.		
Foto 1.	Plantación de Cedro Rosado (<i>Acrocarpus fraxinifolius</i> Wight & Arn) 97	
Foto 2.	Toma de coordenadas geográficas	97
Foto 3.	Establecimiento de las parcelas	98
Foto 4.	Señalización de las parcelas de muestreo.....	98
Foto 5.	Numeración de árboles de cada parcela	99
Foto 6.	Medición de alturas total y comercial.	99
Foto 7.	Diámetro a la altura del pecho (DAP).....	100
Foto 8.	Registro de datos colectados en la medición de variables.....	101
Foto 9.	Apeo del árbol seleccionado.....	101
Foto 10.	Toma de muestras de madera	102
Foto 11.	Dimensionamiento de las muestras en el aserradero.....	102
Foto 12.	Etiquetado de muestras.....	103
Foto 13.	Probetas para el cálculo del volumen verde de la muestra.....	104
Foto 14.	Calculo del volumen verde de la muestra	104

Foto 15. Secado de muestras a 103°C.....	105
Foto 16. Obtención del peso seco de la muestra.....	105

ÍNDICE DE ECUACIONES

No.	DESCRIPCIÓN	
Pág.		
Ecuación 1.	Cálculo del diámetro a la altura del pecho (DAP).....	62
Ecuación 2.	Cálculo del área basal.....	63
Ecuación 3.	Cálculo del volumen.....	63
Ecuación 4.	Cálculo de la densidad básica de la madera	65
Ecuación 5.	Cálculo de la biomasa del fuste de cada árbol	66
Ecuación 6.	Cálculo de la biomasa total por árbol.....	66
Ecuación 7.	Factor de expansión de biomasa < 190 ton.	67
Ecuación 8.	Cálculo de la biomasa aérea total por hectárea.	67
Ecuación 9.	Cálculo de carbono total almacenado.....	68
Ecuación 10.	Cálculo de dióxido de carbono (CO ₂)	68
Ecuación 11.	Dióxido de carbono (CO ₂) por unidad de superficie.....	69

ÍNDICE DE GRÁFICOS

No.	DESCRIPCIÓN	
Pág.		
Gráfico 1.	Humedad relativa media y variación estacional, Morona Santiago.	56
Gráfico 2.	Clase diamétrica cedro rosado (<i>Acrocarpus fraxinifolius</i> . Wight & Arn)	72
Gráfico 3.	Diámetro a la altura del pecho promedio por unidad de muestreo ..	74

Gráfico 4. Altura total promedio por unidad de muestreo (m).....	75
-------------------------------------------------------------------------	----

ÍNDICE DE FIGURAS

No.	DESCRIPCIÓN
Pág.	
Figura 1. Ubicación política del área de estudio.....	50
Figura 2. Ubicación geográfica del área de estudio con sus respectivas coordenadas.....	51
Figura 3. Plantación/Cuadrícula.....	113

ÍNDICE DE ANEXOS

No.	DESCRIPCIÓN
Pág.	
Anexo 1. Fichas de campo para registro de datos.....	96
Anexo 2. Registro fotográfico del trabajo de campo	97
Anexo 3. Registro fotográfico del trabajo de laboratorio.	103
Anexo 4. Volumen por parcelas temporales de muestreo.	106
Anexo 5. Elaboración de la retícula de lado constante en la plantación.....	113
Anexo 6. Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1160	114
Anexo 7. Cálculo del volumen total de la plantación	117
Anexo 8. Cálculo biomasa del fuste de la plantación	118
Anexo 9. Cálculo de la biomasa aérea total de la plantación.....	119

A. TÍTULO

ESTIMACIÓN DEL CONTENIDO DE CARBONO EN BIOMASA AÉREA DE
UNA PLANTACIÓN DE CEDRO ROSADO (*Acrocarpus fraxinifolius*), EN LA
PARROQUIA RÍO BLANCO, CANTÓN MORONA.

B. RESUMEN

En nuestro país los índices de emisiones de dióxido de carbono (CO₂) han incrementado de manera considerable en los últimos años. El siguiente trabajo de investigación contempla la cuantificación de carbono fijado en una plantación de cedro rosado (*Acrocarpus fraxinifolius*. Wight & Arn), mediante el cual se determinó su capacidad de almacenamiento y su contribución a la reducción del cambio climático, considerando el reservorio de carbono que una plantación puede llegar a representar, para la ejecución del proyecto se estableció diferentes sitios de muestreo, 5 parcelas de 1.000 m² cada una, de acuerdo al índice de muestreo que fue del 4%, establecidas las parcelas se realizó la medición del diámetro a la altura del pecho y estimación de alturas, total y comercial, valores que permitieron determinar el volumen de la plantación. Se realizó mediciones indirectas de biomasa considerando la densidad básica de la madera, para lo cual se realizó la toma de muestras mediante el método de estimación de carbono que fue seleccionado y ajustado a la disponibilidad arbórea del predio; desarrollada la metodología se determinó que la plantación en estudio presenta un volumen de 22,06 m³/ha; y en cuanto al carbono la cantidad almacenada fue de 5,39 ton/ha; llegando a comprobar que la plantación, tiene un rendimiento forestal promedio tomando en cuenta estudios anteriores sobre la especie, se determinó además que constituye un almacén significativo de carbono por lo que es recomendable el uso de la especie con fines de reforestación, aunque se debe considerar ciertos aspectos que podrían influenciar en su desarrollo.

Palabras Clave: Cambio climático, volumen comercial, densidad de la madera, carbono almacenado.

ABSTRACT

In our country the indexes of carbon dioxide (CO₂) have increased significantly in recent years. The following research includes quantification of carbon sequestered in a plantation of pink cedar (*Acrocarpus fraxinifolius*. Wight & Arn), whereby their storage capacity and its contribution to reducing climate change was determined, considering the carbon reservoir a plantation may represent, for implementing the project different sampling sites, 5 plots of 1.000 m² each, according to the sampling rate that was 4% was established, established plots the diameter measurement is performed chest and estimation of heights, total and commercial, securities allowed to determine the volume of the plantation. indirect measurements of biomass was carried out considering the basic density of wood, for which sampling was performed using carbon estimation method that was selected and adjusted to tree availability of the property; developed methodology was determined that the plantation study presents a volume of 22,06 m³/ha; and as the quantity stored carbon was 5,39 t/ha; coming to see that the plantation has an average yield forestry taking into account previous studies on the species, also it found that constitutes a significant carbon store so it is advisable to use species for reforestation, but should be considered certain aspects that could influence its development

Keywords: Climate change, trade volume, wood density, carbon stocks.

C. INTRODUCCIÓN

El aumento potencial de la temperatura superficial del planeta asociado al cambio climático global, es uno de los problemas ambientales más severos que se enfrentan en el presente siglo. Este problema se acentúa debido a que toda actividad humana emite gases contaminantes, no solo dióxido de carbono sino todos los gases causantes del efecto invernadero, lo que hace claramente visible que la temperatura de nuestro planeta está cambiando de manera acelerada. “Esto considerando que la variación de las concentraciones de gases de efecto invernadero (GEI), aerosoles en la atmósfera, las variaciones de la cubierta terrestre y de la radiación solar, alteran el equilibrio energético del sistema climático” (IPCC, 2007, p. 5)

Durante el último siglo América Latina ha ido experimentando un crecimiento económico y poblacional, dejando como resultado la emisión de grandes cantidades de gases de efecto invernadero (GEI) a la atmosfera alterando su concentración, razón por la cual se ha incrementado la temperatura del planeta, provocando así un severo cambio climático en la actualidad.

En los últimos años nuestro país también ha sido testigo de un considerable incremento en las emisiones de gases contaminantes a la atmosfera, especialmente de dióxido de carbono (CO₂) que es uno de los principales gases responsables del efecto invernadero, la Amazonía ecuatoriana, especialmente en la parroquia Río Blanco perteneciente al cantón Morona de la provincia de Morona Santiago no es la excepción, debido a las diversas actividades que realizan diariamente los habitantes de la zona, la construcción de vías interprovinciales y la alta demanda de vehículos que la transitan se ve afectada por un alto índice de emisiones de dióxido de carbono (CO₂), motivo por el cual lo convierte en un sitio adecuado para realizar investigaciones sobre captura de carbono en plantaciones forestales, que es una alternativa por la cual se opta en la actualidad para reducir la acumulación de gases contaminantes en la atmosfera.

Por ello, ha surgido un interés considerable en incrementar el contenido de carbono en la vegetación terrestre a través de la conservación forestal, la reforestación (con fines comerciales, protectivos y agroforestales) y otros métodos de manejo del suelo, esto, según (Walker, Baccini, Nepstad, Horning, Knight, Braun & Bausch., 2011) “que consideran que varios estudios han reportado que los bosques poseen un gran potencial para almacenar carbono, y que una de las maneras más efectivas para remover el carbono de la atmosfera es a través del manejo sostenible de los bosques” (p. 1).

El cantón Morona actualmente no cuenta con información que permita conocer la cantidad de carbono que puede secuestrar la especie maderable cedro rosado (*Acrocarpus fraxinifolius*. Wight & Arn), debido a que las condiciones edafoclimáticas del sector son diferentes a otras, esto considerando que la especie forestal en estudio es una especie introducida de tal manera que se encuentra en investigación en cuanto a su adaptación, misma que la realizan técnicos del Vicariato Apostólico de Méndez sector El Paraíso – Rio Blanco, debido que la madera es uno de los motores de la economía de la parroquia y el cantón.

Por eso fue necesario investigar, mediante metodologías ya establecidas, la cantidad de carbono que captura la plantación forestal de cedro rosado (*Acrocarpus fraxinifolius*. Wight & Arn), así como también analizar los costos para el desarrollo de procesos metodológicos en la estimación de captura de carbono para determinar beneficios económicos, sociales y ambientales como modelo para un desarrollo sustentable y a la vez genere información útil para la aplicación en plantaciones similares, y a futuro poder desarrollar un mercado de venta de carbono.

Los objetivos planteados para el desarrollo de la presente investigación son:

Objetivo general:

Estimar el contenido de carbono en biomasa aérea de una plantación coetánea de cedro rosado (*Acrocarpus fraxinifolius*. Wight & Arn) a los 4 años de edad,

localizada en la parroquia Río Blanco del cantón Morona, en la provincia de Morona Santiago.

Objetivos específicos:

Realizar un inventario forestal de la plantación de cedro rosado (*Acrocarpus fraxinifolius*. Wight & Arn).

Calcular la cantidad de biomasa aérea en una plantación coetánea de cedro rosado (*Acrocarpus fraxinifolius*. Wight & Arn), considerando la densidad de la madera.

Estimar la cantidad de dióxido de carbono (CO₂) que fija una plantación de cedro rosado (*Acrocarpus fraxinifolius*. Wight & Arn), por unidad de superficie.

D. REVISIÓN DE LITERATURA

4.1. Antecedentes de la problemática ambiental

A escala mundial se reconocen diversos procesos de cambios globales que son de gran importancia en la actualidad de los cuales destacan, los cambios en la composición de la atmósfera, cambios en el uso de suelo y pérdidas de biodiversidad. La problemática ambiental por la que atraviesa el planeta en la actualidad es cada vez más ininteligible debido al progresivo desequilibrio entre el incremento de la población y la capacidad de los recursos para sustentar el aumento en la demanda de servicios ecosistémicos (Amestoy, 2010). En los últimos años el cambio climático debido a la intensa contaminación atmosférica es uno de los argumentos más importantes de la comunidad internacional en los que ha materia ambiental se refiere.

El cambio climático y la alteración de la atmosfera terrestre es un problema real de contaminación del medio que nos rodea y la necesidad de contrarrestar sus efectos mediante un control adecuado de la misma es evidente. Si bien es cierto nunca ha existido una atmosfera completamente limpia o sin ningún tipo de alteración, desde los inicios del planeta la desintegración de la materia vegetal, animal y los incendios forestales han emitido gases y partículas contaminantes, pero solo en las últimas décadas, y como consecuencia fundamental de los avances tecnológicos, la contaminación atmosférica ha llegado a constituir una seria preocupación.

La emisión y concentración de Gases de Efecto Invernadero (GEI) en la atmosfera ha ido incrementando de manera acelerada, creando evidencias científicas que cuestionan, que si el incremento de la emisión de los GEI continúa de manera acelerada, los efectos serán cada vez más significativos para el cambio

del clima, aumentando así la temperatura del planeta, que tendrá como consecuencia un desequilibrio en el sistema climático mundial (IPCC, 2007)

El factor más importante sobre el cambio climático lo constituye el calentamiento global el cual es producido por el efecto invernadero. Los principales gases de efecto invernadero son: dióxido de carbono (CO₂), el metano (CH₄), el dióxido nitroso (N₂O), los cloroflourcarbonados (CFCs) y el ozono (O₃).

El dióxido de carbono (CO₂) es el gas de efecto invernadero más importante dentro de la dinámica del calentamiento global, siendo sus fuentes de emisión principales el consumo de combustibles fósiles, desarrollo industrial y explotación minera (Pacheco, Yáñez, & Linares, 2005). El considerable incremento de la tasa de deforestación anual y los constantes cambios de uso del suelo se suman a este efecto; las concentraciones de metano que resultan producto de las actividades agrícolas contribuyen también al cambio climático. El incremento de la acumulación de GEI en la atmósfera ha provocado que el fenómeno de efecto invernadero, genere cambios significativos en las escalas climáticas de la tierra (IPCC, 2007)

Por lo antes expuesto y debido a los considerables problemas ambientales por los que atraviesa nuestro planeta en la actualidad, en especial el cambio climático, varias naciones han hecho público su interés por tomar medidas correctivas para intentar controlar este creciente acontecimiento y de esta manera establecer un desarrollo sustentable a nivel mundial.

La mitigación del cambio climático es prioritaria para la mayoría de los países del mundo y aunque los países en vías de desarrollo, por ahora no tienen responsabilidades de reducción de emisiones, sus contribuciones podrían ser recompensadas. Diversos son los proyectos mediante los cuales se puede lograr la reducción o remoción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) de la atmósfera, los proyectos forestales y la bioenergía están en la lista. El aumento de la cobertura vegetal través de plantaciones forestales, sistemas agroforestales sistemas silvopastoriles, y regeneración forestal asistida remueve CO₂ de la

atmosfera a través del proceso de la fotosíntesis, mientras que la biomasa y los residuos de biomasa usados para la generación de energía reducen las emisiones de GEI a través de la sustitución de combustibles fósiles y evitar así su decaimiento o liberación (MDL, 2008)

En la ciudad de Kioto en la parte central de la isla de Honshu, en el año de 1997, se concedió la aprobación del protocolo de Kioto (Japón), mediante la cual se establecieron las bases para desarrollar el mercado de carbono a nivel internacional, a manera de un instrumento legal para reducir las emisiones de GEI en los países más industrializados bajo la normatividad de Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC). “Los países más industrializados se comprometieron a reducir sus emisiones en un 5% en relación a las generadas en 1990 y a evaluar los resultados en el período 2008 – 2012” (MDL, 2008, p. 3)

En el protocolo se estableció el Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) para permitir a los países que más contaminan, financiar proyectos que eviten emisiones de GEI en países en vías de desarrollo, a través de un mercado internacional de emisiones certificadas que les permita cumplir los compromisos ante la (CMNUCC), (Sánchez, 2008). Lo cual sería una alternativa viable para reducir la emisión de dichos contaminantes, aunque existen países que no están de acuerdo con esta medida.

4.1.1. Cambio climático

El cambio climático es un concepto científico que con los años se ha introducido en nuestro lenguaje cotidiano. Pero estas dos palabras además de tener un significado objetivo, transmiten emociones que nos hacen sentir inquietos e inseguros. No se trata ya de una de las tantas calamidades que azotan a lejanos y empobrecidos países y a las que tristemente nos hemos acostumbrado. Ha dejado de ser algo distante y ajeno para convertirse en una amenaza real. Intuimos que si no lo ha hecho ya, este fenómeno acabara afectando nuestras vidas, de alguna forma, en algún momento y ya es hora de preguntarnos qué está pasando, qué podemos hacer. Nos encontramos ante algo que no conocemos y en cierto modo

enfrentarse a lo desconocido es cómo enfrentarse a un fantasma, solo que la mayoría de veces los fantasmas desaparecen cuando sale el sol (Isabel Ripia, 2011, p. 21)

Aunque en la actualidad gran variedad de seres humanos somos conscientes que el aumento de la temperatura del planeta y el cambio climático terrestre traerá consigo una verdadera emergencia planetaria, no existe un interés significativo para frenar esta catástrofe, para intentar combatir este problema deberíamos empezar por preguntarnos ¿Qué es el cambio climático? ¿Porque se produce? y ¿Qué cuáles son las posibles soluciones?

La Secretaría de medio ambiente y recursos naturales de México definen al cambio climático como todo cambio que ocurre en el clima a través del tiempo, resultado de la variabilidad natural o de las actividades humanas. El calentamiento global por su parte, es la manifestación más evidente del cambio climático y se refiere al incremento promedio de las temperaturas terrestres y marinas (SEMARNAT, 2009)

Según la IPCC (2007). El cambio climático es el aumento de la temperatura del planeta producido por la variación de las concentraciones de gases de efecto invernadero (GEI) y aerosoles en la atmosfera, y las variaciones de la cubierta terrestre y de la radiación solar que alteran el equilibrio energético del sistema climático (p. 5).

“Las variaciones de la radiación solar y los aerosoles emitidos a la atmosfera, durante las grandes erupciones volcánicas, han tenido igualmente un efecto sobre el clima durante el siglo XX. Se estima que el efecto de la radiación combinado con estos dos efectos naturales ha sido negativo durante los dos últimos decenios y pueden ser los cuatro decenios en contraste con el impacto negativo de los gases de efecto invernadero” (Colonna, 2010, p. 450)

En conclusión el cambio climático no es más que el aumento de la temperatura del planeta, producto de la acumulación de gases de efecto invernadero en la atmosfera, debido al alto índice de contaminación provocado

principalmente por las actividades antropogénicas. Esto produce que dichos gases se concentren en la atmosfera terrestre formando una especie de capa la cual no permite que los rayos ultravioleta regresen de nuevo al espacio quedando concentrados en la atmosfera, provocando el aumento de la temperatura del planeta.

Como principal alternativa para intentar reducir el aumento acelerado de la temperatura del planeta podríamos recalcar el evitar el sobre consumo mundial o el consumismo innecesario y la explotación indiscriminada de los recursos naturales, esto con la finalidad de conservar la ecología del planeta que actúa como un agente descontaminador natural del mismo.

Otras alternativas mediante las cuales se puede contribuir a contrarrestar el cambio climático están:

- Reducir la demanda energética mediante el aumento de la eficiencia energética
- Pasar a utilizar combustibles que requieran menos cantidades de carbono (por ejemplo pasando del carbono al gas natural)
- Aumentar el uso de las fuentes de energía renovable y/o energía nuclear.
- Fomentar sumideros naturales de carbono (bosques, ecosistemas forestales)
- Reducir la emisión de gases de efecto invernadero aparte de CO₂ (como el metano) (González, 2010, p. 177)

4.1.2. Efecto invernadero

El clima de la tierra depende de muchos factores, como la concentración atmosférica de aerosoles y gases de efecto invernadero, la cantidad de energía proveniente del Sol o de las propiedades de la superficie terrestre; cuando estos factores varían, ya sea a través de procesos naturales o humanos, producen un calentamiento o enfriamiento del planeta porque alteran la proporción de energía

solar que se absorbe o devuelve al espacio. La concentración atmosférica de gases de efecto invernadero como el dióxido de carbono (CO₂), el metano (CH₄), o el dióxido nitroso (NO₂) ha aumentado notablemente desde 1750 y sobrepasa ampliamente en la actualidad sus niveles pre-industriales (González, 2010, p. 39)

Se podría decir que el efecto invernadero es debido a la propiedad de ciertos gases de la atmosfera (cuyas moléculas contienen al menos tres átomos) de absorber la radiación infrarroja emitida por la superficie de la Tierra y de reenviarla a esta superficie, provocando su calentamiento (Colonna, 2010, p. 446)

Explicado de manera más simple es el hecho de que la atmosfera permite el paso de la energía solar y absorbe la energía infrarroja emitida por la tierra, exactamente igual a lo que sucede en un invernadero de vegetales, y por ello lo podemos denominar con este calificativo. La responsable de este filtrado es la capa de ozono que vendría a actuar como una pantalla debido a la acumulación de los gases de efecto invernadero (GEI).

4.1.3. La convención marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático y el Protocolo de Kyoto (CMNUCC)

El 9 de mayo de 1992, la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) adoptada en New York y abierta a la firma en la conferencia “Environment and Development – Earth Summit” de las Naciones Unidas de Rio de Janeiro. Esta convención prevé principalmente evaluar periódicamente los conocimientos científicos sobre el cambio climático gracias a la publicación de los informes de un grupo de expertos, el GIEC/IPCC, creado en noviembre de 1998 (Sánchez, 2008)

Los compromisos cuantificados de reducción de los gases de efecto invernadero por los países industrializados han sido objeto del protocolo de Kyoto desde 1997 pero las modalidades jurídicas de aplicación han sido definidas en 2001, tras la retirada de las negociaciones de los Estados Unidos. El protocolo ha

sido firmado por 84 países y ratificado a finales de mayo del 2002 por la Unión Europea. A la espera de una ratificación por un número suficiente de países.

En el marco del protocolo de Kyoto la Unión Europea se ha comprometido a reducir un 8% sus emisiones netas de gases de efecto invernadero durante el primer periodo de compromiso (2008-2012), respecto al año de referencia de 1990. El protocolo de Kyoto tiene en cuenta 6 gases de efecto invernadero: el dióxido de carbono, el metano, el óxido nitroso, los hidrofluorcarbonatos, los perfluorcarbonos y el hexafluoruro de azufre (Estapà, 2012)

Este protocolo cubre el conjunto de las fuentes y pozos de estos gases, incluido una parte de los bosques y de los suelos. Según este protocolo los países industrializados y países con economía en transición se han comprometido a reducir el total de sus emisiones en un 5.2% en el primer periodo de compromiso. Los cálculos de las emisiones netas de los componentes de la convención se hacen en equivalentes de CO₂, teniendo en cuenta el potencial de calentamiento global de los diferentes gases de efecto invernadero calculando un horizonte de 20 años (Colonna, 2010, p. 451)

Por lo antes expuesto y considerando que el principal gas de efecto invernadero causante del calentamiento global es el dióxido de carbono, y tomando en cuenta la capacidad que tiene los ecosistemas forestales para almacenar carbono y utilizarlo dentro de sus procesos metabólicos, se ha planteado la instalación de sumideros naturales de carbono o captura de carbono en ecosistemas forestales, como una importante medida de mitigación ante el cambio climático. “Esto en consideración de que los bosques representan la mayor parte del almacén de carbono de la biosfera terrestre (alrededor del 80%)” (Cielsa, 2011, p. 117)

4.2. Los árboles y los bosques como fuentes y sumideros de Carbono

Los bosques contienen más carbono que la atmósfera en su conjunto, almacenan más de 650.000 millones de toneladas de carbono: un 44% en la

biomasa, 11% en madera muerta y hojarasca, y un 45% en el suelo. La ordenación sostenible, las plantaciones y la rehabilitación de los bosques pueden conservar o incrementar los depósitos de carbono en los bosques; por el contrario, la deforestación, la degradación y la ordenación forestal deficiente pueden reducirlos. A nivel mundial, los depósitos de carbono en la biomasa forestal disminuyeron en unas 0,50 Gigatoneladas cada año entre 2005 y 2010, principalmente a causa de la reducción del área total de bosque y pese al aumento en las existencias por hectárea en algunas regiones (FAO, 2010, p. 14)

Los bosques desempeñan una función importante en la mitigación del cambio climático al actuar como sumideros que absorben el carbono de la atmósfera y almacenarlo en la biomasa y los suelos; sin embargo, cuando se desbrozan o se degradan, también son una fuente importante de emisiones de gases de efecto invernadero. Por ello, los bosques son un componente importante en las estrategias de adaptación al cambio climático. Sin intervenciones de manejo directas el cambio climático puede resultar peligroso para la salud del ecosistema forestal, la resiliencia, la productividad, la biodiversidad, el almacenamiento de carbono, y la degradación del bosque y su pérdida seguirán contribuyendo al cambio climático (FAO, 2013)

Las plantas verdes a través de la fotosíntesis absorben el CO₂ de la atmósfera. El carbono se deposita en el follaje, tallos, sistemas radiculares y, sobre todo, en el tejido leñoso de los troncos y en las ramas principales de los árboles. Debido a la longevidad de la mayoría de los árboles y a su tamaño relativamente grande, los árboles y los bosques son almacenes de carbono. En total, los bosques contienen una cantidad de carbono de 20 a 100 veces superior por unidad de área que las tierras de cultivo y juegan un papel crítico en la regulación del nivel de carbono atmosférico (Cielsa, 2011)

Dicho esto tanto a escala nacional como a escala mundial se ha puesto mucho énfasis en la conservación de los bosques tropicales, y fomentar el incremento de plantaciones forestales con fines de reforestación, tratando de no alterar el equilibrio del medio ambiente. El por qué hacerlo ha recibido menos atención. En el caso de las plantaciones establecidas en el Ecuador, algunos

programas de forestación se han enfocado en metas económicas, como la producción de madera y la contribución al sector forestal para la producción interna y de exportación. En otros casos, estos programas especificaron metas biofísicas incluyendo el control de la erosión y el secuestro de carbono así como efectos mucho más generales tales como la producción de bienes y servicios (Grupo de Trabajo en Páramos del Ecuador, 2008)

En la actualidad algunos países del mundo se han dedicado a investigar la capacidad que tienen muchos sistemas forestales y agroforestales de fijar carbono en su biomasa ya sea esta aérea o bajo suelo, con la finalidad de buscar una alternativa para reducir los índices de emisiones de dióxido de carbono al ambiente, y evitar su concentración en la atmósfera, para de esta manera contribuir a la reducción de la temperatura del planeta y controlar el efecto invernadero, aunque se debería analizar primero si es o no factible debido a diferentes problemas que podrían suscitarse.

4.2.1. Relevancia de los estudios de captura de carbono en los ecosistemas forestales

Los árboles y otras plantas forestales remueven grandes cantidades de dióxido de carbono de la atmósfera a medida que crecen almacenando el carbono en la biomasa de sus hojas, ramas, tallos y raíces. Debido a que los bosques tienen una capacidad tremenda para la captación y almacenamiento de carbono, además de reducir las emisiones de GEI provenientes de los combustibles fósiles, una de las maneras más efectivas para remover el carbono de la atmósfera es a través del manejo sostenible de los bosques.

Los bosques aportan un sin número de beneficios naturales que incluye la purificación del aire, protección de cuencas hidrográficas y la conservación de la biodiversidad. Los bosques también desempeñan un papel importante en el mantenimiento de la estabilidad del clima global ya que remueve carbono de la atmósfera. El reconocimiento de las conexiones importantes entre bosques, carbono y clima han motivado llamadas desde diferentes grupos, que va desde los pueblos indígenas hasta los ministerios de gobierno, requiriendo fuentes básicas

de información sobre las herramientas y técnicas usadas para obtener estimaciones de campo del almacenamiento de carbono (Walker *et al.* 2011)

La dinámica del ciclo del carbono en los ecosistemas forestales es muy compleja, por lo que, para hacer una estimación del potencial de captura de carbono, es necesario analizar los distintos componentes que integran los ecosistemas. Esto implica analizar conjuntamente el carbono capturado en vegetación (aérea y subterránea), suelos (incluyendo materia en descomposición) y productos forestales. Para obtener la dinámica temporal de la captura de carbono es necesario utilizar modelos de simulación (FAO, 2013, p. 87)

4.2.2. El papel de los ecosistemas boscosos en el ciclo global del carbono

Los ecosistemas terrestres son parte del ciclo global del carbono, se estima que 130.000 millones de toneladas de carbono se intercambian anualmente entre la atmósfera, la vegetación y el suelo (FAO, 2013, p. 51). Los bosques del mundo cubren el 29 % de la superficie de la Tierra, son un reservorio considerable de carbono y contienen más del 80% del carbono global de la Tierra producto del intercambio entre la vegetación, el suelo y la atmósfera en el ciclo global del carbono (Amézquita, Murgeitio, Cuartas, & Gómez, 2009). Sin embargo, cuando los bosques están maduros no ocurre asimilación neta de carbono, debido a que se encuentran saturados.

Tabla 1. Existencias de carbono en los bosques, por región y subregión

Región / subregión	Carbono en biomasa		Carbono en madera muerta y hojarasca		Carbono en el suelo		Total de existencias de carbono	
	millones de toneladas	t/ha	millones de toneladas	t/ha	millones de toneladas	t/ha	millones de toneladas	t/ha
África oriental y meridional	15 762	58,9	3 894	14,6	12 298	46,0	31 955	119,4
África del norte	1 747	22,2	694	8,8	2 757	35,0	5 198	66,0
África occidental y central	38 349	116,9	3 334	10,2	19 406	59,1	61 089	186,2
Total de África	55 859	82,8	7 922	11,7	34 461	51,1	98 242	145,7
Asia oriental	8 754	34,4	1 836	7,2	17 270	67,8	27 860	109,4
Asia meridional y sudoriental	25 204	85,6	1 051	3,6	16 466	55,9	42 722	145,1
Asia occidental y central	1 731	39,8	546	12,6	1 594	36,6	3 871	89,0
Total de Asia	35 689	60,2	3 434	5,8	35 330	59,6	74 453	125,7
Europa (sin la Federación de Rusia)	12 510	63,9	3 648	18,6	18 924	96,6	35 083	179,1
Total de Europa	45 010	44,8	20 648	20,5	96 924	96,4	162 583	161,8
Caribe	516	74,4	103	14,8	416	60,0	1 035	149,2
Centroamérica	1 763	90,4	714	36,6	1 139	58,4	3 616	185,4
Norteamérica	37 315	55,0	26 139	38,5	39 643	58,4	103 097	151,8
Total de Norteamérica y Centroamérica	39 594	56,1	26 956	38,2	41 198	58,4	107 747	152,7
Total de Oceanía	10 480	54,8	2 937	15,3	8 275	43,2	21 692	113,3
Total de Sudamérica	102 190	118,2	9 990	11,6	75 473	87,3	187 654	217,1
Mundo	288 821	71,6	71 888	17,8	291 662	72,3	652 371	161,8

Fuente: FAO (2010).

Los bosques son los ecosistemas naturales que acumulan e intercambian la mayor cantidad de carbono, aunque las plantaciones forestales también 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, 2008)

Los diferentes sistemas de uso de tierra pueden mejorar la retención y acumulación del carbono orgánico en el suelo (materia orgánica), biomasa viva (tallos, hojas, raíces) y la biomasa muerta (hojarasca y troncos muertos). Al mejorar los sistemas de cultivo y las prácticas de manejo de bosques o plantaciones, los procesos de pérdida y degradación pueden ser revertidos.

Los sistemas silvopastoriles, los árboles en potreros, así como mejor pasturas asociadas con leguminosas y árboles pueden contribuir a incrementar el carbono, ayudando así a mitigar el cambio climático global.

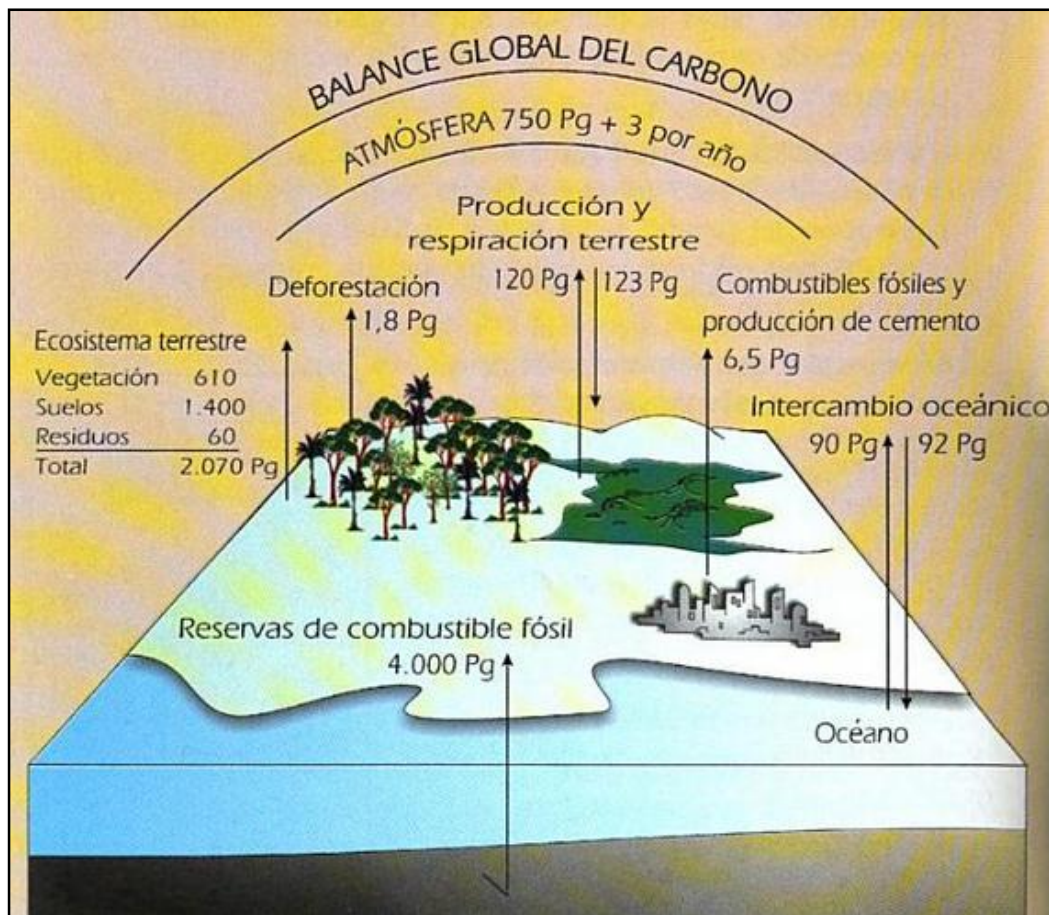
4.2.3. Carbono

Schlesinger, citado por Amézquita, *et al.* (2009). Considera que “el carbono es uno de los 6 elementos químicos que junto con el hidrogeno, oxígeno, nitrógeno, fosforo y azufre constituyen en forma mayoritaria los tejidos vivos, que comprenden el 95% de la biosfera” (p.20). El carbono (del latín: *Carbo*) es un elemento químico de número atómico 6 y símbolo C. Como miembro del grupo de los carbonoideos de la tabla periódica de los elementos, es sólido a temperatura ambiente y dependiendo de las condiciones de formación, puede encontrarse en la naturaleza en distintas formas alotrópicas, carbono amorfo y cristalino en forma de grafito o diamante respectivamente. Es el pilar básico de la química orgánica; se conocen cerca de 16 millones de compuestos de carbono, aumentando este número en unos 500.000 compuestos por año. (Orlando, Baldock, Canger, Mackencen, Maginnis, Socorro, Reitbergen, Robledo & Schneider, 2005).

Mediante la fotosíntesis, las plantas absorben el dióxido de carbono existente en el aire y lo acumula en los tejidos vegetales. Posteriormente, los animales herbívoros se alimentan de estos vegetales, de los que obtienen energía, para después, siguiendo las cadenas alimenticias, transferir esa energía a los demás niveles. El carbono se acumula en el suelo, en la vegetación (lo que se denomina captura y almacenamiento de carbono); sin embargo una parte es devuelto a la atmosfera mediante la respiración de los organismos vivos y la descomponían de plantas y animales.

El carbono excedente de la fotosíntesis ha sido acumulado durante millones de años en forma de petróleo, gas natral y carbón, los cuales han sido llamados combustibles fósiles y se han utilizado para movilizar máquinas de motor, generar electricidad y fabricar numerosos productos de la sociedad moderna.

Imagen 1. Balance global del carbono



Pg. (Pentagramo) = 10 elevado a la 15 gramos = Gt (Gigatoneladas) = 1000 millones de toneladas.

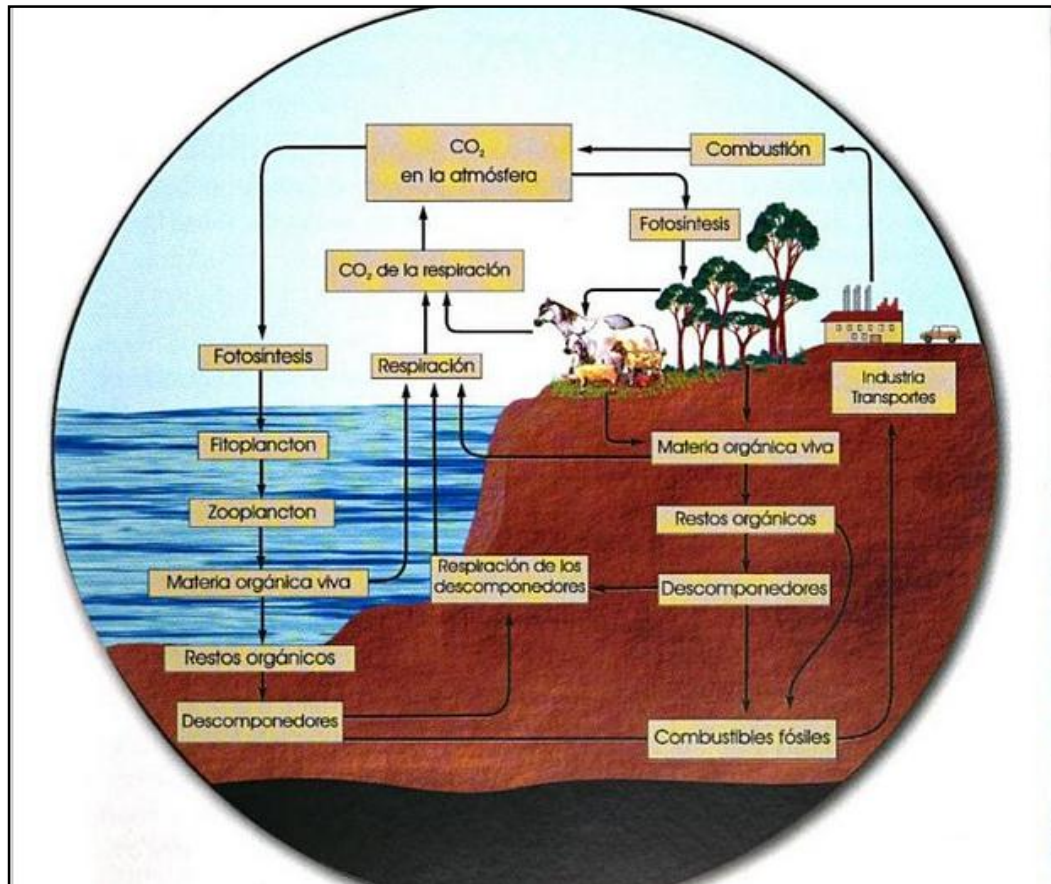
Fuente. (Amézquita, *et al.* 2009)

4.2.4. Ciclo del carbono

Según lo establecido en la fundamentación teórica de Cielsa (2011), “El ciclo del carbono es considerado como un conjunto de cuatro depósitos interconectados: la atmósfera, la biosfera terrestre (incluyendo los sistemas de aguas frescas), los océanos y los sedimentos (incluso los combustibles fósiles). Estos depósitos son fuentes que cumplen la opción de liberar el carbono, o sumideros que son los que absorben carbono de otra parte del ciclo”. (p. 58).

Las plantas verdes absorben el CO₂ de la atmósfera a través de la fotosíntesis. El carbono se deposita en follaje, tallos, y sistemas radiculares y principalmente en el tejido leñoso de los troncos y ramas principales de los árboles. Por esta razón "los bosques son considerados importantes reguladores en el nivel de carbono atmosférico".

Imagen 2. Ciclo global del carbono



Fuente. Amézquita *et al.* (2009)

4.2.5. Biomasa forestal

La biomasa forestal se define como el peso de materia orgánica que existe en un determinado ecosistema forestal por encima y por debajo del suelo, es el resultado del proceso fotosintético para obtener los elementos nutritivos existentes en el medio, utilizando la energía solar. Normalmente es cuantificada en toneladas por hectárea de peso verde o seco (Donald, 2005)

Gómez & Vergara (2010) afirman que, “la biomasa forestal se puede clasificar en:

Natural: Es la que se produce en la naturaleza sin ninguna intervención humana, y que se puede aprovechar como fuente energética. Como por ejemplo los troncos, hojas, ramas, frutos, etc.

Residual Seca: Son los residuos que se generan en las actividades forestales o en la industria de la maderera y que todavía pueden ser utilizados y considerados como subproductos. Como ejemplo podemos considerar el aserrín, la cáscara de almendra, las podas de frutales, etc. (p. 12)

Conforme el IPCC (2007), la biomasa es considerado como la masa total de organismos vivos en una zona o volumen determinado (p. 18); por lo general se incluyen los restos de plantas que han muerto recientemente (biomasa muerta). Por otra parte la FAO (2010), considera que la biomasa es el elemento principal para determinar la cantidad de carbono almacenado en un 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 (p. 175).

La biomasa es la fuente de energía renovable más antigua conocida por el ser humano, pues ha sido usada desde que nuestros ancestros descubrieron el secreto del fuego. (Gómez & Vergara, 2010, p. 16). Para el Protocolo de Kioto, la biomasa tiene un factor de emisión de dióxido de carbono (CO₂) igual a cero. La combustión de biomasa produce agua y CO₂, pero la cantidad emitida de dióxido de carbono fue captada previamente por las plantas durante su crecimiento. Es decir, el CO₂ forma parte de un flujo de circulación natural entre la atmósfera y la vegetación por lo que no representa un incremento en las emisiones de CO₂.

La biomasa es un factor muy importante para realizar estudios de investigación sobre captura de carbono, ya que a partir de la cantidad de biomasa existente en un bosque dado, se puede determinar la cantidad de carbono almacenado y/o fijado por el mismo. El total de la biomasa es principalmente una función de la edad del rodal así que esta es una medida útil para la valoración en la estructura forestal.

4.2.6. Cuantificación de biomasa y carbono en bosques naturales

La cuantificación de biomasa en bosques naturales es uno de los principales temas en relación al problema del calentamiento global. El interés por

estudiar la importancia de los bosques en los ciclos de elementos biogeoquímicos en especial del carbono, empezó recientemente en los últimos años, “debido a que se ha determinado que los árboles a lo largo de todo su crecimiento renuevan de materia estable parte de sus órganos a través del desfronde de hojas, ramas, flores, frutos, corteza, etc.” (Rodríguez, Jiménez, Aguirre, & Treviño, 2006)

Este proceso libera gran cantidad de carbono que se incorpora a la atmosfera como dióxido de carbono (CO₂) y el restante se queda concentrado en el suelo en forma de humus estable. Frente a este proceso, se produce anualmente un aumento de las dimensiones del árbol que se da lugar a partir de la acumulación del carbono (Rodríguez *et al.* 2006, p. 65)

Al momento que el dióxido de carbono atmosférico es incorporado a los procesos metabólicos de las plantas mediante la fotosíntesis, pasa a formar parte importante de la composición de la madera y todos los demás tejidos necesarios para el desarrollo de la planta. El balance entre el carbono capturado en la especie forestal, como resultado de su crecimiento, y el liberado de la descomposición y el desprendimiento de ramas, hojas, frutos, corteza, etc., establece la fijación neta de carbono por árbol. Para la masa forestal se puede emplear el mismo razonamiento incluyendo el balance neto de todas las especies vegetales que lo componen (Nogués, García, & Rezeau, 2010)

4.2.7. Métodos para calcular biomasa

Dentro ámbito internacional se han puesto en marcha estrategias para la mitigación del calentamiento global como las negociaciones de bonos de carbono, para que estas estrategias sean una realidad dentro de proyectos forestales es necesario medir y monitorear el carbono almacenado.

El cálculo de la biomasa es el primer paso para evaluar la productividad de los ecosistemas y la contribución de los bosques tropicales en el ciclo global del carbono (Álvarez, 2008)

Para estimar la biomasa aérea de un bosque existen los métodos directos e indirectos. El método directo fundamenta lo siguiente; se debe medir los parámetros básicos de un árbol (entre los más importantes el diámetro a la altura del pecho -dap, altura total, diámetro de copa y longitud de copa); derribarlo y calcular la biomasa pesando cada uno de los componentes (fuste, ramas y follaje), es denominado también método destructivo (MDL, 2008, p.44)

Otra forma es calcular la biomasa aérea es de manera indirecta a través de ecuaciones y modelos matemáticos obtenidos por análisis de regresión entre las variables colectadas en terreno y en inventarios forestales (Segura & Andrade, 2008). La utilización de este método básicamente consiste en cubicar los árboles y estimar volúmenes de la madera mediante la toma de muestras, se puede estimar parámetros necesarios como el peso seco y la densidad de la madera necesarios para estimar la biomasa total.

Sandra Brown, citado por Dávalos, Rodrigues, & Martínez, (2008) afirma que: la cantidad de carbono almacenado para diversos tipos de bosques naturales, secundarios y plantaciones forestales, casi en su totalidad asume el valor de la fracción de carbono en materia seca en un 50% para todas las especies en general. Éste método es utilizado cuando existen árboles de grandes dimensiones y en casos en los que se requiere conocer el carbono de un bosque sin necesidad de derribar los árboles.

4.2.8. Estimación de biomasa y carbono mediante modelos alométricos

Jacques Rondeux (2010), dentro de su libro *Medición de Árboles y Masas Forestales*, afirma que los modelos alométricos son ecuaciones matemáticas que permiten estimar el volumen, biomasa y el carbono de los árboles en función de variables de fácil medición, como el diámetro a la altura del pecho (DAP) y/o la altura total de los árboles (p. 103).

En este sentido para los proyectos de cuantificación de carbono en bosques, plantaciones o sistemas agroforestales es fundamental la generación de

modelos alométricos locales para la adecuada estimación del carbono almacenado en estos ecosistemas. Se debe ejecutar un muestreo destructivo de manera obligatoria para el desarrollo de estos modelos. El tamaño de muestra debe ser definido de manera que el error de predicción del modelo resultante esté dentro de los rangos aceptados; en general, se estima que se obtienen valores del error aceptables con tamaños de muestra mayores a 20 individuos distribuidos sobre todo en los rangos de diámetro.

Para obtener la biomasa total de cada individuo se realiza la suma de la biomasa de los distintos componentes del árbol. Al momento de ser obtenida la biomasa total de los árboles muestreados se intenta obtener, mediante técnicas estadísticas, relaciones directas entre la biomasa total del árbol y las variables del mismo medidas en pie. Para calcular la biomasa viva con base en ecuaciones alométricas conviene con diseñar un muestreo estadísticamente representativo en el que se midan las variables independientes de la ecuación alométrica seleccionada. Los datos finales pueden ser presentados por clase diamétrica (Rondeux, 2010)

Watzlawick citado por (MDL, 2008) “desarrollo algunas ecuaciones para calcular la biomasa total:

$$BT = \beta_0 * dap * \beta_1$$

$$BT = \beta_0 + \beta_1 * dap + \beta_1 * dap^2$$

$$BT = \beta_0 + \beta_1 * dap + \beta_3 (dap^2 + h)$$

$$BT = \beta_1 + \beta_2 * dap + \beta_3 * dap^2 + \beta_4 (dap^2 * h)$$

$$BT = \beta_0 + \beta_1 * dap^2 + \beta_2 (dap^2 * h)$$

$$BT = \beta_0 + \beta_1 * dap + \beta_1 * h$$

$$BT = \beta_0 * dap * \beta_1 * hc$$

Dónde:

BT = Biomasa total.

β_1 = i-ésimo parámetro de regresión del modelo.

Dap = Diámetro a la altura del pecho.

h = Altura del árbol.

Hc= Altura comercial (p. 49).

Cabe mencionar que para esta investigación se tomó en cuenta las ecuaciones propuestas por Dávalos *et al.* (2008) ya que están ajustadas acorde de la especie mediante la cual se está realizando las estimaciones.

4.2.9. Criterios para la selección de modelos alométricos

Se debe considerar los siguientes criterios:

El alto coeficiente de determinación ajustado (R^2 -ajust.): el coeficiente de determinación (R^2) q indica la proporción de la variación total observada en la variable dependiente. El (R^2 -ajust.) es una variante del (R^2) que no necesariamente aumenta al incluir una variable independiente adicional en el modelo debido a que penaliza la inclusión de nuevas variables independientes. Si la variable dependiente ingresada es significativa, el (R^2 -ajust.) será cercano al R^2 en caso contrario, el (R^2 -ajust.) disminuirá en relación al R^2 cuanto más cercanos a 1 sean, el ajuste del modelo será mayor.

El índice de Furnival (IF), que permite comparar modelos lineales con aquellos donde la variable dependiente es transformada. El IF en modelos sin transformar es igual al error estándar de la estimación. Cuanto más pequeño es el IF mejor es el ajuste del modelo (Segura & Andrade, 2008)

4.2.10. Factor de expansión de biomasa

El factor de expansión de biomasa es un factor de multiplicación que aumenta la madera en pie o el volumen comercial, para tener en cuenta componentes de biomasa no medidos, como ramas, follajes y árboles no comerciales. MDL (2008) considera que, “El factor de expansión de biomasa (FEB) es la relación que existe entre la biomasa del fuste y la biomasa total” (p.

47). El FEB es una herramienta útil cuando se quiere calcular la biomasa total del árbol y si solo se conoce la biomasa del fuste. Diversos estudios han generado relaciones alométricas con FEB que varían de 1.3 hasta 2.5 dependiendo de la especie, la edad y el dap promedio del rodal (Rügnitz, Chacón, & Porro, 2009)

Estas diferencias en valores promedios pueden estar relacionadas con la variabilidad de las especies, densidad de las masas arboladas, o bien calculadas en plantaciones forestales. Estos resultados pueden variar según el grado de intervención del bosque; existe un menor FEB en bosques cerrados y menos alterados y mayor en bosques abiertos y con mayor alteración.

Según Barrionuevo, Pan, Medina, Taboada, & Ledesma. (2013), para plantaciones donde la biomasa total del fuste sea menor a 190 ton/ha el valor de FEB se puede obtener a partir de la siguiente ecuación:

$$\mathbf{FEB} = \text{Exp} [3.213 - 0.506 * \text{Ln} (\Sigma W)]$$

Dónde:

Exp.: Función exponencial matemática

Ln: Logaritmo natural.

ΣW : Sumatoria de la biomasa del fuste de cada árbol.

4.3. Descripción de la especie en estudio.

La especie *Acrocarpus fraxinifolius*. Wight & Arn, más conocida como Cedro rosado de la india, nativa del sur de la India, Asma este del Himalaya, incluyendo Nepal, Bhutan, Burma y Sumatra; es un árbol que alcanzar los 35 metros de altura y es muy usado en proyectos agroforestales, tiene un extraordinario desarrollo cuando se expone a plena luz solar por ser una especie heliófila, con temperaturas de los 12 a 35 grados Celsius y una humedad de aire que oscile entre 50 y 85% ya que no resiste encharcamientos, prefiriendo suelos francos con buen drenaje (Imbaquingo & Naranjo, 2012)

Se planta bastante en la India, conjuntamente con la Teca; es muy popular en Kenya como sombra de café. También se utiliza en Malawi, Nigeria, Tanzania,

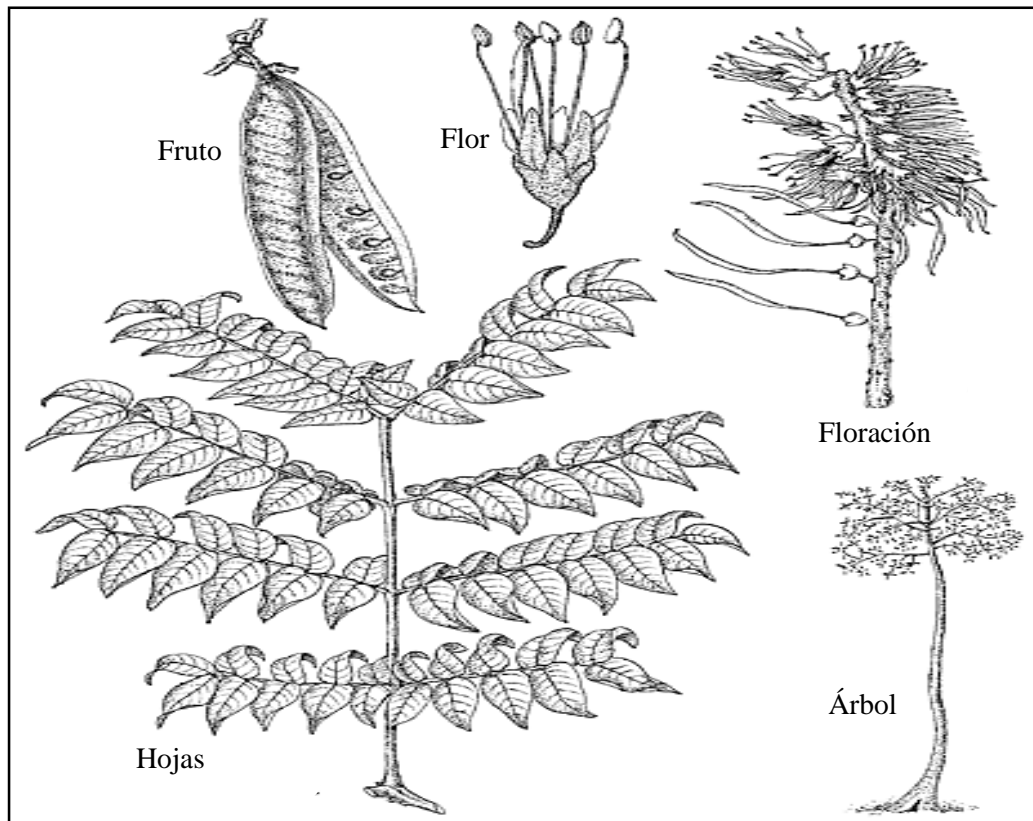
Uganda y Zambia (Martínez, Maruri, Hernández, & Olmedo, 2006). Es muy raro todavía en América Tropical; se cultiva en algunas zonas de México y en América del Sur como Ecuador y Perú se encuentra en investigación en cuanto a su adaptación.

4.3.1. Taxonomía

Según Muñoz, Sáenz, & Rueda, (2011), clasifica al cedro rosado en:

Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Subclase:	Rosidae
Orden:	Fabales
Familia:	Fabaceae
Subfamilia:	Caesalpinioideae
Tribu:	Caesalpinieae
Género:	Acrocarpus
Especie:	<i>Acrocarpus fraxinifolius</i> , Wight & Arn.

Imagen 3. *Cedro rosado* (*Acrocarpus fraxinifolius*. Wight & Arn)



Fuente: (Muñoz, 2011).

4.3.2. Descripción botánica

Según Whitmore, citado por Imbaquingo & Naranjo, (2012). “El cedro rosado es un árbol que alcanza alturas de 30 a 35 m, su fuste es cilíndrico y limpio de ramas en $\frac{3}{4}$ partes de la altura total. Arriba de las vastas raíces tubulares aún puede alcanzar un diámetro de 200 cm. Las ramas son relativamente delgadas y están dispuestas horizontalmente. La corteza es delgada y de color gris claro. Las hojas son pinnaticompuestas, con tres a cuatro pares de pinas, cada una de aproximadamente 30 cm de largo”.

Las hojas tiernas son de color rojo claro llamativas y dan al árbol su apariencia característica, las flores aparecen en racimos y son de un color rojo escarlata. Generalmente, la floración ocurre en los meses de marzo y abril, en árboles que alcanzan 10 o más años. Las vainas son aplanadas de 8 a 12 cm de largo y conteniendo en promedio 10 semillas de forma ovalada y aplanada. La copa o corona es liviana y redondeada (Bárcenas & Ordóñez, 2008)

4.3.3. Usos

Se cultiva en algunas regiones tropicales para obtener madera ya que es de gran utilidad, dura pero fácil de labrar, la cual se utiliza para fabricar muebles y para construcciones rurales. En la India se usa como pulpa para hacer papel. Bajo condiciones favorables de luz se ha usado esta especie como sombra para plantaciones de té y café ya que la presencia de esta especie enriquece las plantaciones, se ha utilizado eficazmente para reforestar áreas abandonadas, porque ayuda en la conservación de los suelos (Imbaquingo & Naranjo, 2012)

4.3.4. Clima

Dentro de su área de distribución natural crece en sitios con temperatura media anual de 19 a 28°C, mínima de 16 a 22°C y máxima de 23 a 35°C, con precipitación entre los 500 a 3000 mm. Se desarrolla mejor en sitios con una precipitación igual o mayor a los 2000 mm. Se considera sensible a las heladas y no tolera las sequías, aunque parece estar bien adaptado a sitios fríos pero sin la presencia de heladas en tierras altas o en el trópico húmedo con considerable precipitación; también se reporta que se desarrolla en zonas con precipitación pluvial anual de 1500 a 2000 mm. Tolerancia a una temperatura máxima absoluta a la sombra de 35 a 42,5°C y sequías prolongadas hasta de 5 meses en lugares con alta humedad relativa; estas condiciones lo hacen excelente para cultivarse en el Sureste Mexicano, Centroamérica y gran parte de América del Sur (Muñoz *et al.* 2011)

Presenta un desarrollo extraordinario al momento que se expone a plena luz solar, (ya que es una especie heliófila), y a temperaturas entre los 12 a 35°C con una humedad del aire que oscile entre 50 y 85%.

4.2.5. Suelos.

Tolera suelos compactos, se desarrolla en suelos rojos y someros o profundos, con abundante materia orgánica y buen drenaje, crece en suelos con un pH de 5,5 a 7, preferentemente. Esta especie es apropiada para suelos francos medianamente superficiales o profundos. Sin embargo, también se desarrolla en suelos superficiales y compactados y es preciso señalar que no resiste los encharcamientos, prefiriendo los suelos francos, profundos, con buen drenaje. Los rendimientos más satisfactorios se tienen en suelos profundos, húmedos pero bien drenados y sin obstáculos, ya que las raíces llegan hasta los 4,5 m de profundidad. (Berendsohn *et al*, 2009)

4.3.5. Plantación y crecimiento

La disposición depende de la pendiente del terreno, la posibilidad de asociación con otros cultivos y el tipo de producto que se desea obtener, así como la intensidad de fertilización, podas y aclareos (Menéndez, 2007)

Se plantan a espacios de 3 x 3 m o a tresbolillo, para la obtención de madera aserrada, de preferencia en áreas que han sido clareadas y quemadas. En plantaciones adultas es necesario que los espaciamientos sean más grandes, ya que las copas de los árboles se extienden a una distancia considerable. Se recomienda que las copas se mantengan libres para evitar que el crecimiento quede estancado. Los árboles deben plantarse en el campo a los 3 meses después de su germinación cuando éstos alcanzan una altura de 30 a 40 cm, pueden establecerse a 2 m entre ellos con la finalidad de aplicar un aclareo al tercer o cuarto año, en plantaciones puras. Para sombra de café, puede plantarse a una equidistancia de 8 m, aunque también se pueden plantar cada 10 m (Muñoz *et al*. 2011)

Para Sepatro, citado por Dávalos *et al*. (2008). El tipo de producto que desea obtener, así como la fertilidad, clase de suelo y la intensidad del manejo, definen el espaciamiento o diseño de plantación a utilizar, por ejemplo, para obtener como producto principal madera se emplea un espaciamiento inicial de 3 x 3m y aclareos a los 4 y 8 años. En asociación agroforestal el espaciamiento

inicial deberá ser de 4 x 4 m y aclareos entre los 4 y 6 años. También se reporta que se pueden utilizar espaciamientos hasta de 5 x 5 m y en sistema agroforestal para sombra de cafetales y cacao, la distancia de plantación o siembra puede ser de 5 x 10, 7 x 7 o 10 x 10 m, dependiendo del cultivo y de la altura sobre el nivel del mar (Menéndez, 2007)

4.4. Marco legal

La presente investigación ha considerado la Constitución de la Republica, Tratados y Convenios Internacionales, la Ley Forestal y de Conservación de Áreas Naturales y Vida Silvestre y el Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente.

4.4.1. Constitución de la República del Ecuador

La Constitución de la República del Ecuador publicada en el Registro Oficial No. 449 del 20 de octubre de 2008, en el Título II Derechos, Capítulo segundo Derechos del buen vivir y el Título VII Régimen del Buen Vivir, consideran la protección ambiental como uno de los deberes primordiales del Estado.

TÍTULO II

Capítulo Segundo.- Derechos del ben vivir

Art. 14.- Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, Sumak Kawsay. Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados.

Art. 15.- El estado promoverá en el sector público y privado, el uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto.

Capítulo cuarto.- Derechos de las comunidades, pueblos y nacionalidades

Art. 57.- Numeral 8, en concordancia con convenios, declaraciones e instrumentos internacionales de derechos humanos, reconoce y garantiza a las comunas, comunidades, pueblos y nacionalidades indígenas, los derechos colectivos a: conservar y promover sus prácticas de manejo de la biodiversidad y de su entorno natural, para lo cual el Estado establecerá y ejecutará programas, con la participación de la comunidad, para asegurar la conservación y utilización sustentable de la biodiversidad; al mismo tiempo en el numeral 12 promueve mantener, proteger y desarrollar los conocimientos colectivos; sus ciencias, tecnologías y saberes ancestrales; los recursos genéticos que contienen la diversidad biológica y la agrobiodiversidad, con inclusión del derecho a recuperar, promover y proteger plantas, animales, minerales y ecosistemas dentro de sus territorios; y el conocimiento de los recursos y propiedades de la fauna y la flora.

Capítulo sexto.- Derechos de libertad

Art. 66.- Numeral 27, establece el derecho a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, así como, libre de contaminación y en armonía con la naturaleza.

Capítulo séptimo.- Derechos de la naturaleza

Art. 71.- La naturaleza o Pacha Mama, donde se reproduce y realiza la vida, tiene derecho a que se respete integralmente su existencia y el mantenimiento y regeneración de sus ciclos vitales, estructura, funciones y procesos evolutivos.

Art. 73.- Determina que el Estado aplicará medidas de precaución y restricción para las actividades que puedan conducir a la extinción de especies, la destrucción de ecosistemas o la alteración permanente de los ciclos naturales.

Capítulo noveno.- Responsabilidades

Art. 83.- Numeral 6, establece como deber y responsabilidad de las ecuatorianas y los ecuatorianos, respetar los derechos de la naturaleza, preservar un ambiente sano y utilizar los recursos naturales de modo racional, sustentable y sostenible.

TÍTULO V

Capítulo tercero.- Gobiernos autónomos descentralizados y regímenes especiales

Art. 259.- Dispone que con la finalidad de precautelar la biodiversidad del ecosistema amazónico, el Estado central y los gobiernos autónomos descentralizados adoptaran políticas de desarrollo sustentable que compensen inequidades y consoliden la soberanía.

Art. 267.- Numeral 4. Incentivar el desarrollo de actividades productivas comunitarias, la preservación de la biodiversidad y la protección del ambiente.

TÍTULO VI

Capítulo primero.- Principios generales

Art. 276. Numeral 4. Recuperar y conservar la naturaleza y mantener un ambiente sano y sustentable que garantice a las personas y colectividades el acceso equitativo, permanente y de calidad al agua, aire y suelo, y a los beneficios de los recursos del subsuelo y del patrimonio natural.

TÍTULO VII

Capítulo segundo.- Biodiversidad y recursos naturales

Art. 395.- Numeral 1, reconoce como principio ambiental que, el Estado garantizará un modelo sustentable de desarrollo, ambientalmente equilibrado y respetuoso de la diversidad cultural, que conserve la biodiversidad y la capacidad de regeneración natural de los ecosistemas.

Art. 404.- Determina que el patrimonio natural del Ecuador, comprende entre otras, las formaciones físicas, biológicas y geológicas, que por su importancia ambiental, científica, cultural y paisajística, deben ser protegidas, conservadas, recuperadas y promocionadas; sujetando su gestión a los principios y garantías constitucionales.

Art. 413.- El Estado promoverá la eficiencia energética, el desarrollo y uso de prácticas y tecnologías ambientalmente limpias y sanas, así como de energías renovables, diversificadas, de bajo impacto y que no pongan en riesgo la soberanía alimentaria, el equilibrio ecológico de los ecosistemas ni el derecho al agua.

Art. 414.- El Estado adoptará medidas adecuadas y transversales para la mitigación del cambio climático, mediante la limitación de las emisiones de gases de efecto invernadero, de la deforestación y de la contaminación atmosférica; tomará medidas para la conservación de los bosques y la vegetación, y protegerá a la población en riesgo (Constitución del Ecuador, 2008)

4.4.2. Tratados y convenios Internacionales

a) Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático

La comunidad internacional se percató de las graves consecuencias derivadas del calentamiento global y convocó a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Fue aprobada el 9 de mayo de 1992 y entró en vigor el 21 de marzo de 1994. Por medio de ella, los países reconocen que la contribución humana al efecto invernadero es un problema común de toda la humanidad y necesita acciones oportunas y decididas para contrarrestarlo. Para ello, se establece como objetivo de la Convención la estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera a un nivel que impida interferencias antropógenas peligrosas en el sistema climático.

La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático en el Artículo 2.- Determina que el objetivo último de la presente Convención y de todo instrumento jurídico conexo que adopte la Conferencia de las Partes, es lograr, de conformidad con las disposiciones pertinentes de la Convención, la estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera a un nivel que impida interferencias antropógenas peligrosas en el sistema climático. Ese nivel debería lograrse en un plazo suficiente para permitir que los ecosistemas se adapten naturalmente al cambio climático, asegurar que la producción de alimentos no se vea amenazada y permitir que el desarrollo económico prosiga de manera sostenible.

Artículo 4.- literal a) Se compromete a elaborar, actualizar periódicamente, publicar y facilitar a la Conferencia de las Partes, de conformidad con el artículo 12, inventarios nacionales de las emisiones antropógenas por las fuentes y de la absorción por los sumideros de todos los gases de efecto invernadero no controlados por el Protocolo de Montreal, utilizando metodologías comparables que habrán de ser acordadas por la Conferencia de las Partes.

En el Literal b) Formular, aplicar, publicar y actualizar regularmente programas nacionales y, según proceda, regionales, que contengan medidas orientadas a mitigar el cambio climático, teniendo en cuenta las emisiones antropógenas por las fuentes y la absorción por los sumideros de todos los gases de efecto invernadero no controlados por el Protocolo de Montreal, y medidas para facilitar la adaptación adecuada al cambio climático;

El literal d) se compromete a promover la gestión sostenible y apoyar con su cooperación la conservación y el reforzamiento, según proceda, de los sumideros y depósitos de todos los gases de efecto invernadero no controlados por el Protocolo de Montreal, inclusive la biomasa, los bosques y los océanos, así como otros ecosistemas terrestres, costeros y marinos (CMNUCC, 2012)

b) Protocolo de Kioto

Los gobiernos acordaron en 1997 el Protocolo de Kioto del Convenio Marco sobre Cambio Climático de la ONU. El Protocolo entró en vigencia en el año 2005 y desde entonces es vinculante para los países firmantes. El objetivo del Protocolo de Kioto es conseguir reducir un 5,2% las emisiones de gases de efecto invernadero globales sobre los niveles de 1990 para el periodo 2008-2012. Este es el único mecanismo internacional para empezar a hacer frente al cambio climático y minimizar sus impactos

Para cumplir con el Protocolo de Kioto se establecieron además de las reducciones de emisiones de gases de efecto invernadero en cada país, y del comercio de emisiones, otros mecanismos como la Aplicación Conjunta (AC) y el Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL). En cualquier caso, estos mecanismos son suplementarios, ya que cada país ha de reducir sus emisiones.

Estos mecanismos de desarrollo limpio (MDL) abren la posibilidad del surgimiento del denominado "Mercado Internacional del Carbono", en tanto permite a los países del firmantes dar cumplimiento a sus compromisos cuantificados de reducción de emisiones netas de GEI para mitigar el impacto del cambio climático, a través de la adquisición de reducciones certificadas alcanzadas mediante la implementación de Proyectos orientados a este fin.

4.4.3. Ley Forestal y de Conservación de Áreas Naturales y Vida Silvestre

Debido a la importancia estratégica que tienen los bosques naturales y plantados en la conservación del ecosistema y biodiversidad del planeta, existen fuertes presiones a nivel mundial para que se racionalice el aprovechamiento de la madera en todo el mundo. En base a esto, Ecuador ha ido actualizando el marco legal forestal que aplica en el País y dentro de este proceso de actualización legal citamos algunas de las leyes, reglamentos y normativas que regulan el sector forestal ecuatoriano.

La competencia forestal corresponde al Ministerio del Ambiente que es la Autoridad Nacional Ambiental, responsable del desarrollo sustentable y la calidad

ambiental del país y se constituye en la instancia máxima, de coordinación, emisión de políticas, normas y regulaciones de carácter nacional, cuya gestión se enmarca en la Ley Forestal y de Conservación de Áreas Naturales y Vida Silvestre (Ley No. 74, R.O. 64 del 24 de agosto de 1981).

La Ley Forestal y de Conservación de Áreas naturales y Vida Silvestre, en el Capítulo V De las Plantaciones Forestales en el Art. 13.- declara obligatoria y de interés público la forestación y reforestaciones de las tierras de aptitud forestal, tanto públicas como privadas, y prohíbase su utilización en otros fines.

Para el efecto, el Ministerio del Ambiente, formulará y se someterá a un plan nacional de forestación y reforestación, cuya ejecución la realizará en colaboración y coordinación con otras entidades del sector público, con las privadas que tengan interés y con los propietarios que dispongan de tierras forestales.

Art. 20.- El Ministerio del Ambiente, los organismos de desarrollo y otras entidades públicas vinculadas al sector, establecerán y mantendrán viveros forestales con el fin de suministrar las plantas que se requieran para forestación o reforestación y proporcionarán asistencia técnica, con sujeción a los planes y controles respectivos.

Igualmente, las personas naturales o jurídicas del sector privado, podrán establecer, explotar y administrar sus propios viveros, bajo la supervisión y control técnico del Ministerio del Ambiente.

Art. 40.- El Ministerio del Ambiente, establecerá con fines de protección forestal y de la vida silvestre, vedas parciales o totales de corto, mediano y largo plazo, cuando razones de orden ecológico, climático, hídrico, económico o social, lo justifiquen. En tales casos se autorizará la importación de la materia prima que requiera la industria.

A fin de conservar la riqueza de nuestro recurso forestal en diversidad biológica, el aprovechamiento sustentable de estos recursos conjuntamente con

una adecuada gestión ambiental, se formularon nuevas políticas las mismas que se plasmaron en:

- “Plan Nacional de Forestación y Reforestación” – Abril 2003
- “Estrategia para el Desarrollo Forestal Sustentable”. Junio 2000
- “Política y Estrategia de Biodiversidad 2001 - 2010”
- “Estrategia ambiental para el desarrollo sostenible del Ecuador”. Noviembre 1999.

Con la expedición del Texto Unificado de la Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (Decreto Ejecutivo No.3516, R.O. Edición Especial No. 2 del 31 de marzo del 2003), quedo expresado que el Ministerio del Ambiente sustituye en las competencias establecidas en la Ley, al ex-Instituto Ecuatoriano Forestal y de Áreas Naturales y Vida Silvestre (INEFAN).

4.4.4. Texto Unificado de Legislación Secundaria del Medio Ambiente (TULSMA)

El Texto Unificado de la Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente es donde se reúne todas las leyes relacionadas a la protección de los recursos naturales.

Art. 31.- Del Libro III del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente, publicado mediante Decreto Ejecutivo Nro. 316 Del régimen especial Suplemento 2 del 31 de marzo del 2003, establece que la forestación y reforestación de tierras de aptitud forestal, tanto pública como privada se someterá a un Plan Nacional de Forestación y Reforestación formulado por el Ministerio del Ambiente o la dependencia correspondiente de éste, el que se someterá al orden de prioridades descritas por la ley.

Art. 33.- En los convenios que el Ministerio del Ambiente o la dependencia correspondiente de éste, celebre con organismos de desarrollo u otras entidades o empresas del sector público, se exigirá que las partes aporten equitativamente para

cubrir los gastos de operación de las plantaciones y, en los términos del Art. 40, se distribuirán los beneficios resultantes del aprovechamiento del vuelo forestal hasta el primer turno, quedando las cortas provenientes de regeneración o rebrote en beneficio exclusivo del organismo administrador de dichas tierras.

Art. 35.- Las plantaciones mediante el sistema de participación social, en tierras del Estado o de dominio privado, se efectuarán a través de contratos entre los organismos pertinentes del sector público y las organizaciones campesinas legalmente establecidas.

En esta modalidad será obligación de las organizaciones campesinas aportar con la mano de obra para el establecimiento de la plantación, labores silvicultoras y el cuidado y mantenimiento de la misma, hasta el aprovechamiento final. Podrán también aportar con tierras de su propiedad.

Art. 36.- Cuando dichos proyectos se ejecuten en tierras del Estado, se reconocerá por mano de obra en la implantación hasta el setenta y cinco por ciento del salario mínimo vital y el veinticinco por ciento restante quedará como aporte para la plantación, con derecho al quince por ciento de los beneficios del aprovechamiento, sin perjuicio de que las organizaciones campesinas tengan mayores participaciones, según sus aportes (TULSMA, 2007)

4.4.5. Gobiernos autónomos descentralizados

Dentro del régimen de competencias los gobiernos provinciales tendrán las siguientes competencias:

- Planificar el desarrollo provincial y formular los correspondientes planes de ordenamiento territorial, de manera articulada con la planificación nacional, regional, cantonal y parroquial.
- Planificar, construir y mantener el sistema vial de ámbito provincial, que no incluya las zonas urbanas.

- Ejecutar, en coordinación con el gobierno regional, obras en cuencas y micro cuencas.
- La gestión ambiental provincial.
- Planificar, construir, operar y mantener sistemas de riego.
- Fomentar la actividad agropecuaria.
- Fomentar las actividades productivas provinciales.
- Gestionar la cooperación internacional para el cumplimiento de sus competencias.

Artículo 267.- numeral 4 de la Constitución de la República del Ecuador, establece como competencia de los gobiernos autónomos descentralizados parroquiales rurales, el incentivar el desarrollo de actividades productivas comunitarias, la preservación de la biodiversidad y la protección del ambiente.

Artículo 4.- literal d) del Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización, establece que uno de los fines de los gobiernos autónomos descentralizados, es la recuperación, conservación de la naturaleza y mantenimiento de un ambiente sostenible y sustentable.

Artículo 12.- literal e) de la Codificación a la Ley de Gestión Ambiental, establece que son obligaciones de las instituciones del Estado y del Sistema Descentralizado de Gestión Ambiental, regular y promover la conservación del medio ambiente y el uso sustentable de los recursos naturales en armonía con el interés social; mantener el patrimonio natural de la Nación, velar por la protección y restauración de la diversidad biológica, garantizar la integridad del patrimonio genético y la permanencia de los ecosistemas.

La biodiversidad constituye la base del patrimonio natural del país, capaz de proporcionar un flujo constante de bienes y servicios, cuya conservación y utilización sustentable permitan satisfacer las necesidades humanas de consumo y producción; así como garanticen el sustento de la vida.

4.4.6. Instituciones no gubernamentales de apoyo, nacional e internacional

Los programas y proyectos que se desarrollan en nuestro País con la finalidad de mantener un equilibrio en la conservación y el aprovechamiento racional de la madera de los bosques cultivados, cuentan con el apoyo técnico, económico, investigativo, foros de discusión, de algunas instituciones, no gubernamentales, entre los que mencionamos a continuación:

a) Instituciones de apoyo, nacionales.

- ASOTECA, Asociación Ecuatoriana de productores de Teca y Maderas Tropicales.
- AIMA, Asociación de Industriales de la Madera.
- ASOCIACIÓN DE PEQUEÑOS FORESTALES.
- CAPEIPI, Cámara de la Pequeña Industria de Pichincha.
- CEFOVE, Consejo ecuatoriano para la certificación Forestal Voluntaria.
- CORPEI, Corporación para la Promoción de Exportaciones e Inversiones.
- COLEGIO DE INGENIEROS FORESTALES.
- COMAFORS, Corporación para el manejo forestal sustentable
- CORDELIM, Corporación para la promoción del Mecanismo de Desarrollo Limpio en el Ecuador (MDL)
- CORMADERA, Corporación de Desarrollo Forestal del Ecuador
- FUNDACIÓN FORESTAL JUAN MANUEL DURINI
- FUNDACIÓN NATURA
- FUNDEPIM, Fundación Forestal de la Pequeña Industria de Pichincha.

b) Organismos de cooperación internacionales:

- AID, Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional
- BID, Banco Interamericano de Desarrollo
- CEE, Comunidad Económica Europea
- FAO, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Ganadería

- OIMT, Organización Internacional de Maderas Tropicales

4.5. Marco conceptual

Actividades antropogénicas: se refiere a los efectos, procesos o materiales que son el resultado de actividades humanas a diferencia de los que tienen causas naturales sin influencia humana.

Agro Biodiversidad: Son aquellos componentes de la biodiversidad relacionados con la alimentación y la agricultura, es decir, las especies cultivadas y sus parientes silvestres; y, además, todos los seres vivos/componentes que contribuyen a mantener las funciones de los agroecosistemas, entre ellos insectos, microorganismos, plantas y animales.

Aprovechamiento: Conjunto de todas las operaciones, incluidas la planificación previa y la evaluación posterior, relacionadas con el apeo de los árboles y el desembosque de sus troncos u otras partes aprovechables para su posterior transformación en productos industriales. Se denomina también aprovechamiento de madera.

Área Basal: El área basimétrica o área basal, es la relación existente entre la suma de las superficies de las secciones normales de los árboles de una determinada masa forestal, expresadas en m², y la superficie del terreno que ocupan, expresada en hectáreas

Biomasa: Conjunto de materia orgánica (plantas y vegetales) viva o muerta, aérea o subterránea, pero no fosilizada sobre una superficie definida, cuando se habla de la fuente de biomasa.

Bosque: Tierras de extensión superior a 0,5 ha con árboles de más de 5 m de altura y una cubierta de copas superior al 10 por ciento o árboles capaces de

alcanzar esos umbrales in situ. No incluye las tierras que se utilizan predominantemente como suelos agrícolas o urbanos

Biomasa aérea total: Peso seco del material vegetal de los árboles, incluyendo fustes, corteza, ramas, hojas, semillas y flores, desde la superficie del suelo hasta la copa del árbol.

Biomasa fustal: Biomasa que va desde la superficie del suelo donde empieza el tronco o fuste hasta la primera ramificación del árbol donde comienza la copa.

Cesalpiniáceas. Familia de plantas orden rosales, de flores hermafroditas.

Ciencia forestal: Ciencia que se ocupa de la creación, el cultivo y la ordenación de los bosques y sus recursos correspondientes. La ciencia, el arte y la práctica de ordenar y utilizar los árboles, los bosques y sus recursos asociados en beneficio del ser humano

Corteza: Tejido celular externo de las grandes plantas que protege al cuerpo leñoso. Su espesor puede variar desde 1 mm en el abedul a 30 cm en las secuoyas.

Clinómetro: Destinada a medir pendientes en grados o porcentajes.

Copa de un árbol: Conjunto de ramas vivas y ramificaciones que envuelven la parte superior del tronco.

Conservación: Actividad de protección, rehabilitación, fomento y aprovechamiento racional de los recursos naturales renovables, de acuerdo con principios y técnicas que garanticen su uso actual y permanente.

Cortina rompe vientos: Faja de una o más hileras de árboles plantados para disminuir la acción de los vientos y proteger el suelo, cultivos, ganado y viviendas.

Cuenca Hidrográfica: Es un área enmarcada en límites naturales, cuyo relieve permite la recepción de las corrientes de aguas superficiales y subterráneas que se vierten a partir de las líneas divisorias o de cumbre.

Diversidad Biológica: es la variedad de formas de vida y de adaptaciones de los organismos al ambiente que encontramos en la biosfera.

Ecosistemas: Son sistemas complejos como el bosque, el río o el lago, formados por una trama de elementos físicos y biológicos.

Factores abióticos: Los que comprende todos los fenómenos físicos (presión atmosférica, lluvia, aire, suelo) y químicos (componentes de la rocas, minerales, salinidad del agua) que afectan a los organismos.

Factores bióticos: Comprende todos los seres vivos existentes en un ecosistema, y las interrelaciones que se forman entre ellos, plantas, animales (incluido el hombre) y microorganismo.

Factor de expansión de biomasa: Se define como una función que representa la relación entre biomasa aérea total de árboles y la biomasa fustal a partir de volúmenes forestales inventariados en una hectárea.

Fotosíntesis: Es la conversión de materia inorgánica en materia orgánica gracias a la energía que aporta la luz.

Ininteligible: inentendible comprensible que no se puede comprender, entender o de interpretar.

Inventario Forestal: Actividad de conteo y medición de árboles con el propósito principal de obtener datos para ayudar a la planificación, el aprovechamiento y / o manejo del bosque, lagunas humedales interiores, etc.

Método de Estimación: Procedimiento que se sigue en las ciencias para hallar la verdad y enseñarla. Una estimación es la predicción más optimista con una probabilidad distinta de cero de ser cierta.

Modelos Alométricos: son ecuaciones matemáticas que permiten estimar el volumen, biomasa y el carbono de una plantación de fácil medición.

Muestreo Destructivo: el número de muestras deberán ser sacrificadas para valorar el nivel de calidad del proceso desarrollado en él.

Normativa Forestal: Es la determinación de las obligaciones, responsabilidades, niveles de participación de los sectores público y privado en la gestión ambiental y señala los límites permisibles, controles y sanciones.

Pinnaticompuestas: son las hojas que se estructuran de forma pinnada, es decir, hojas compuestas con numerosos folíolos a lo largo del raquis.

Procesos Metabólicos: Son aquellos procesos involucrados en la transformación de la materia en energía, comprende 2 etapas antagónicas, el anabolismo, etapa de construcción o producción y el catabolismo, etapa de degradación, lisis o destrucción.

Resiliencia forestal: Efectos de un periodo de sequía extrema sobre un ecosistema forestal. Los efectos de la sequía provocan el decaimiento masivo de la población, pero la intensidad del efecto se ve influenciado por la vulnerabilidad de la población.

Sumidero de Carbono: es un depósito natural o artificial de carbono, que absorbe el carbono de la atmósfera y contribuye a reducir la cantidad de CO₂ del aire.

Suelos Francos: Son suelos de elevada productividad agrícola, debido a su textura relativamente suelta, heredada de la arena, a su fertilidad procedente de los

limos incluidos y al mismo tiempo con adecuada retención de humedad por la arcilla presente.

Sustentable: es el proceso por el cual se preserva, conserva y protege solo los Recursos Naturales para el beneficio de las generaciones presentes y futuras sin tomar en cuenta las necesidades sociales, políticas ni culturales del ser humano.

Sostenible: es el proceso mediante el cual se satisfacen las necesidades económicas, sociales, de diversidad cultural y de un medio ambiente sano de la actual generación, sin poner en riesgo la satisfacción de las mismas a las generaciones futuras.

Sistemas Hídricos: es el equilibrio entre todos los recursos hídricos que ingresan al sistema y los que salen del mismo, en un intervalo de tiempo determinado.

Regresión: es la tendencia de una medición extrema a presentarse más cercana a la media en una segunda medición.

Retícula de lado Constante: es una cuadrícula o malla cuyos lados se repiten con frecuencia manteniendo la misma intensidad e iguales dimensiones.

Volumen Forestal: Es aquello que se encarga de cuantificar el crecimiento y la producción forestal.

Variables Dasométricas: es aquella variable que se ocupa en las mediciones forestales, tanto del árbol individual como de la masa forestal, así como del estudio del crecimiento de los árboles, y se concreta en la captación de información de los montes a través de la realización de Inventarios Forestales.

E. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. Materiales

En la presente investigación se utilizó los siguientes equipos y herramientas.

5.1.1. Equipos

- | | | |
|---------------|--------------------------|--------------------|
| • GPS | Marca: Garmin | Serie: Oregón 550. |
| • Clinómetro. | Marca: Suunto | Serie: Sx 400. |
| • Estufa | Marca: Thermo Scientific | Serie: Oms180. |
| • Motosierra | Marca: Husqvarna. | Serie: 228 XP. |
| • Cámara | Marca: Nikkon. | Serie: 7770. |
| • Calculadora | Marca: Casio | Serie: Fx800. |
| • Balanza | Marca: Citizen. | |
| • Brújula. | Marca: Lensatics Lens. | |

5.1.2. Herramientas

a) Campo

- Cinta métrica.
- Huincha distancia de 50 m.

b) Laboratorio

- Marco para muestreo.
- Cartografía disponible.

- Spray color rojo.
- Porta hojas.
- Espátula.
- Machete.
- Probetas de 10 mm.
- Probetas 1.000 mm.
- Pipeta.

5.2. Métodos

5.2.1. Ubicación del área de estudio

El estudio se realizó en el Cantón Morona de la provincia de Morona Santiago a pocos minutos de la ciudad de Macas, en el sector El Paraíso de la parroquia Río Blanco, en la finca perteneciente al Vicariato Apostólico de Méndez que está ubicada a un costado de la vía Troncal Amazónica E 45 Macas – Sucúa.

5.2.2. Ubicación política

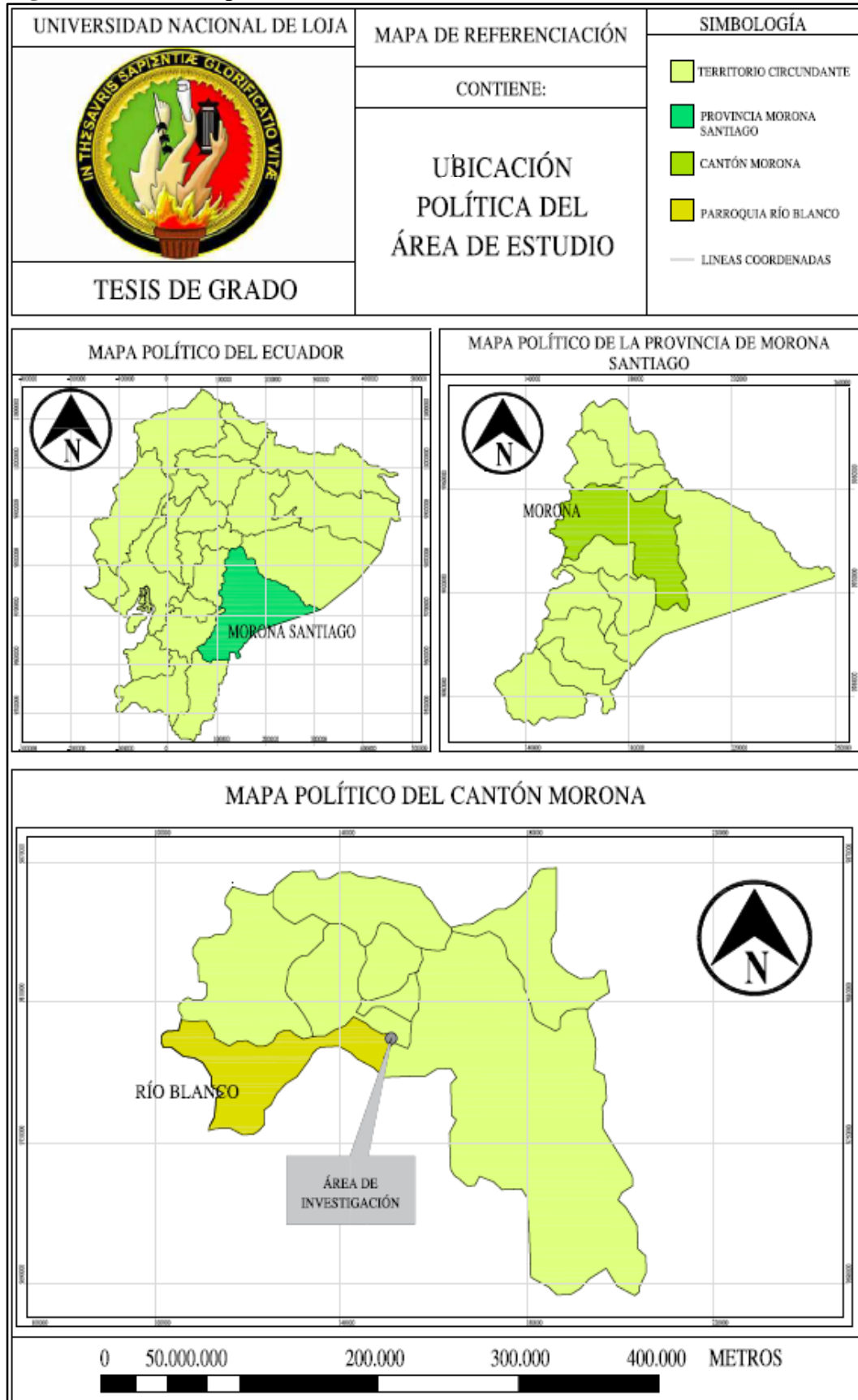
El cantón Morona limita al Norte: con los cantones Pablo Sexto y Huamboya; al Sur, con los cantones Sucúa, Logroño y Tiwintza; al Este, con el cantón Taisha y al Oeste, con las provincias de Chimborazo y Cañar.

El Cantón Morona está dividido en 8 parroquias rurales y una parroquia urbana correspondiente a la cabecera cantonal, ciudad de Macas. Su territorio comprende una superficie total de 4.606,90 km². Corresponde al 19,35% de la superficie provincial. Las parroquias rurales son: Zúñac, Alshi, General Proaño, San Isidro, Río Blanco, Sevilla Don Bosco, Cuchanetza y Sinaí (GADCM, 2015) (Ver Figura 1. pág. 48).

5.2.3. Ubicación geográfica del área de estudio

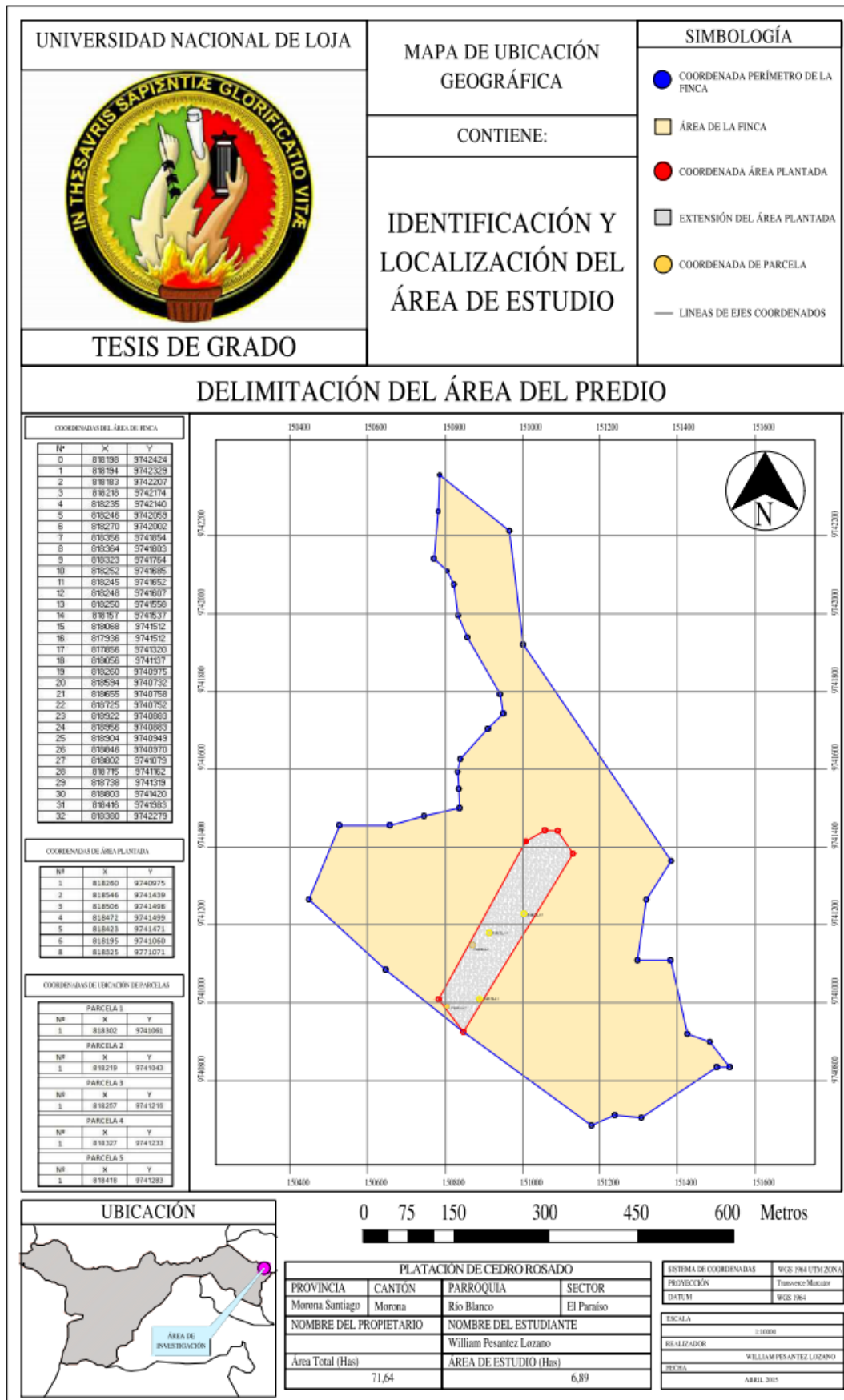
El cantón Morona, pertenece a la provincia de Morona Santiago, está ubicado al centro de la provincia, esta provincia a su vez se encuentra localizada en el centro sur de la región Amazónica, entre la coordenadas geográficas $79^{\circ} 05'45''$ de longitud Norte; $01^{\circ} 26'12''$ de latitud Sur y $76^{\circ} 35'38''$ de longitud Norte; $03^{\circ} 36'36''$ latitud Sur. La finca cuenta con una superficie de 716.455 m^2 , unas 71,64 ha aproximadamente, dentro de las coordenadas geográficas, latitud Sur $02^{\circ}53'55''$ y longitud Norte $77^{\circ}41'57''$, a una altitud de 1.070 msnm. (Ver Figura 2. pág. 49).

Figura 1. Ubicación política del área de estudio



Elaborado por: EL Autor.

Figura 2. Ubicación geográfica del área de estudio con sus respectivas coordenadas



Elaborado por: El Autor

5.3. Aspectos biofísicos y climáticos

5.3.1. Aspectos biofísicos

a. Medio biótico

- **Flora**

Presenta especies vegetales entre ornamentales, medicinales, maderables, frutícolas, pastizales y otros. Las especies vegetales más sobresalientes son especies maderables como el cedro, laurel, guayacán, guarumo, ceibo, barbasco, caoba, chontaduro, tagua, olivo y alcanfor.

El pasto ocupa un 80% del sector, compuesto principalmente por especies pioneras como las gramíneas y musáceas, además está compuesto de un 10% de bosque secundario, con un espeso sotobosque, en donde se observa una alta regeneración sobretodo de Laurel, Cedro y Arupo. El otro 10 % comprende el sector donde se ubican los alrededores de la finca con poca vegetación plantada, ayudando a una gran variedad de aves pequeñas a sobrevivir (Rivadeneira 2014)

Cuadro 1. Especies maderables de la zona

ESPECIE	FAMILIA	NOMBRE COMÚN
<i>Artocarpus altilis</i> : J.R. & G. Forst.	ARTOCARPEAE	Frutipan
<i>Arupo</i> : L.	OLEACEAE	Arupo amazónico
<i>Caryodendron orinocense</i> :H.Karst.	EUPHORBIACEAE	Maní de árbol.
<i>Cassia grandis</i> : L.F.	FABACEAE	Guabilla de río
<i>Cedrela odorata</i> : C.L.	MELIACEAE	Cedro
<i>Ceiba pentandra</i> : L G.	MALVACEAE	Ceibo
<i>Citrus limón</i> : L. Burm.	RUTACEAE	Limón mandarina
<i>Cordia alliodora</i> : Ruiz & Pav.	BORAGINACEAE	Laurel
<i>Ficus soatensis</i> : Pl.	MORACEAE	Caucho
<i>Guilielma</i> : L.	ARECACEAE	Palma
<i>Inga edulis</i> : M.	FABACEAE	Guaba
<i>Psidium guajava</i> : L.	MYRTACEAE	Guayaba
<i>Retrophyllum rospigliossi</i> : P.C.	PODOCARPACEAE	Romerillo
<i>Terminalia amazónica</i> : J.F.Gmel.	COMBRETACEAE	Yumbingue
<i>Vitex gigantea</i> : L.	MIMOSACEAE	Pechiche

Fuente: Rivadeneira (2014)

Elaborado por: El Autor.

- **Fauna**

El Ing. Marco Rivadeneira en el año 2014, en una evaluación ecológica rápida identifico un total 29 especies de fauna que viven y/o visitan el sector, número de especies aceptables en las aproximadamente 71,64 ha, del área de influencia directa de la finca.

Cuadro 2. Especies de mamíferos de la zona

Clase	Familia	Especie	Nombre común	A. relativa
Mamíferos	DIDELPHIDAE	<i>Didelphis marsupialis</i> : L.	Zarigüeya	Común
	DASYPODIDAE	<i>Dasyus novemcinctus</i> : L.	Armadillo	Común
	MYRMECOPHAGIDAE	<i>Tamandua tetradactyla</i> : L.	Oso hormiguero	No común
	SCIURIDAE	<i>Sciurus spadiceus</i> : O.	Ardilla roja	Frecuente
	CRICETIDAE	<i>Oecomys bicolor</i> : T.	Ratón barriblanco	No común
	MURIDAE	<i>Mus musculus</i> : L.	Ratón domestico	Común
	PHYLLOSTOMIDAE	<i>Micronycteris megalotis</i> : G.	Murciélago orejudo	Común

Fuente: Marco Rivadeneira (2014)

Elaborado por: El Autor.

Cuadro 3. Especies de aves de la zona

Clase	Familia	Especie	Nombre común	A. relativa
Aves	CATHARTIDAE	<i>Coragyps atratus</i> : B.J.	Gallinazo negro	Común
		<i>Cathartes aura</i> : L.	Gallinazo rojo	Común
	ACCIPITRIDAE	<i>Elanoides forficatus</i> : L.	Elanio tijereta	Común
		<i>Parabuteo unicinctus</i> : T.J.	Gavilán alicastaño	No común
	FALCONIDAE	<i>Daptius ater</i> : V.	Caracará negro	Común
	COLUMBIDAE	<i>Columba plumbea</i> : V.	Paloma plomiza	Común
	CUCULIDAE	<i>Crotophaga ani</i> : L.	Garrapatero	Común
	THAMNOPHILIDAE	<i>Pyriglena leuconota</i> : P.	Ojo de fuego	Frecuente
	TYRANNIDAE	<i>Myiophobus flavicans</i> : PL.	Mosquerito	Frecuente
<i>Megarynchus pitangua</i> : L.		Picudo	Común	

Fuente: Marco Rivadeneira (2014)

Elaborado por: El Autor.

b. Medio abiótico

• Recurso suelo

En cuanto a elevaciones existen alturas que van desde los 150 hasta los 5250 msnm. Siendo el Bosque piemontano (600-1300 msnm) el de mayor abundancia y representa el 47,04% de la superficie. Predominan las pendientes escarpadas (25 - 50%) que representan el 34,81% de toda la zona. Más del 50% de la superficie cantonal tiene como característica litológica principal a las latitas, conglomerados y calizas. La variedad de pisos altitudinales benefician y aportan a la biodiversidad de especies y a la producción ya que son suelos con litología que favorecen a la fertilidad de la tierra. Aunque diversas actividades como agrícolas, ganaderas, forestales y asentamientos humanos, no acordes con las características del suelo han provocado un serio problema ambiental dentro del equilibrio ecológico de suelo (PCDOT, 2015)

De acuerdo a la topografía del área de estudio, la finca se encuentra ubicada a una altura de 917 msnm y 1126 msnm, la más baja se encuentra en las riberas del río Upano y Jurumbaino, terrenos que son utilizados para la alimentación del ganado bovino, en la parte alta, de la misma manera se encuentra el mayor porcentaje cubierto de pastizales, al margen sur de la finca posee un bosque secundario, a las orillas de la carretera se está implementando un plan de reforestación con cedro rosado (*Acrocarpus fraxinifolius*. Wight & Arn) que comprende un área aproximada de siete hectáreas (Rivadeneira, 2014)

• Recurso agua

El cantón Morona por su ubicación geográfica y pluviosidad, los principales sistemas hídricos pertenecen a 3 cuencas que son: las cuencas del Santiago (50,71%), Morona (46,44%) y Pastaza (2,85%), y las subcuencas hidrográficas están comprendidas por los ríos Upano, Mangosiza y la micro cuenca del río Jurumbaino. Existen 19 lagunas entre las más representativas. El

53% están ubicadas en Zúñac, el 26% en Sinaí y el 21% en Río Blanco (PCDOT, 2015).

Se han identificado 58 fuentes hídricas, de las cuales 12 están concesionadas y 46 no. El uso principal es para consumo humano lo que representa el 91,38%, para hidroeléctricas el 5,17% y para riego e industria el 1,72% respectivamente. De estas fuentes hídricas el 41,38% están contaminadas debido a diversas practicas agropecuarias (pastoreo y cultivos) (PCDOT, 2015)

Los sistemas hídricos del cantón Morona presentan diversidad de lagos y lagunas que aportan un valor paisajístico al entorno y la conservación de la biodiversidad propia de estos ecosistemas, además posee disponibilidad de recursos hídricos para consumo humano, riego, industria, navegación, generación de energía eléctrica, y para actividades turísticas, deportes extremos y pesca. Motivo por el cual se ha producido alteración, disminución de caudales y contaminación de sistemas hídricos por la expansión e incremento de las actividades antrópicas.

5.3.2. Aspectos climáticos

a. Precipitación

Las precipitaciones en la provincia de Morona Santiago son más o menos uniformes durante todo el año. Varía en rangos comprendidos entre los 500 hasta los 3000 mm, por lo que no se observan meses secos. En la sabana amazónica alcanza precipitaciones superiores a los 3000 mm. En todos los cantones de la provincia aumentaron las lluvias durante el 2014, creando condiciones desfavorables para los cultivos principales como: la pitahaya, y la yuca.

En los últimos años la provincia de Morona Santiago ha tenido cierta variación en cuanto a su precipitación anual desde el año 2007 hasta el 2014, presentando un promedio de 1133 mm/año, siendo los años 2010 y 2011 los que menor precipitación presentaron, esto debido a la presencia del fenómeno del niño

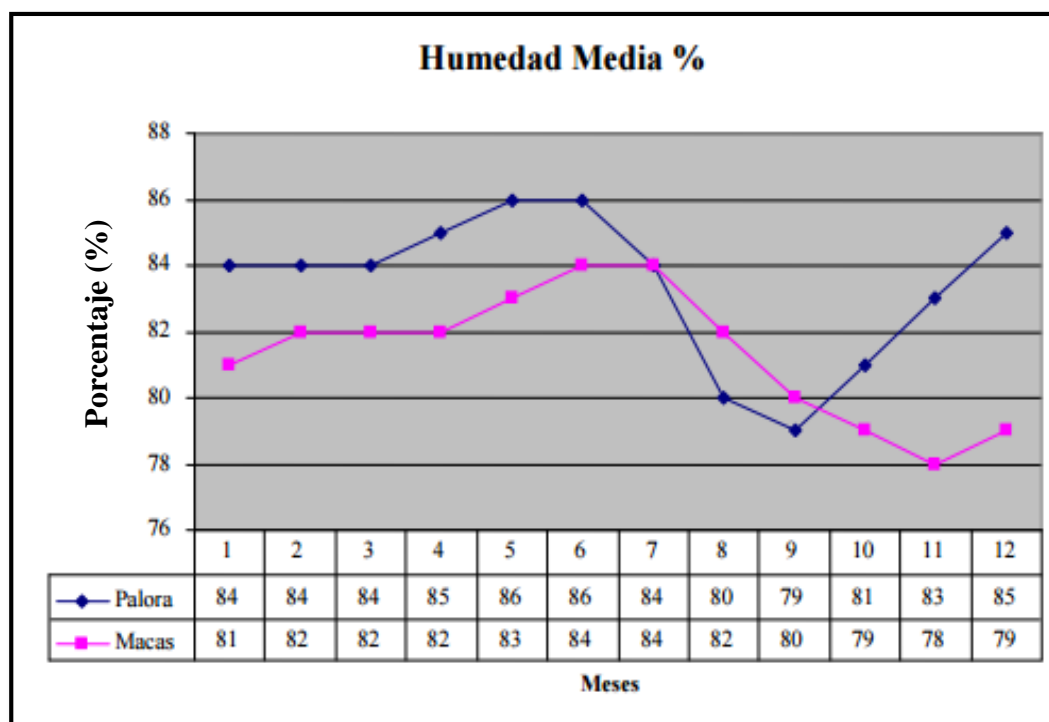
que provocó la escasez de precipitaciones en gran parte del Ecuador (INAMHI, 2015).

b. Humedad

En la provincia de Morona Santiago el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, registra la humedad relativa tres veces al día, a las 07h00, 13h00 y 19h00 en las estaciones de Macas y Palora la cual viene expresada en porcentaje. El registro de observaciones analizado presenta una media de 81% y 83% respectivamente además se observa una humedad que va desde el 78% en noviembre al 84% en julio y agosto en Macas, y del 79% en septiembre al 86% en junio en Palora (GADPMS, 2014)

El gráfico 1, presenta la variación estacional de la humedad relativa expresada en valores medios mensuales. Existe una clara tendencia al incremento en los meses iniciales correspondientes al invierno oriental (marzo a junio) en Palora, sucede lo contrario en los meses de septiembre a febrero, correspondiente a los meses de menos lluvia en la zonas de influencia oriental, similar comportamiento presenta Macas con un incremento de abril a julio y una baja de septiembre a noviembre.

Gráfico 1.



Fuente: Dirección de Aviación Civil Ecuador (2014).

c. Temperatura

El clima en el cantón es muy variado según la altura del terreno, no hay climas extremadamente fríos a excepción del clima del Sangay, la temperatura oscila entre los 3 – 6°C en alturas de 3500 a 4200 msnm., hasta los 26°C en las zonas bajas de 200 a 600 msnm.

La zona comprende grandes variaciones climáticas. Alto andino va desde los 3500 hasta sobre los 5400 msnm en las estribaciones del volcán Sangay (3 y 6°C). Templado cuyas altitudes se extienden desde los 2000 hasta los 3500 msnm (12 y 18°C). Subtropical desde los 300 hasta los 1900 msnm (18 y 22,8°C). Tropical, de la llanura amazónica, por debajo de los 600 msnm (23 y 26°C) (GADCM, 2015)

Tabla 2. Zonas climáticas de Morona Santiago

ZONA	ALTURA	TEMPERATURA	PRECIPITACIÓN
Tropical: Muy Húmeda, Húmeda, Subhúmeda	200 - 600 msnm.	23 y 26 °C	1500 a 3000 mm.
Subtropical: Subhúmeda, Húmeda,	300 hasta aproximadamente	18 y 22,8 °C	1000 a más de

Muy Húmeda y Lluviosa	1900 msnm.		3000 mm.
Temperado: Subhúmeda, Húmeda, Muy Húmeda, Lluviosa y Muy Lluviosa	2000 hasta 3500 msnm.	12 y 18 °C	500 a más de 3000 mm.
Subtemperada: Húmeda, Muy Húmeda, Lluviosa, Muy Lluviosa	3000 a 4000 msnm.	6 y 12 °C	500 a 3000 mm.
Páramo Lluvioso y Muy Lluvioso	3500 a 4200 msnm.	3 y 6 °C	1000 a 1500 mm

Fuente: GADCM (2015)

Realizado por: EL Autor.

5.4. Tipo de investigación

El presente trabajo de investigación corresponde a un diseño no experimental; se basa en la investigación de campo, investigación descriptiva y documental; consta de la observación directa, mediante mapas, registros, revisión bibliográfica, recolección y análisis de datos, que permita determinar el contenido de carbono en biomasa aérea de una plantación de cedro rosado (*Acrocarpus fraxinifolius*. Wight & Arn) a los 4 años de edad, localizada en la parroquia Río Blanco del cantón Morona con la finalidad de conocer su capacidad de almacenamiento y su contribución a la reducción del cambio climático.

5.5. Realizar un inventario forestal de la plantación de cedro rosado (*Acrocarpus fraxinifolius*. Wight & Arn)

Considerando la necesidad de la obtención de datos dasométricos para el cálculo de la cantidad de carbono almacenado en la plantación forestal de cedro rosado (*Acrocarpus fraxinifolius*. Wight & Arn), se realizó un inventario forestal sistemático estratificado, mismo que se proyectó a una intensidad de muestreo del 4% del área total de la plantación de acuerdo con el manual para inventarios forestales utilizados en el MAGAP (2014).

Tabla 3. Intensidad de muestreo para inventarios forestales

Tamaños Plantación (ha)	Intensidad de muestreo (%)
≤ 1,0	Censo
1,10 a 5,00	5,00
5,10 a 10,00	4,00
10,10 a 20,00	3,00
20,10 a 50,00	2,00
50,10 a 100,00	1,00
100,00 – 200,00	0,75
> a 200,00	0,50

Fuente: MAGAP (2014)

Elaborado por: El Autor.

5.5.1. Planificación o preparación de trabajo de campo

En la planificación o preparación del trabajo de campo, se inició por adquirir toda la información necesaria tanto técnica como bibliográfica para la elaboración del inventario forestal, en esta etapa se procedió a la elaboración de mapas y formularios mediante los cuales se procedió a la ubicación del terreno y registro de datos respectivamente, se continuo con la adquisición de equipos y/o materiales indispensables en la ejecución del proyecto, una vez realizada esta acción se adquirió la logística necesaria para la realización del trabajo de campo y finalmente con inducciones por parte de profesionales expertos en el tema se procedió a ingresar a la plantación para el desarrollo de la investigación.

5.5.2. Acceso a la zona a inventariar

Para acceder al área donde se realizó el inventario forestal, se partió en automóvil desde la ciudad de Macas, en dirección sur unos 5 kilómetros por la vía Troncal Amazónica E45 Macas – Sucúa hasta llegar al Vicario Apostólico de Méndez de la parroquia Río Blanco ubicado en el sector el paraíso, esto considerando que la plantación forestal se encuentra localizada en frente de dicho establecimiento y a un costado de la vía antes mencionada.

5.5.3. Levantamiento del área de estudio mediante sistemas de navegación

Para la obtención de las coordenadas geográficas de la finca y específicamente del área plantada donde se realizó el estudio, fue necesario la utilización de un equipo de campo, lo que permitió navegar a lugares predeterminados en donde se hizo las mediciones y se registraron las posiciones de lugares específicos, siguiendo el siguiente procedimiento:

- Se realizó el levantamiento planimétrico del área donde se encuentra la plantación forestal de cedro rosado (*Acrocarpus fraxinifolius*. Wight & Arn), encontrar y marcar los lugares donde se realizó las mediciones se logró fácilmente usando un receptor de mano GPS, Marca: Garmin, Serie: Oregón 550, esto se realizó mediante un recorrido por el perímetro de la plantación.
- Levantados los puntos del perímetro de la plantación se procedió a cargar las coordenadas X, Y en el computador y a subirlos en SIG (Sistema de Información Geográfica). Subidos estos datos se les dio proyección y, se las paso al Datum WGS 84, Zona 17 Sur, debido a que la cartografía a nivel nacional se encuentra en este datum.
- Con los datos de campo ya cargados en un SIG y con el datum antes indicado se procedió a dibujar el perímetro y finalmente se calculó la superficie.
- Conocida la superficie se procedió a estimar la intensidad de muestreo ajustada anteriormente y el número de parcelas a implementar, de acuerdo a lo que indica la Subsecretaría de Producción Forestal se debe realizar la siguiente relación; como la plantación forestal presenta un área total de 6,89 ha, y la intensidad de muestreo es al 4%, entonces tenemos: $(6,89 \text{ ha} \times 4\%/100) * (10.000 \text{ m}^2) = 2.756 \text{ m}^2$ para lo cual se deberían establecer 3 parcelas de 1.000 m^2 cada una, (MAGAP 2014). Pero para este estudio se

establecieron 5 parcelas de 1.000 m² y así ayudar a reducir el error de la muestra en la ejecución del proyecto.

5.5.4. Ubicación de las parcelas de muestreo a inventariar

Para la ubicación de las parcelas de muestreo se utilizó el método de muestreo aleatorio simple, en el cual se empleó el siguiente procedimiento:

- En base a la intensidad de muestreo ya determinada se calculó la superficie a ser muestreada. Las parcelas establecidas son rectangulares de 1.000 m², es decir de 20 x 50 m. Se establecieron en sentido Norte-Sur.
- Para determinar la ubicación de las parcelas, mediante el uso del programa ArcGIS 9.1 se elaboró sobre el plano una retícula de lado constante (Anexo 5 pág. 109), en cuyas intersecciones se dispusieron las parcelas del inventario forestal y debido a que se empleó el método de muestreo aleatorio simple, las unidades muestrales (parcelas) fueron elegidas aleatoriamente sin que la elección de unas influya en las otras.
- Determinada la ubicación de las parcelas se procedió a instalar las mismas, para lo cual se empleó el uso de un receptor de mano GPS, Marca: Garmin, y se ubicó el punto seleccionado de las intersecciones antes mencionadas desde el primer punto se midió 50 metros norte a sur. A partir de éste trazo se estableció una línea paralela a una distancia de 20 metros utilizando una brújula para reducir el margen de error. De esta manera se obtuvo una parcela de 1.000 m². Se colocó estacas en los cuatro vértices de las parcelas y se repitió el mismo proceso para establecer las parcelas restantes.

5.5.5. Levantamiento de información dasométrica y de ubicación de árboles

En base al diseño del inventario e identificados los cuatro vértices de la parcela se procedió a medir cada uno de los individuos que se encontraron dentro del área de la parcela, levantando la siguiente información:

- **DAP: Diámetro a la altura del pecho**

Consistió en medir el valor de la circunferencia del fuste a 1,30 m de altura desde el nivel del suelo, para lo cual se utilizó una cinta métrica, y con ese valor se obtuvo el valor del diámetro a la altura del pecho, aplicando la siguiente formula:

Ecuación N° 1: Cálculo del diámetro a la altura del pecho (DAP)

$$D = C / \pi$$

Dónde:

D: es el diámetro

C: es la circunferencia (Rügnitz *et al.* 2009)

- **Diámetro de copa**

Se procedió a proyectar la copa del árbol al suelo y con la utilización de una cinta métrica se mido la proyección en dos ejes (N-S; E-O), se promedió los resultados obtenidos para obtener el diámetro de la copa, la precisión fue al metro.

- **AC: Altura comercial**

Esta es la dimensión que se considera aprovechable comercialmente, mediante el uso del clinómetro marca Suunto se realizó la medición y estimación de la altura comercial del árbol tomando como referencia la altura de la primera rama, la precisión fue al metro

- **AT: Altura total**

Mediante el uso del clinómetro se realizó la estimación y medición de la altura total del árbol, la precisión fue al metro.

Los datos recolectados fueron anotados en la hoja de campo diseñada para tal fin, (Anexo 1 pág. 93).

5.5.6. Tabulación de datos obtenidos

Concluida la fase de campo, es decir el levantamiento de la información primaria en las parcelas de muestreo, se inició el proceso de ordenamiento y análisis de la información del inventario, utilizando el programa Microsoft Excel 2013 los datos obtenidos e ingresados al computador fueron analizados estadísticamente a fin de poder determinar la validez de éstos, aplicando las siguientes ecuaciones que constan en la normativa forestal del MAE, Acuerdo Ministerial # 244, Registro Oficial # 157, del 28 de agosto del 2007.

- **Área basal**

Ecuación 2. Cálculo del área basal.

$$AB = \frac{\pi * dap^2}{4}$$

En dónde:

AB = Área basal

π = Constante pi

DAP = Diámetro del árbol a la altura del pecho.

- **Volumen**

Ecuación 3. Cálculo del volumen.

$$V = AB * h * f$$

En dónde:

V = Volumen del árbol

AB = Área basal

h = Altura del árbol

f = Factor de forma (0,70).

5.6. Calcular la cantidad de biomasa aérea en una plantación coetánea de cedro rosado (*Acrocarpus fraxinifolius*. Wight & Arn), considerando la densidad de la madera

5.6.1. Toma de muestras de madera

Una vez obtenidos los datos del inventario forestal y haciendo uso de la estadística se determinó los árboles más representativos a sacrificar, realizada esta acción se aprovechó 3 árboles, para sacar 3 probetas en diferentes cortes: de la parte baja, media y alta de cada uno de los árboles (Segura & Andrade, 2008), empleando el procedimiento detallado continuación:

- Mediante el uso de una moto sierra marca Husqvarna 228 XP se realizó el corte del árbol seleccionado a una altura de 30 cm del suelo.
- Se dejó el fuste limpio de hojas y ramas para ser cortado en 3 trozas midiendo 1,30 m, de cada extremo y de cada sección se tomó una muestra de 15 cm de largo, en cada corte se colocó cera de vela para que no haya fugas de humedad en la madera reduciendo así el margen de error en la investigación.
- Las muestras de cada uno de los árboles seleccionados fueron trasladadas a un aserradero donde se obtuvo una muestra con dimensiones definidas 10 x 3 cm tomando en cuenta la Norma COPANT 458, luego estas fueron debidamente etiquetadas, y se llevó al laboratorio donde se determinó la densidad básica de la madera, (DB: peso anhidrido (seco) entre volumen

verde,) por espécimen (Dávalos *et al.* 2008), el proceso se realizó tomando en cuenta las indicaciones de la norma INEN 1160. Valor que permitió calcular la biomasa de los árboles.

5.6.2. Cálculo de la densidad de la madera en el laboratorio

Se procedió a estimar el peso anhidro (secado en estufa) para lo cual se obtuvo los datos de peso verde (húmedo) utilizando una balanza, que permita determinar el peso con una exactitud hasta de 0,01 g. Luego se colocó las muestras en probetas de 1.000 ml con agua a 600 ml en relación a la línea de enrase y se obtuvo el volumen de las muestras estableciendo una relación entre el volumen inicial y el volumen final de la probeta.

Se colocó las muestras en una estufa eléctrica, provista de termostato, que permita operar a una temperatura de $103 \pm 3^{\circ}\text{C}$, las muestras a esta temperatura permanecieron durante 20 horas; luego de sacarlas de la estufa se las pesó para obtener la constante (INEN, 2012)

Determinado el peso anhidro se realizó el cálculo de la densidad básica de la madera mediante la ecuación siguiente:

Ecuación 4. Cálculo de la densidad básica de la madera

$$DB = \frac{PA}{VV}$$

Dónde:

DB: Densidad básica de la madera

PA: Peso anhidro de la muestra (secado en estufa)

VV: Volumen verde de la muestra (Dávalos *et al.* 2008)

5.6.3. Cálculo de la biomasa del fuste

Para determinar la biomasa total del árbol se calculó inicialmente la biomasa total del fuste, multiplicando su volumen comercial por la densidad básica de la madera aplicando la siguiente fórmula (Dávalos *et al.* 2008)

Ecuación 5. Cálculo de la biomasa del fuste de cada árbol.

$$W = VCC * DA$$

Dónde:

W: Biomasa del fuste de cada árbol (ton)

DA: Densidad básica de la madera (g/cm^3)

VCC: volumen del fuste limpio (sin ramas) con corteza (m^3).

La densidad básica de la madera se obtuvo del cálculo determinado en el laboratorio mencionado anteriormente. El volumen del fuste se generó a partir de los datos de DAP, la longitud comercial del fuste y el factor de forma (que es la relación entre el volumen real del fuste y el volumen del fuste considerando como un cilindro perfecto) (López *et al.* 2005)

5.6.4. Estimación de la biomasa forestal.

Una vez determinada la biomasa de los fustes se expandió este valor para tomar en cuenta la biomasa de los otros componentes (ramas y follaje), con la siguiente ecuación propuesta por (Brown & Lugo 1992) citado por (Dávalos *et al.* 2008, p. 227)

Ecuación 6. Cálculo de la biomasa total por árbol

$$WBA = W * DA * FEB$$

Dónde:

WBA: Biomasa aérea total por árbol (ton)
W: Biomasa del fuste de cada árbol (ton)
DA: Densidad básica de la madera (gr/cm³)
FEB: Factor de expansión de biomasa.

Para plantaciones donde la biomasa total del fuste sea menor a 190ton/ha, el valor del Feb se obtuvo a partir de la siguiente ecuación (Barrionuevo et al, 2013)

Ecuación 7. Factor de Expansión de Biomasa < 190 ton.

$$FEB = \text{Exp.} \{3.213 - 0.506 * \text{Ln} (\sum W)\}$$

Donde:

Exp.: Función exponencial matemática

Ln: Logaritmo natural

$\sum W$: Sumatoria de la biomasa del fuste de cada árbol.

La Biomasa Total por hectárea (ha) para cada uno de los sitios se obtuvo de la suma de todos los valores WBA de los árboles encontrados en la parcela; este valor total se multiplicó por 10.000 m² y se dividió para el área de la parcela (A) en m² (López *et al.* 2005)

Ecuación 8. Cálculo de la biomasa aérea total por hectárea.

$$B_{/ha} = \frac{\sum WBA \times 10.000}{A_P}$$

Dónde:

B_{/ha}: Biomasa aérea total por hectárea (ton/ha)

$\sum WBA$: Sumatoria de la biomasa total de cada árbol

A_P. = Área de la parcela.

El valor obtenido se multiplicó por la superficie total de la plantación para así determinar la biomasa aérea total que presenta la plantación.

5.6.5. Carbono total almacenado

Una vez obtenido el resultado de la biomasa aérea total se utilizó la siguiente fórmula para estimar la cantidad de carbono almacenado, en donde se empleó la fracción de carbono que es un valor supuesto de 0,5 (IPCC, 2007)

Ecuación 9. Cálculo de carbono total almacenado

$$CBt = B_{\text{Plantación}} * fc$$

Donde:

CBt: Carbono total almacenado.

B_{Plantación}: Biomasa aérea total de la plantación.

Fc: fracción de carbono en la biomasa (0,5)

5.7. Estimar la cantidad de dióxido de carbono (CO₂) que fija una plantación de cedro rosado (*Acrocarpus fraxinifolius*. Wight & Arn), por unidad de superficie

La cantidad de dióxido de carbono (CO₂) que fija la plantación por unidad de superficie, se calculó aplicando las siguientes ecuaciones.

Ecuación 10. Cálculo de dióxido de carbono (CO₂)

$$CO_2 = BSS * \left[\frac{PM_{CO_2}}{PM_C} \right]$$

Donde

CO₂ = Dióxido de carbono en toneladas

BSS= Biomasa viva sobre el suelo

PM_{CO₂}= Peso molecular de dióxido de carbono

PM_C = Peso molecular del carbono (Walker *et al.* 2011).

Para estimar el dióxido de carbono por unidad de superficie, se extrapolo a hectárea para lo cual se dividió el dióxido de carbono total para la superficie correspondiente a la plantación forestal, aplicando la siguiente formula.

Ecuación 11. Dióxido de carbono (CO₂) por unidad de superficie

$$CO_{2ha} = \frac{CO_{2T}}{S_P}$$

Donde:

CO_{2ha}: Dióxido de carbono estimado por hectárea (ton/ha)

CO_{2T}: Dióxido de carbono total (ton)

S_P: Superficie de la Plantación (ha).

F. RESULTADOS

6.1. Realizar un inventario forestal de la plantación de cedro rosado (*Acrocarpus fraxinifolius*. Wight & Arn)

Se presenta los resultados del inventario forestal, mismos que permitieron, determinar la obtención del carbono total almacenado dentro de la plantación de cedro rosado (*Acrocarpus fraxinifolius*. Wight & Arn).

6.1.1. Existencias de volumen y área basal

Los resultados promedio por parcela, por hectárea y total de la plantación en volumen y área basal se obtuvieron desarrollando las siguientes ecuaciones:

a) Determinación del área basal

- **Fórmula**

$$AB = \frac{\pi * dap^2}{4}$$

- **Datos**

$$AB = ?$$

$$\pi = 3,1416$$

$$Dap = 7,03 \text{ cm}$$

- **Reemplazando con los datos del primer árbol tenemos**

$$AB = \frac{((3,1416 * (7,03 \text{ cm})^2))}{40.000} = 0,004 \text{ m}^2$$

b) Determinación del volumen

- **Formula**

$$V = AB * h * f$$

- **Datos**

$$V = ?$$

$$AB = 0,004 \text{ m}^2$$

$$h = 1,22 \text{ m}$$

$$f = 0,70$$

- **Reemplazando datos tenemos**

$$V = (0,004 \text{ m}^2 * 1,22 \text{ m} * 0,70) = 0,009 \text{ m}^3.$$

En el programa Microsoft Excel 2013 se realizó el mismo procedimiento para los 196 árboles de las 5 parcelas de muestreo (Ver Anexo 7, pág. 113), el valor obtenido de la suma total del volumen muestreado fue de 11,03 m³, este valor se extrapolo a hectárea y se multiplico por el total de la plantación, obteniendo los siguientes resultados.

- **Extrapolando a hectárea**

$$V/ha = \frac{V/Muestreado * 10.000 \text{ m}^2}{S/Parcelas * 1 \text{ ha}}$$

$$V/ha = \frac{11,03 \text{ m}^3 * 10.000 \text{ m}^2}{5.000 \text{ m}^2 * 1 \text{ ha}} = 22,06 \text{ m}^3/\text{ha}.$$

- **Multiplicando por la superficie de la plantación**

$$V/Plantación = V/ha * S/Plantación$$

$$V/Plantación = 22,06 \text{ m}^3/\text{ha} * 6,89 \text{ ha} = 151,97 \text{ m}^3$$

En la tabla 4, se puede apreciar los resultados promedio por hectárea de las estimaciones de volumen y área basal en formación para cada unidad de muestreo, se observa además las variables dasométricas mediante las cuales se lograron realizar las estimaciones así como el incremento medio anual en volumen que presenta cada una de las parcelas.

Tabla 4. Volumen y área basal promedio por parcela, hectárea y plantación

N.-Parcela	DC (m)	HF (m)	HC (m)	HT (m)	DAP (cm)	AB (m ²)	V (m ³)	AB/ha (m ²)	V/ha (m ³)	E	IMA (m ³) ha/año
1	2,60	3,83	2,63	6,46	10,13	0,50	2,78	4,96	30,44	4	7,61
2	2,85	5,66	2,01	7,67	10,26	0,44	2,88	4,36	31,53	4	7,88

N.- Parcela	DC (m)	HF (m)	HC (m)	HT (m)	DAP (cm)	AB (m ²)	V (m ³)	AB/ha (m ²)	V/ha (m ³)	E	IMA (m ³) ha/año
3	2,64	5,94	2,34	8,28	10,96	0,37	2,39	3,67	23,97	4	5,99
4	2,08	5,29	1,71	7,00	8,98	0,23	1,34	2,29	13,49	4	3,37
5	1,97	4,82	1,59	6,42	8,49	0,22	1,08	2,15	10,86	4	2,71
Mediana (\bar{x})								3,49	22,06	-	5,51
Varianza								1,54	90,04	-	22,51
Error estándar								0,62	4,47	-	2,23
Total plantación								24,02	151,97	-	-

Realizado por: El Autor

DC (m): diámetro de copa expresado en metros.

HF (m): altura fuste expresado en metros.

HC (m): altura copa expresado en metros.

HT (m): altura total expresada en metros.

DAP (cm): diámetro altura del pecho expresado en centímetros.

AB (m²): área basal expresada en metros cuadrados.

V (m³): Volumen expresado en metros cúbicos.

IMA m³/ha/año: Incremento medio anual metros cúbicos por hectárea por año.

AB/ha (m²). Área basal por hectárea expresada en metros cuadrados

V/ha (m³): Volumen por hectárea expresado en metros cúbicos.

E (años): Edad.

6.1.2. Clase diamétrica

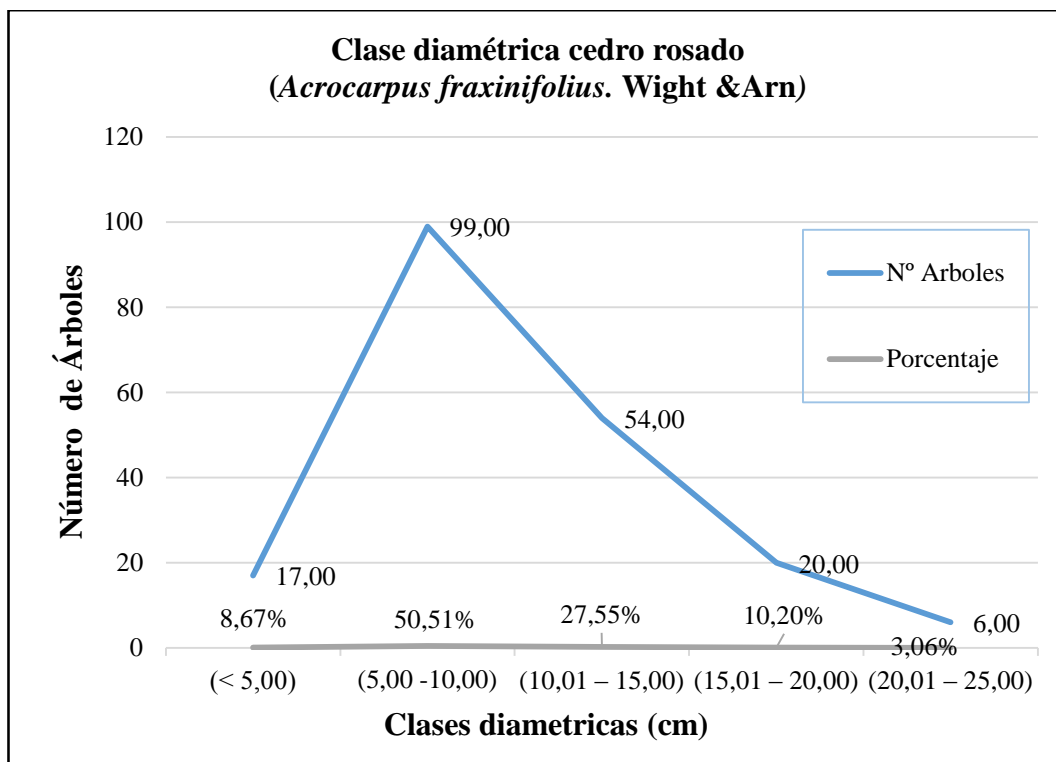
La producción forestal también se expresa por clase diamétrica, de tal manera que se realizó el conteo de cada uno de los árboles y se le asignó una clase diamétrica de acuerdo a un diámetro determinado obteniendo los siguientes resultados.

Tabla 5. Clase diamétrica cedro rosado (*Acrocarpus fraxinifolius*. Wight & Arn)

Diámetro	< 5,00 cm	5,00 - 10,00 cm	10,01 - 15,00 cm	15,01 - 20,00 cm	20,01 - 25,00 cm	TOTAL
Nº Arboles	17,00	99,00	54,00	20,00	6,00	196,00
Porcentaje (%)	8,67	50,51	27,55	10,20	3,06	100,00

Realizado por: El Autor.

Gráfico 2.



Realizado por: El Autor.

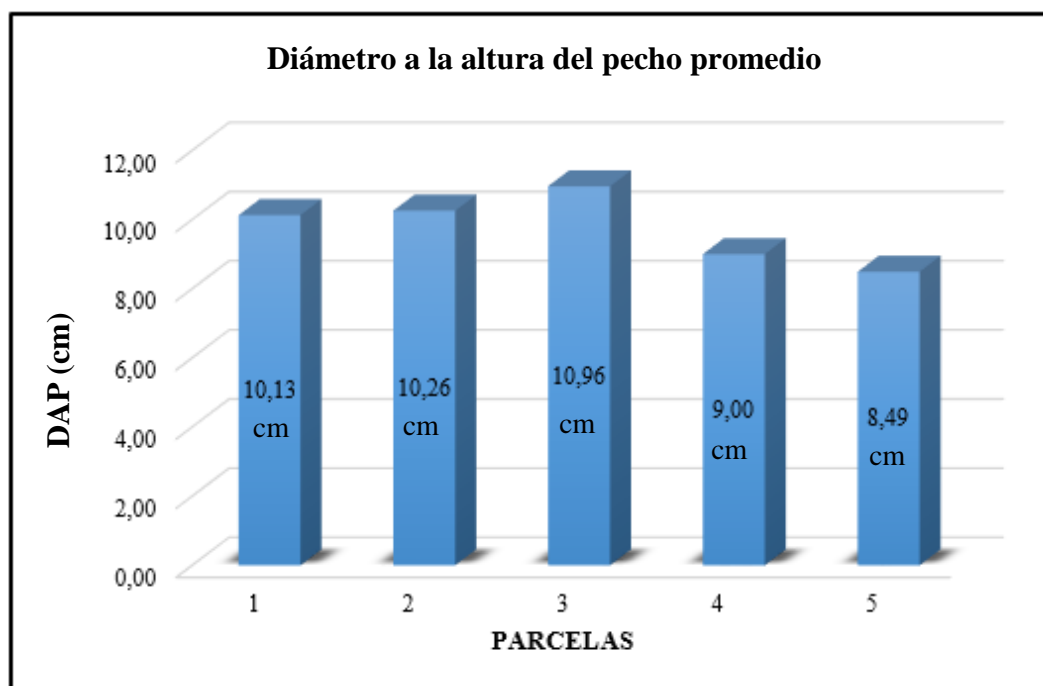
Interpretación.- El gráfico 2, determina el número de árboles existentes en cada clase diamétrica siendo el diámetro de 5,00 a 10,00 cm el que mayor número de árboles presenta con un total de 99,00 árboles correspondiente al 50,51% del total de la muestra, seguido tenemos el diámetro de 10,01 a 15,00 cm con 57 árboles equivalentes al 27,55%, el diámetro de 15,01 a 20,00 cm presenta 20,00 árboles igual a un 10,20%, el diámetro de < 5,00 cm tiene 17,00 árboles igual a 8,67% y el diámetro 20,01 a 25,00 cm presenta 6,00 árboles igual a 3,06%, esto quiere decir que el comportamiento forestal en cada una de las unidades muestreadas es heterogéneo existiendo variabilidad de crecimiento en ciertas partes del cultivo.

6.1.3. Diámetro a la altura del pecho (DAP)

El diámetro a la altura del pecho promedio es de 9,84 cm con un incremento medio anual de 2,46 cm/año, el diámetro a la altura del pecho promedio se determinó en base a una media aritmética realizada con los datos obtenidos de cada uno de los árboles medidos en el trabajo de campo y el

incremento medio anual se obtuvo de la relación entre el diámetro promedio para la edad de la plantación.

Gráfico 3.



Realizado por: El Autor.

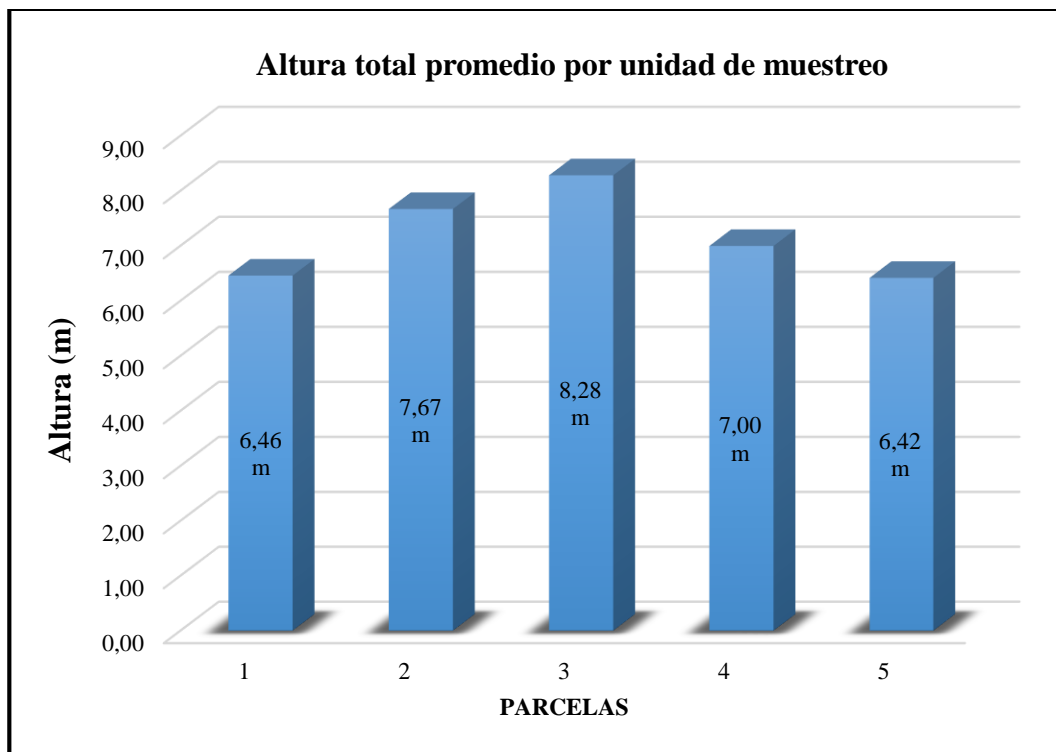
Interpretación: En el gráfico 3, se puede apreciar el diámetro a la altura del pecho promedio para cada una de las unidades de muestreo, en el cual se identificó que la parcela 3 presenta el diámetro más elevado con 10,96 cm mientras tanto la parcela 5 tiene el menor promedio con una dimensión de 8,49 cm. Se debe considerar que es una plantación joven, además es una especie que está siendo introducida la cual no ha presentado los resultados esperados debido a las características de la zona y la falta de mantenimiento por parte de los encargados.

6.1.3. Altura total (HT)

La altura total promedio es de 7,46 cm con un incremento medio anual de 1,87 cm/año. La altura total promedio se determinó en base a una media aritmética realizado con los datos obtenidos de cada uno de los árboles medidos en el trabajo

de campo y el incremento medio anual se obtuvo de la relación entre la altura promedio para la edad de la plantación.

Gráfico 4.



Realizado por: El Autor.

Interpretación.- El gráfico 4, indica los resultados obtenidos en cuanto al promedio por altura para cada unidad de muestreo, en el cual se puede identificar que la parcela con mayor promedio de altura es la número 3 con un valor de 8,28 m y la parcela número 5 es la que menor promedio presentó 6,42 m. Se puede identificar además que la parcela 3 presentó mejor rendimiento tanto en altura y diámetro a la altura del pecho, cabe recalcar que esta parcela es la que se encuentra ubicada en mejores condiciones topográficas.

6.2. Calcular la cantidad de biomasa aérea en una plantación coetánea de cedro rosado (*Acrocarpus fraxinifolius*. Wight & Arn), considerando la densidad de la madera.

Se calculó la cantidad de carbono almacenado en la biomasa aérea de la plantación forestal, se determinó en base a la densidad de la madera obteniendo los siguientes resultados.

6.2.1. Densidad básica de la madera en el laboratorio

De la relación entre el peso seco promedio determinado en el laboratorio, y el volumen promedio en verde, se obtuvo un valor de densidad básica de 0,58gr/cm².

- **Fórmula**

DB: PA/VV

- **Datos**

DB = ¿?

PA = 59,18 gr

VV = 102,13 cm³

- **Reemplazando**

$$DB = \frac{59,18 \text{ gr}}{102,13 \text{ cm}^3} = 0,58 \text{ gr/cm}^3$$

Tabla 6. Densidad básica de la madera (gr/cm³).

Árbol N°	Sección Fuste	Muestra N°	Peso Verde (gr)	Peso Seco. (gr)	Humedad %	Volumen Verde (cm ³)	Volumen Seco (cm ³)	Densidad (gr/cm ³)
6	Alto	1	87,94	51,75	69,91	101,20	83,02	0,51
	Medio	2	103,75	63,45	63,51	104,00	85,15	0,61
	Bajo	3	108,78	62,65	73,63	113,30	100,00	0,55
72	Alto	4	90,36	51,52	75,36	100,00	76,00	0,52
	Medio	5	109,90	62,17	76,76	102,70	102,70	0,61
	Bajo	6	99,94	59,77	67,21	100,00	86,10	0,60
	Alto	7	101,10	61,37	66,53	102,70	102,70	0,59

113	Medio	8	101,61	63,45	60,13	104,00	85,15	0,61
	Bajo	9	99,48	56,55	75,92	91,30	76,30	0,62
Media	-	-	100,32	59,18	69,88	102,13	88,56	0,58

Realizado por: El Autor

En la tabla 6, se observa las variables mediante las cuales se obtuvo la densidad básica de la madera, el árbol N° 6, en la parte baja del fuste presentó una densidad de 0,51 gr/cm³, en la parte media 0,61 gr/cm³, y la parte alta 0,55 gr/cm³, el árbol N° 72, en la parte baja presentó una densidad de 0,60 gr/cm³, la parte media 0,61 gr/cm³, y la parte alta 0,52 gr/cm³, por su parte el árbol N° 113 obtuvo una densidad de 0,62 gr/cm³ en la parte baja, 0,61 gr/cm³ en la parte media y 0,59 gr/cm³ en la parte alta del fuste. Estos resultados indican que los árboles seleccionados para determinar la densidad básica de la madera no presentan variación representativa en cuanto a la densidad presentada en cada una de sus secciones muestreadas.

6.2.2. Biomasa del fuste de cada árbol

En base al resultado de la densidad básica de la madera y haciendo uso de la (Ecuación 5, pág. 63), se calculó la biomasa total del fuste para cada uno de los árboles de la superficie muestreada, presentando los siguientes resultados:

- **Fórmula**

$$W = VCC * DA$$

- **Datos**

$$W = ?$$

$$VCC = 0,20 \text{ m}^3$$

$$DA = 0,58 \text{ gr/cm}^3$$

- **Reemplazando con datos del primer árbol**

$$W = 0,20 \text{ m}^3 * 0,58 \text{ gr/cm}^3 = 0,12 \text{ ton}$$

Se realizó el mismo procedimiento para los 196 árboles de las 5 parcelas de muestreo (Ver Anexo 8, pág. 114), se obtuvo un valor de 4,41 ton, de biomasa total del fuste y con este valor se despejó la (Ecuación 7, pág. 61). De la siguiente manera.

- **Fórmula**

$$FEB = \text{Exp.} \{3.213 - 0.506 * \text{Ln} (\sum W)\}$$

- **Desarrollo**

$$FEB = \text{Exp.} \{3.213 - 0.506 * \text{Ln} (4,41 \text{ ton})\} = 2,11$$

6.2.3. Estimación de la biomasa total

El valor de la biomasa total se calculó con el siguiente proceso:

- **Fórmula**

$$WBA = W * DA * FEB$$

- **Datos**

$$WBA = ?$$

$$W = 0,003 \text{ ton}$$

$$DA = 0,58 \text{ gr/cm}^3$$

$$FEB = 2,11$$

- **Desarrollo**

$$WBA = 0,003 \text{ ton} * 0,58 \text{ gr/cm}^3 * 2,11 = 0,004 \text{ ton}$$

Se obtuvo la biomasa total de los 196 árboles de las 5 parcelas de muestreo aplicando el mismo proceso (Ver Anexo 9, pág. 115), el valor obtenido de la suma de la biomasa aérea total fue de 5,39 ton, este valor se extrapolo a hectárea, desarrollando la (Ecuación 8, pág. 65).

- **Fórmula**

$$B/ha = \frac{\sum WBA \times 10.000}{A_P.}$$

- **Datos**

$$B/ha: \text{¿?}$$

$$\sum WBA: 5,39 \text{ ton.}$$

$$A_P. = 1.000 \text{ m}^2 * 5 \text{ parcelas} = 5.000 \text{ m}^2.$$

- **Desarrollo**

$$B/ha = \frac{5,39 \text{ ton} * 10.000 \text{ m}^2}{5.000 \text{ m}^2} = 10,79 \text{ ton/ha.}$$

Este valor se multiplico por el área total de la plantación que es de 6,89 ha para obtener la biomasa aérea total que presenta la plantación, de la siguiente manera:

$$B/Plantación = 10,79 \text{ ton/ha} * 6,89 \text{ ha} = 74,34 \text{ ton.}$$

6.2.4. Carbono total almacenado

Para el cálculo del carbono total almacenado se multiplico el resultado de la biomasa aérea total por la fracción de carbono de 0,5 y se obtuvo su valor final que fue de 37,17 toneladas, (Ecuación 9, pág. 65).

- **Fórmula**

$$CBt = B/Plantación * fc$$

- **Datos**

CBt: ¿?

B/Plantación: 74,34 ton

Fc: 0,5

- **Desarrollo**

$$CBt = 74,34 * 0,5 = 37,17 \text{ ton de carbono.}$$

La tabla 7, presenta en resumen los resultados por unidad de superficie y plantación en lo que es área basal, volumen, biomasa y carbono respectivamente.

Tabla 7. Resultados área basal, volumen, biomasa y carbono total

Variable	Total / hectárea	Total / plantación
Área basal	3,49 m ² /ha	24,02 m ²
Volumen	22,06 m ³ /ha	151,97 m ³

Biomasa	10,79 ton/ha	74,34 ton
Carbono	5,39 ton/ha	37,17 ton

Realizado por: El Autor.

En la tabla 7, se observa los resultados de la producción forestal que presenta la plantación de cedro rosado (*Acrocarpus fraxinifolius*. Wight & Arn), así como la capacidad de almacenamiento de carbono en su biomasa. En área basal presentó un valor de 3,49 m²/ha y 24,02 m² por plantación, en volumen 22,06 m³/ha y 151,97 m³ por plantación, en biomasa 10,79 ton/ha y 74,34 ton por plantación y en carbono almacenado el resultado fue de 5,39 ton/ha y 37,17 ton por el total de la plantación. Estos resultados dejan en evidencia que la producción forestal y el almacenamiento de carbono de la plantación son aceptables en relación a estudios anteriores sobre la especie.

6.3. Estimar la cantidad de dióxido de carbono (CO₂) que fija una plantación de cedro rosado (*Acrocarpus fraxinifolius*. Wight & Arn), por unidad de superficie

Se calculó el dióxido de carbono (CO₂) que fija la plantación, aplicando las siguientes ecuaciones.

- **Fórmula**

$$CO_2 = BSS * \left[\frac{PM_{CO_2}}{PM_C} \right]$$

- **Datos**

$$CO_2 = ?$$

$$BSS = 74,38 \text{ ton}$$

$$PM_{CO_2} = 44$$

$$PM_C = 12.$$

- **Desarrollo**

$$CO_2 = 74,38 \text{ ton} * \left[\frac{44}{12} \right] = 272,73 \text{ ton.}$$

Para estimar el resultado de dióxido de carbono por unidad de superficie, se realizó el siguiente cálculo.

- **Fórmula**

$$CO_{2ha} = \frac{CO_{2T}}{S_P.}$$

- **Datos**

$$CO_{2ha} = ?$$

$$CO_{2T} = 272,73 \text{ ton}$$

$$S_P = 6,89 \text{ ha}$$

- **Desarrollo**

$$CO_{2ha} = \frac{272,73 \text{ ton}}{6,89 \text{ ha}} = 39,58 \text{ ton/ha.}$$

Tabla 8. Dióxido de carbono por unidad de superficie

VARIABLE	TOTAL
Dióxido de Carbono Hectárea	39,58 ton/ha
Dióxido de Carbono Plantación	272,73 ton

Realizado por: El autor

El resultado presentado en almacenamiento de dióxido de carbono (CO₂) por la plantación forestal de cedro rosado (*Acrocarpus fraxinifolius*. Wight & Arn) es de 39,58 ton/ha este resultado demuestra que si taláramos una hectárea de la plantación esta cantidad sería liberada a la atmósfera contribuyendo de manera considerable a la emisión y acumulación de gases de efecto invernadero.

G. DISCUSIONES

7.1. Realizar un inventario forestal de la plantación de cedro rosado (*Acrocarpus fraxinifolius*. Wight & Arn)

En los resultados del inventario forestal, se observó que la plantación de cedro rosado (*Acrocarpus fraxinifolius*. Wight & Arn) alcanzó un volumen promedio de 22,06 m³/ha, a los 4 años, con un incremento medio anual de 5,51 m³/ha/año, en la provincia de Morona Santiago y en la Amazonia en general no se cuenta con estudios que permitan conocer el volumen que presenta esta especie, motivo por el cual no se puede establecer una escala comparativa a nivel nacional, se analizó con resultados obtenidos en otros países, en la India por ejemplo país originario de la especie, la Universidad Agrícola de Punjab en una de sus publicaciones obtuvo un volumen promedio de 21,97 m³/ha, con un incremento medio de 7,32 m³/ha/año (Chauhan, Gupta, Yadav, & Ritu, 2009), este resultado demuestra que la plantación de la parroquia Río Blanco donde se realizó la investigación presenta un rendimiento inferior, considerando que en la India el estudio se lo realizó a especies de 3 años. La falta de rendimiento se debe principalmente a la densidad de establecimiento de la plantación así como el mantenimiento de la misma.

Con la finalidad de mostrar el potencial de crecimiento de la especie cedro rosado en el sector El Paraíso, se comparó el incremento medio anual en altura (IMAA) y el incremento medio anual diámetro a la altura del pecho (IMAD), con valores obtenidos en Ecuador y diferentes países del mundo. En el cantón Cotacachi en la provincia de Imbabura estudiantes de la Universidad Técnica del Norte registraron valores de IMAA= 0,84 m y IMAD = 1,67 cm, (Imbaquingo & Naranjo, 2012), comparando con los incrementos anuales obtenidos en este estudio que fueron de 1,87 m en altura y 2,46 cm en DAP, se puede determinar que los valores son superiores a los del cantón Cotacachi, esto se debe probablemente a que la plantación se ubica en mejores condiciones de altitud, suelo y clima. Estos factores son primordiales para un mejor potencial de crecimiento de la especie y se deberán considerar en el futuro establecimiento de plantaciones comerciales en el cantón Morona, por la razón de que en otros países existe superioridad en los incrementos alcanzados.

En Zambia la especie cedro rosado (*Acrocarpus fraxinifolius*. Wight & Arn) a los 4 años de edad tiene un incremento medio anual en altura de 2,68 cm e incremento medio anual en DAP de 2,38 cm, en México a la misma edad

presentó un valor de 3,13 cm y 3,46 cm en los incrementos medios anuales de altura y DAP respectivamente (Muñoz *et al.* 2009).

Además podemos mencionar que del correcto manejo que se dé a la especie en etapas iniciales y a lo largo de su desarrollo dependerá su productividad ya que en México en Puebla específicamente donde las características de la zona son similares a las del área de estudio presentaron valores de 7,50 m de IMAA y 11,00 cm de IMAD a los doce meses de edad, según Muñoz *et al.* (2009), valores que superan 2 veces a los de este estudio.

7.2. Calcular la cantidad de biomasa aérea en una plantación coetánea de cedro rosado (*Acrocarpus fraxinifolius*. Wight & Arn), considerando la densidad de la madera

Según Reyes *et al.* (1992) citado por Dávalos *et al.* (2008), el promedio aritmético de la densidad básica de la madera (PA/VV) para especies que crecen en zonas neo-tropicales es de 0,60 gr/cm³ y el rango de valores usuales es de 0,50-0,69 gr/cm³.

De acuerdo a la investigación realizada en el cantón Morona, el promedio aritmético de la densidad básica de la madera alcanzó un valor de 0,58 gr/cm³, ubicándose en el rango establecido citado anteriormente. Según Dávalos *et al.* (2008), obtuvo un valor de densidad básica de 0,50 gr/cm³, que es considerado el más adecuado para cedro rosado. Por otra parte (Bárceñas *et al.* 2008) en una evaluación de la madera de cedro rosado (*Acrocarpus fraxinifolius*. Wight & Arn) de 10 años determino un valor de 0,45 gr/cm³ en cuanto a la densidad básica de la madera realizando una comparación con los resultados de este estudio, se observa que existe variación en la densidad debido a la diferencia de edades, considerando que la madera de cedro rosado se vuelve más dura a medida que el árbol se desarrolla.

La biomasa total calculada en la presente investigación, obtuvo un valor de 10,70 ton/ha, comparada con Chauhan *et al.* (2009) en plantaciones forestales de

la India, presentó un valor de 12,18 ton/ha, resultando mayor que la biomasa total calculada en la presente investigación, debido probablemente a la diferencia que existe en el tiempo de crecimiento de la especie.

La cantidad de carbono que almacena una plantación de Cedro rosado en la provincia de Morona Santiago, comparada con otros países como la India en la que se señala que a una edad de tres años acumula una cantidad de 6,09 ton/ha (Chauhan *et al.* 2009), es superior a los datos obtenidos en la investigación que fue de 5,39 ton/ha. Valores que varía posiblemente a factores como mantenimiento, topografía, tiempo de crecimiento y ubicación geográfica de la especie.

El almacenamiento de carbono de la investigación fue de 5,39 ton/ha, comparado con plantaciones forestales de cedro rosado establecidas en países de Centro América en las que Dávalos *et al.* (2008), menciona valores de fijación de carbono promedio de 25,40 ton/ha que varían entre 4,50 y 47,40 ton/ha dependiendo de la plantación, la especie y edad de la misma; relacionando con datos de plantaciones establecidas en Costa Rica, según Ávila *et al.* (2001) citado por (Dávalos *et al.* 2008) calcularon que los sistemas agroforestales, son más tecnificados que los de México y Ecuador, almacenan entre 7,50 y 12,50 ton/ha a los 5 años de edad. Polzot, (2004) citado por (Dávalos *et al.* 2008) determinó que la cantidad de carbono almacenado por los árboles de sombra también en Costa Rica varía de 33,20 ton/ha para cultivos diversificados a 6,80 ton/ha para monocultivos. En Ecuador de acuerdo a estudios realizados por PROFAFOR en plantaciones de pino de 3 a 4 años la cantidad de carbono que estas fijan va en un rango de 2 a 4 ton./ha/año (Jara, 2011), se debe considerar las diferencias climáticas, mantenimiento y altura sobre el nivel del mar que puede influenciar en el desarrollo de la especie.

7.3. Estimar la cantidad de dióxido de carbono (CO₂) que fija una plantación de cedro rosado (*Acrocarpus fraxinifolius*. Wight & Arn), por unidad de superficie

Según Dávalos *et al.* (2008), en la biomasa aérea de cedro rosado (*Acrocarpus fraxinifolius*. Wight & Arn), registro un valor de 79,71 ton/ha de dióxido de carbono en árboles de 12 años, en la india, a los 3 años, Chauhan *et al.* (2009), menciona un valor de 44,70 ton/ha en cuanto al dióxido de carbono fijado en cedro rosado. Con estos resultados se puede determinar que el resultado de la presente investigación que fue de 39,58 ton/ha de dióxido de carbono en biomasa aérea a los 4 años, no presenta variación considerable en relación a la capacidad de almacenamiento en resultados de la misma especie, aunque si tomáramos en cuenta grandes extensiones de terreno la variación incrementaría de manera considerable.

Un bosque promedio según Walker *et al.* (2011), tiene una capacidad de fijación de 89,92 ton/ha de dióxido de carbono en biomasa sobre el suelo, de acuerdo con los datos de esta investigación, 39,58 ton/ha, no refleja un almacenamiento significativo en comparación al bosque ya que presenta un almacén inferior, sin embargo se debe tomar en cuenta que para una área deforestada representa un sumidero de dióxido de carbono aceptable si se utiliza cedro rosado (*Acrocarpus fraxinifolius*. Wight & Arn) dentro de un plan de reforestación, contribuyendo además a la reducción de gases de efecto invernadero emitidos a la atmosfera, aunque se debe considerar que la presente investigación evaluó dióxido de carbono en biomasa aérea por lo que se debería tomar en cuenta otros componentes como materia orgánica, raíces y suelo.

H. CONCLUSIONES

- La plantación de cedro rosado (*Acrocarpus fraxinifolius*. Wight & Arn) cuenta con una superficie de 6,89 ha, presenta un volumen de 22,06 m³/ha, y un volumen total de 151,97 m³. Su área basal es de 3,49 m²/ha con un total por plantación de 24,02 m². Lo que demuestra que la plantación se encuentra en condiciones aceptables en comparación con otros estudios similares sobre la especie y árboles de crecimiento rápido.
- El promedio del potencial de crecimiento anual de la especie cedro rosado en el cantón Morona, es de 1,87 m en altura y 2,46 cm en DAP. Aunque cabe mencionar que existen especies que a los 4 años sobrepasan los 15,00 m de altura y los 26,00 cm de DAP lo que nos da una idea de que la plantación no es homogénea y podría mejorar su producción.
- El análisis de los datos de la densidad básica de la madera que fue producto de la relación del peso seco 58,19 gr, entre el volumen verde 102,13 cm³, mostró un valor de 0,58 gr/cm³, lo que permite determinar que la madera se encuentra en buenas condiciones. Este resultado determinó que la cantidad de biomasa que produce una plantación de cedro rosado (*Acrocarpus fraxinifolius*. Wight & Arn) a los 4 años de edad es de 10,79 ton/ha.
- La plantación de cedro rosado, es una plantación joven, almacena 5,39 ton/ha, de la densidad de siembra y del mantenimiento realizado a la especie en su desarrollo, ha dependido el rendimiento de la plantación, además las condiciones climáticas y la topografía de la zona no han permitido que la plantación se desarrolle de manera adecuada en ciertas partes del cultivo.
- La especie de cedro rosado (*Acrocarpus fraxinifolius*. Wight & Arn) a los 4 años presentó un resultado de 39,58 ton/ha de dióxido de carbono fijado su en biomasa aérea, ayudando a reducir su emisión a la atmosfera.

I. RECOMENDACIONES

- La metodología diseñada para este trabajo, debe considerarse como una primera propuesta y es necesario tratar de homogenizarla y complementarla con investigaciones de cuantificación de contenido de carbono en diferentes almacenes (mantillo, suelo, raíces estrato herbáceo y arbustivo), con el fin de realizar estudios más completos donde se estime el contenido de carbono total; de esta forma se podrán conocer sus flujos y almacenes.
- Continuar con el estudio de la especie cedro rosado (*Acrocarpus fraxinifolius*. Wight & Arn) en otras regiones del país a fin de documentar el comportamiento de su desarrollo, debido a que es una especie introducida, para así establecer comparaciones entre especies o sitios, tomando en cuenta las diferencias climáticas y características ambientales que pueden influir.
- Continuar con la realización de estudios sobre almacenamiento de carbono en los diferentes tipos de bosques que posee el Ecuador, aprovechando las aéreas más representativas de tipo forestal para poder determinar que tanto contribuye nuestro país a la reducción del dióxido de carbono (uno de los principales gases contribuyentes al Calentamiento global). Tomando en cuenta que Ecuador es considerado uno de los 17 países mega diversos del planeta (FAO, 2010, p. 35).
- Realizar un estudio de factibilidad a la plantación para así determinar si es conveniente continuar con su manutención esto considerando los resultados de producción de biomasa obtenidos en este estudio y que en el Ecuador las plantaciones se han realizado preferentemente en páramos y los páramos absorben más carbono que una plantación, pues tienen la capacidad de almacenar carbono en los suelos, algas, hongos, y otros microorganismos.
- Fomentar planes de reforestación a nivel nacional, así como invertir en formas de energía limpia, recuperar los manglares en la costa, proteger las cuencas hidrográficas y conservar los bosques nativos, como principal alternativa para evitar la emisión de dióxido de carbono a la atmosfera y el calentamiento global.

J. BIBLIOGRAFÍA

- Alain, D. (2010). *LA BIOMASA Fundamentos, Tecnologías y Aplicaciones* (Primera ed.). (A. Madrid Cenzano, J. Madrid Cenzano, A. López Gómez, & A. Madrid Vicente, Trads.) Paris, Francia: AMV EDICIONES/MUNDI-PRENSA.
- Amestoy Alonso, J. (2010). *El Planeta tierra en peligro (Calentamiento Global, Cambio Climático, Soluciones)*. Madrid, España: Editorial Club Universitario.
- Amézquita, M., Murgeitio, E., Cuartas, C., & Gómez, M. (2009). *Almacenamiento de Carbono en Ecosistemas Terrestres Para Mitigar El Cambio Climático Global*. Turrialba, Costa Rica: Bib. Orton IICA / CATIE.
- ASAMBLEA CONSTITUYENTE. (2008). *CONSTITUCIÓN DEL ECUADOR*. MONTECRISTI, MANABI, ECUADOR.
- Barcenas Pazos, G., & Ordoñez Candelaria, V. (2008). Calidad de la madera en los árboles de sombra. En R. Manson, & R. H. Manson (Ed.), *Agroecosistemas cafetaleros de Veracruz: biodiversidad, manejo y conservación* (págs. 235-246). Veracruz, México: Instituto Nacional de Ecología.
- Barrionuevo, Pan, Medina, Taboada, & Ledesma. (2013). LA CONTRIBUCIÓN AMBIENTAL DE RODALES DE *Aspidosperma quebracho-blanco* Schltdl. EN LA FIJACIÓN DE CO₂: BASES PARA UNA GESTIÓN SUSTENTABLE. *Foresta Veracruzana-Redalyc.org.*, 15(1) 31-36.
- Barros, V. (2005). *El Cambio Climático Global. ¿Cuántas catástrofes antes de actuar?* (O. Kulesz, Ed., & IXGAL, Trad.) Buenos Aires, Argentina: Libros del Zorzal. Recuperado el 27 de Marzo de 2014, de <http://books.google.com.ec/books?id=hxIjOfHB11oC&printsec=frontcover&dq=Cambio+Clim%C3%A1tico+2010&hl=es&sa=X&ei=uD40U8jvFbKusATBxICwCg&ved=0CD8Q6AEwBA#v=onepage&q&f=true>

- Benjamín, J. A., & Maser, O. (12 de Marzo de 2005). Captura de carbono ante el Cambio Climático. *Redalyc.org, Siete (Uno)*, 3-12. Recuperado el 22 de Marzo de 2014, de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61770102>
- Berendsohn, W., Gruber, A. K., & Monterrosa, S. J. (2009). *Nova Silva Cuscatlanica. Árboles nativos e introducidos de El Salvador. Parte 1: Angiospermae - Familias A a L*. Berlin: Botanic Garden and Botanical Museum Berlin-Dahlem.
- Calderón, A. (2006). *Mensura Forestal. Dasometría*. Obtenido de Departamento de producción agropecuaria: http://campus.fca.uncu.edu.ar:8010/pluginfile.php/19953/mod_resource/content/1/Mensura%20Forestal%205.pdf
- Chauhan, S, Chauhan, R., Gupta, N., Yadav, S., & Ritu. (2009). *Biomass and carbon allocation in different parts of agroforestry tree species*. (Vol. 135). Dehra Dun, Punjab, India: Indian Forester.
- Ciensa, W. (2011). *Cambio Climático Bosques Y Ordenación Forestal Una Visión de Conjunto FAO Montes*. Roma, Italia: Estudio FAO Montes 126.
- Colonna, P. (2010). *La Química Verde*. Zaragoza, España: ACRIBIA S.A.
- Dávalos Sotelo, R., Rodrigues Morato, M., & Martínez Pinillos, E. (2008). Almacenamiento de Carbono. En I. (. A.C.), R. Manson, V. Hernández Ortiz, S. Gallina, & K. Mehlreter (Edits.), *AGROSISTEMAS CAFETALEROS DE VERACRUZ. Biodiversidad Manejo y Conservación* (págs. 223-234). México DF., México: INE-SEMARNAT.
- Donald, M. (2005). *Biomasa aérea de una plantación de Austrocedrus chilensis de 20 años ubicada en Valdivia. Tesis Ing. Forestal*. Valdivia Chile: Editorial UACH.
- Ecuador Forestal, C. (2009). *Legislación Forestal*. Quito: Potencialidades Del Sector Forestal En Ecuador. S.A.
- FAO. (2010). *Global Forest Resources Assessment 2010*. Roma: FAO Fiat Panis.

- FAO. (2010). Evaluación de los recursos de los recursos forestales mundiales. 2010. Roma: FAO-Montes
- FAO. (2013). *Directrices sobre el cambio climático para los gestores forestales*. Roma, Italia: Estudio FAO Montes. Obtenido de www.fao.org/publications
- GADCM. (2015). *Gobierno Municipal del Cantón Morona*. Obtenido de Gobierno Municipal del Cantón Morona: <http://www.morona.gob.ec/>
- GADPMS. (2010). *Sostenibilidad de los Sistemas Agrícolas en la provincia de Morona Santiago Ecuador*. Macas: Gobierno Autónomo Descentralizado de la Provincia de Morona Santiago.
- García Pachón, M., & Amaya Navas, O. (2010). *Derecho y Cambio Climático* (Primera ed.). Bogotá, Colombia.
- Gómez, T., & Vergara, M. (2010). *Biomasa Forestal. Seminario de Electrónica Industrial*. Valparaíso.: Universidad Técnica Santa María, 33 pág.
- González Armada, C. (2010). *Cambo Climático: Causas, Consecuencias y Soluciones*. (V. Madrid, Ed.) Madrid, España: AMV EDICIONES / MUNDI-PRENSA.
- Grupo de Trabajo en Páramos del Ecuador. (2008). *Forestación 2 Paramo* (Vol. Segunda entrega). (P. Mena Vascones, & N. Ochoa, Edits.) Quito, Ecuador: Ediciones Abya Yala. Recuperado el 1 de Julio de 2014
- Imbaquingo Guerrero, E., & Naranjo Mejía, D. (2012). *COMPORTAMIENTO INICIAL DE ALISO (Alnus nepalensis D. Don) Y CEDRO TROPICAL (Acrocarpus fraxinifolius Wight & Arn), ASOCIADOS CON BRACHIARIA (Brachiaria decumbens Stapf) Y PASTO MIEL (Setaria sphacelata (Schumach) Stapf & C.E. Hubb)*. Universidad Técnica del Norte. Ibarra: Tesis de Ingeniería.
- INAMHI. (2015). *Hidrología, Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología*. Obtenido de Hidrología, Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología: <http://www.serviciometeorologico.gob.ec/>

- INEN. (2012). *NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 1160. MADERAS. DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD*. Quito: Instituto Ecuatoriano de Normalización,
- IPCC. (2007). *Cambio climático 2007: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos Sobre el Cambio Climático*. Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. Ginebra, Suiza 104 pág.: Equipo de Reacción principal: Pachauri, R. y Reisinger, A (directores de la publicación) IPCC, Recuperado el 29 de Marzo de 2014, de https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr_sp.pdf
- Isaza Delgado, J. F., & Campos Romero, D. (2007). *Cambio Climático. Glaciaciones y Calentamiento Global*. (Primera ed.). (F. Uribe Lozano, Ed.) Bogotá, Colombia: Ultra color Ltda.
- López, M., Koning, F., Paredes, H., & Benítez, P. (2005). *Estimación de carbono en biomasa de bosques secundarios y plantaciones forestales en el Noroccidente de Ecuador*. Eschborn-Alemania, Alemania: Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ).
- Martínez, P., Maruri, M., Hernández Sánchez, M., & Olmedo, G. (2006). Cultivo intercalado de cedro rosado (*Acrocarpus fraxinifolius* Wight) y su efecto sobre el contenido de materia orgánica en el suelo. *Revista Científica UDO Agrícola*, Vol. 6, (Nº. 1), págs. 109-113.
- MDL. (2008). *Guía para el diseño de proyectos MDL forestales y de bioenergía*. (Z. Salinas, & P. Hernández, Edits.) Turrialba, Costa Rica: Masterlitho S.A.
- Menéndez. (2007). Otárola T. A. *Acrocarpus fraxinifolius* Wight, especie de rápido crecimiento inicial, buena forma y madera de usos múltiples. Editorial UICN
- Moscovich, F., & Brena, D. (2006). Comprobación de cinco métodos de muestreo forestal en un Bosque nativo de *Araucaria angustifolia* Bert. O.

Quebracho. Revista de Ciencias Forestales (13), 7-16. Recuperado el 29 de Marzo de 29

Muñoz Flores, H. J. (2009). Evaluación de una plantación de tres especies tropicales de rápido crecimiento en Nuevo Urecho, Michoacán. *Ciencia forestal en México*, 34(106), 61-87. Recuperado el 22 de 07 de 2014, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-35862009000200004&lng=es&tlng=es .

Muñoz Flores, J., Sáenz Reyes, T., & Rueda Sánchez, A. (2011). *ESPECIES PROMISORIAS DE CLIMA TROPICAL PARA PLANTACIONES FORESTALES COMERCIALES EN MICHOACÁN*. Uruapan, Michoacán. México, México: SAGARPA-INIFAP-CIRPAC.

Muñoz Villarreal, C. (2006). *Bienes y servicios ambientales en México: caracterización preliminar y sinergias entre protección ambiental, desarrollo del mercado y estrategia comercial*. Santiago de Chile, Chile: United Nations Publications.

Nogués, F., García, D., & Rezeau, A. (2010). *Energías de la Biomasa* (Primera ed., Vol. Dos). Zaragoza, España: Prensas Universitarias de Zaragoza.

Orlando, B., Baldock, D., Canger, S., Mackencen, J., Maginnis, S., Socorro, M., . . . Schneider , N. (2005). *Carbono, Bosques y Gente: Hacia el manejo integrado del secuestro del carbono, el medio ambiente y la subsistencia sostenible*. Gland Suiza; Cambridg Reino Unido: Editorial UICN.

Pacheco, R., Yáñez, P., & Linares, T. (2005). *Red Venezolana de Investigación en Sistemas Agroforestales*. Táchira, Venezuela: GAMAPRINT Ltda.

Pagiola, S., Bishop, J., & Landell-Mills, N. (2006). *La venta de Servicios Ambientales Forestales*. (Segunda ed.). (A. C. Carlos, Trad.) México D.F., México: Delmo Comunicaciones S.A.

PCDOT. (2015). *PLAN CANTONAL DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL DE MORONA, ACTUALIZACIÓN PD Y OT 2015*. Macas: Gobierno Municipal Cantón Morona.



- Ripa, I. (2011). *El Cambio Climático Una realidad* (Primera ed.). Barcelona, España: Viceversa, S.L.U.
- Rivadeneira, M. (2014). *Diagnóstico Socio-Ambiental de la finca del Vicariato Apostólico de Méndez sector El Paraíso – Rio Blanco*. Macas, Morona Santiago: V. A. M.
- Rodríguez Jaramillo, C. O. (Abril del 2013). *Guía para la Elaboración de Proyectos de Tesis de Grado*. Loja: Offset Grafimundo, 142 p.
- Rodríguez Trejo, D. A. (2008). *Indicadores de calidad de Planta Forestal*. México D.F., México.
- Rodríguez, R., Jiménez, J., Aguirre, O., & Treviño, E. (abril-junio de 2006). Estimación del carbono almacenado en un bosque de niebla en Tamaulipas, México. (R. R. Frías, Ed.) *CIENCIA UANL, Noveno* (Dos), 10 pág.
- Rügnitz Tito, M., Chacón León, M., & Porro, R. (2009). *Guía para la determinación de carbono en pequeñas propiedades rurales*. Lima, Preu: World Agroforestry Centre (ICRAF).
- Sagastume, M. R. (2009). *Programa de Manejo Integrado de Plagas en América Central “PROMIPAC”*. Schweizerische, Eidgenossenschaft : Abelino Pitty L.N.S.
- Sánchez, H. (2008). *Código de Derecho Internacional Ambiental. Primera Edición*. Bogotá, Colombia: Editorial Universidad del Rosario.
- Saura Estapà, J. (2012). *El cumplimiento del Protocolo de Kioto sobre cambio climático*. Barcelona, España: Edicions Universitat Barcelona.
- Segura, M., & Andrade, H. (2008). Cómo construir modelos alométricos de volumen, biomasa o carbono de especies leñosas perennes. En *Agroforestería en las Américas N 46*, (pág. 8). Turrialba, Costa Rica.
- SEMARNAT. (2009). *Cambio climático: ciencia, evidencia y acciones*. México D.F., México: Editorial Instituto Nacional de Ecología.

Walker, W., A. Baccini., M. Nespud., N. Horning., D. Knight., E. Braun., & A. Bausch. (2011). *Guía de Campo para la Estimación de Biomasa y Carbono Forestal*. Massachusetts USA.: Woods Hole Research Center.

K. ANEXOS

Anexo 1. Fichas de campo para registro de datos.

Tabla 9. Formulario para la toma de información dasométrica

FORMULARIO PARA HACER EL INVENTARIO FORESTAL								 1859	
Ubicación:	Sector	Lote	Lengua	Provincia:.....	Fecha: ____ / ____ /2014				
Tipo de bosque:..... Parcela N° <input style="width: 40px;" type="text"/> <input style="width: 40px;" type="text"/>					Propietario:.....				
Nombre vulgar	Nombre científico	Estado sanitario	Diámetro de la copa (m)	DAP (cm)	Altura comercial (m)	Altura del fuste (cm)	Altura total (m)		

Realizado por: El Autor.

Tabla 10. Etiqueta de la muestra

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA 	
PROVINCIA:	MORONA SANTIAGO
CANTÓN:	MORONA

SECTOR:	RIO BLANCLO/EL PARAISO
PROPIETARIO:	VICARIATO APOSTOLICO DE MENDEZ
COLECTOR:	WILLIAM PESANTEZ
FECHA:	
HORA:	
ESPECIE:	CEDRO ROSADO (<i>Acrocarpus Fraxinifolius</i>)
N. PARCELA:	
N.MUESTRA:	
DESCRIPCION:	

Realizado por: El Autor.

Anexo 2. Registro fotográfico del trabajo de campo

Foto 1.



Plantación de Cedro Rosado (*Acrocarpus fraxinifolius*. Wight & Arn)

Foto 2.



Toma de coordenadas geográficas

Foto 3.



Establecimiento de las parcelas

Foto 4.



Señalización de las parcelas de muestreo

Foto 5.

Numeración de árboles de cada parcela

Foto 6.



Medición de alturas total y comercial.

Foto 7.



Diámetro a la altura del pecho (DAP)

Foto 8.



Registro de datos colectados en la medición de variables

Foto 9.



Apeo del árbol seleccionado

Foto 10.



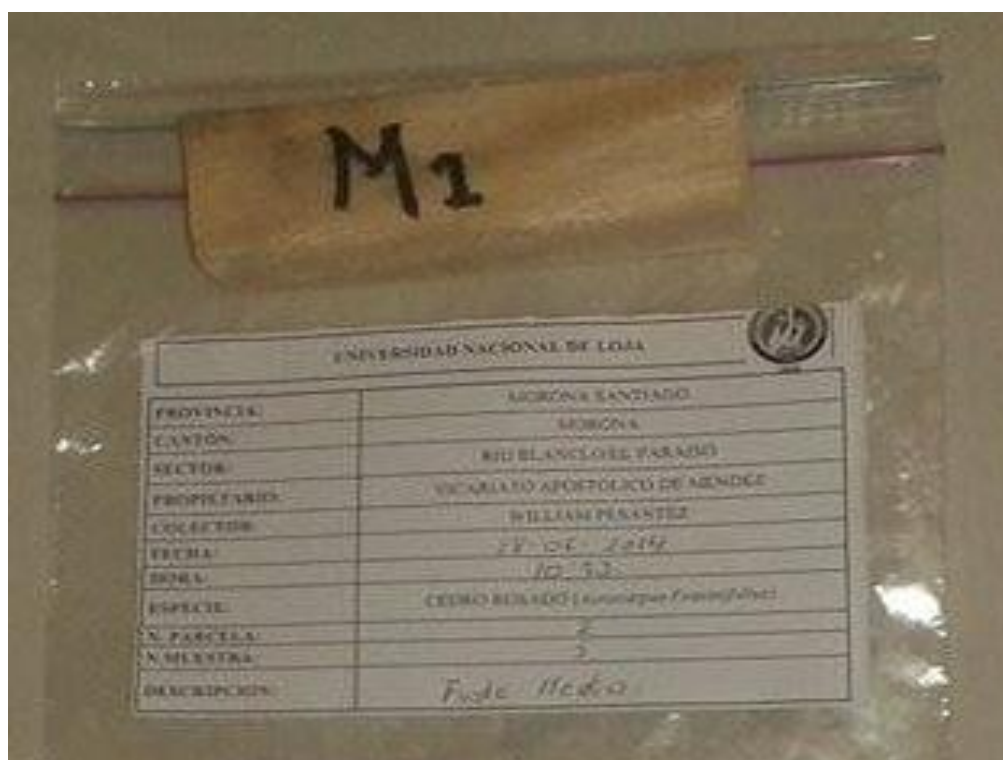
Toma de muestras de madera

Foto 11.



Dimensionamiento de las muestras en el aserradero

Foto 12.



Etiquetado de muestras

Anexo 3. Registro fotográfico del trabajo de laboratorio.

Foto 13.



Probetas para el cálculo del volumen verde de la muestra

Foto 14.



Cálculo del volumen verde de la muestra

Foto 15.



Secado de muestras a 103°C.

Foto 16.



Obtención del peso seco de la muestra.

Anexo 4. Volumen por parcelas temporales de muestreo.

Tabla 11. Existencias de volumen, área basal y biomasa parcela 1

N.-	Estado S	HT (m)	DAP (cm)	AB (m ²)	V. (m ³)	W (ton)	WBA (ton)
1	Regular	3,35	7,03	0,004	0,008	0,003	0,004
2	Bueno	6,18	9,69	0,007	0,029	0,006	0,007
3	Bueno	7,14	7,65	0,005	0,021	0,004	0,005
4	Bueno	3,62	3,82	0,001	0,003	0,005	0,005
5	Bueno	8,81	15,99	0,020	0,113	0,035	0,042
6	Bueno	6,91	10,80	0,009	0,041	0,013	0,016
7	Bueno	12,40	22,34	0,039	0,311	0,116	0,141
8	Bueno	9,20	16,26	0,021	0,122	0,041	0,051
9	Bueno	9,94	16,60	0,022	0,138	0,058	0,072
10	Bueno	9,32	17,34	0,024	0,141	0,046	0,056
11	Bueno	5,90	8,53	0,006	0,022	0,005	0,006
12	Bueno	3,62	3,82	0,001	0,003	0,002	0,002
13	Bueno	3,34	4,46	0,002	0,003	0,001	0,002
14	Regular	6,73	15,60	0,019	0,082	0,042	0,051
15	Bueno	8,96	16,27	0,021	0,119	0,043	0,052
16	Malo	3,85	8,91	0,006	0,015	0,004	0,005
17	Malo	4,65	7,00	0,004	0,011	0,003	0,003
18	Regular	4,69	6,37	0,003	0,010	0,002	0,003
19	Malo	6,51	6,05	0,003	0,012	0,007	0,008
20	Regular	1,85	2,74	0,001	0,001	0,002	0,003
21	Malo	5,26	5,73	0,003	0,009	0,003	0,004
22	Bueno	3,34	4,46	0,002	0,003	0,001	0,002
23	Bueno	5,43	6,68	0,004	0,012	0,004	0,006
24	Regular	4,59	9,55	0,007	0,021	0,006	0,007
25	Regular	4,96	8,59	0,006	0,018	0,005	0,006
26	Bueno	12,25	20,05	0,032	0,248	0,067	0,083
27	Bueno	8,06	11,64	0,011	0,055	0,026	0,032
28	Bueno	9,50	11,29	0,010	0,061	0,032	0,040
29	Malo	1,85	2,74	0,001	0,001	0,001	0,001
30	Bueno	4,20	5,73	0,003	0,007	0,003	0,004
31	Bueno	5,43	6,68	0,004	0,012	0,004	0,006
32	Bueno	10,40	12,76	0,013	0,085	0,038	0,046
33	Bueno	11,48	16,25	0,021	0,152	0,035	0,043
34	Bueno	4,65	9,61	0,007	0,022	0,007	0,009
35	Malo	3,10	9,25	0,007	0,013	0,003	0,004
36	Malo	3,60	9,01	0,006	0,015	0,004	0,005
37	Reglar	2,46	5,41	0,002	0,004	0,001	0,001
38	Regular	3,00	8,91	0,006	0,012	0,002	0,002

Continúa...

Continuación:

N.-	Estado S	HT (m)	DAP (cm)	AB (m²)	V. (m³)	W (ton)	WBA (ton)
39	Bueno	5,73	8,91	0,006	0,023	0,006	0,008
40	Bueno	6,60	7,64	0,005	0,019	0,009	0,011
41	Bueno	5,28	7,00	0,004	0,013	0,005	0,006
42	Bueno	9,02	12,74	0,013	0,074	0,026	0,032
43	Bueno	9,80	17,19	0,023	0,146	0,047	0,057
44	Regular	8,30	10,22	0,008	0,044	0,016	0,020
45	Bueno	12,98	18,43	0,027	0,222	0,103	0,127
46	Bueno	9,04	14,51	0,017	0,096	0,043	0,053
47	Bueno	9,86	15,28	0,018	0,116	0,046	0,057
48	Bueno	5,63	8,28	0,005	0,019	0,008	0,010
49	Bueno	1,95	2,86	0,001	0,001	0,004	0,005
50	Bueno	8,20	11,78	0,011	0,057	0,026	0,032
TOTAL PARCELA				0,50	3,04	1,040	1,260
TOTAL/ha				4,96	30,44	10,40	12,60

Realizado por: El Autor

Tabla 12. Existencias de volumen, área basal y biomasa parcela 2

N.	Estado S	HT (m)	DAP (cm)	AB (m ²)	V. (m ³)	W (ton)	WBA (ton)
1	Regular	6,32	9,14	0,007	0,027	0,012	0,015
2	Bueno	5,79	6,40	0,003	0,012	0,006	0,008
3	Bueno	10,50	14,36	0,016	0,109	0,053	0,065
4	Bueno	9,12	10,47	0,009	0,050	0,021	0,026
5	Bueno	11,10	13,50	0,014	0,102	0,042	0,052
6	Bueno	13,20	19,42	0,030	0,251	0,125	0,153
7	Bueno	11,00	13,75	0,015	0,104	0,054	0,066
8	Bueno	12,60	17,95	0,025	0,205	0,094	0,115
9	Bueno	12,30	13,78	0,015	0,117	0,057	0,069
10	Bueno	3,48	4,46	0,002	0,004	0,002	0,002
11	Bueno	5,05	8,40	0,006	0,018	0,006	0,007
12	Bueno	7,51	9,64	0,007	0,035	0,021	0,026
13	Bueno	5,43	6,68	0,004	0,012	0,005	0,006
14	Regular	6,75	10,23	0,008	0,036	0,015	0,018
15	Bueno	6,12	8,57	0,006	0,023	0,009	0,011
16	Malo	5,80	6,72	0,004	0,013	0,007	0,008
17	Malo	10,6	13,41	0,014	0,096	0,043	0,052
18	Regular	10,20	9,99	0,008	0,051	0,023	0,028
19	Malo	6,07	7,67	0,005	0,018	0,009	0,011
20	Regular	7,51	9,64	0,007	0,035	0,021	0,026
21	Malo	7,52	9,99	0,008	0,038	0,015	0,018
22	Bueno	7,72	10,88	0,009	0,046	0,022	0,027
23	Bueno	9,05	11,98	0,011	0,065	0,034	0,042
24	Bueno	11,54	13,94	0,015	0,113	0,043	0,052
25	Bueno	13,99	12,57	0,012	0,111	0,062	0,076
26	Malo	7,62	11,20	0,010	0,048	0,023	0,028
27	Bueno	3,61	4,64	0,002	0,004	0,002	0,003
28	Bueno	4,20	4,21	0,001	0,004	0,002	0,002
29	Bueno	10,27	15,46	0,019	0,123	0,055	0,067
30	Bueno	3,97	5,09	0,002	0,005	0,003	0,003
31	Bueno	7,72	9,55	0,007	0,035	0,021	0,025
32	Malo	5,59	6,05	0,003	0,010	0,005	0,007
33	Malo	7,68	7,70	0,005	0,023	0,011	0,013
34	Regular	10,59	14,89	0,017	0,118	0,046	0,056
35	Regular	6,39	9,57	0,007	0,029	0,014	0,017
36	Bueno	15,98	26,70	0,056	0,573	0,275	0,336
37	Bueno	9,83	15,15	0,018	0,113	0,055	0,067
38	Bueno	3,95	7,00	0,004	0,010	0,004	0,005
39	Bueno	9,40	12,12	0,012	0,069	0,023	0,028
40	Bueno	2,46	5,41	0,002	0,004	0,002	0,002
41	Regular	3,20	8,74	0,006	0,012	0,003	0,003

Continua...

Continuación:

N.	Estado S	HT (m)	DAP (cm)	AB (m²)	V. (m³)	W (ton)	WBA (ton)
42	Bueno	3,42	7,03	0,004	0,009	0,003	0,004
43	Bueno	1,90	2,51	0,000	0,001	0,000	0,000
TOTAL PARCELA				0,44	3,15	1,35	1,65
TOTAL/ha				4,36	31,53	13,50	16,52

Realizado por: El Autor

Tabla 13 Existencias de volumen, área basal y biomasa parcela 3

N.	Estado S	HT (m)	DAP (cm)	AB (m²)	V. (m³)	W (ton)	WBA (ton)
-----------	-----------------	---------------	-----------------	---------------------------	---------------------------	----------------	------------------

N.	Estado S	HT (m)	DAP (cm)	AB (m ²)	V. (m ³)	W (ton)	WBA (ton)
1	Regular	3,39	4,77	0,002	0,004	0,017	0,021
2	Bueno	7,25	9,68	0,007	0,034	0,028	0,035
3	Bueno	8,56	11,36	0,010	0,056	0,125	0,153
4	Bueno	14,90	19,03	0,028	0,271	0,018	0,022
5	Bueno	6,87	9,99	0,008	0,035	0,005	0,006
6	Bueno	4,13	7,93	0,005	0,013	0,012	0,015
7	Bueno	83,80	8,12	0,005	0,278	0,014	0,017
8	Bueno	6,30	12,06	0,011	0,046	0,032	0,039
9	Bueno	8,58	14,20	0,016	0,087	0,025	0,030
10	Bueno	7,55	11,14	0,010	0,047	0,017	0,020
11	Bueno	8,15	10,44	0,009	0,045	0,043	0,053
12	Bueno	10,35	11,97	0,011	0,075	0,018	0,022
13	Bueno	7,17	10,03	0,008	0,036	0,006	0,008
14	Regular	4,80	7,00	0,004	0,012	0,007	0,008
15	Bueno	6,04	8,05	0,005	0,020	0,014	0,017
16	Malo	6,20	9,36	0,007	0,027	0,021	0,026
17	Malo	8,00	11,46	0,010	0,053	0,006	0,007
18	Regular	5,00	6,37	0,003	0,010	0,035	0,042
19	Malo	9,50	12,73	0,013	0,077	0,028	0,034
20	Bueno	8,65	11,14	0,010	0,054	0,064	0,078
21	Bueno	11,50	15,60	0,019	0,141	0,021	0,026
22	Bueno	7,65	11,59	0,011	0,052	0,017	0,020
23	Malo	7,58	8,94	0,006	0,031	0,011	0,014
24	Bueno	6,65	8,28	0,005	0,023	0,025	0,031
25	Bueno	8,15	12,22	0,012	0,061	0,013	0,016
26	Bueno	6,35	8,79	0,006	0,025	0,005	0,007
27	Bueno	5,00	6,68	0,004	0,011	0,037	0,045
28	Bueno	8,92	13,75	0,015	0,085	0,069	0,084
29	Malo	12,45	15,72	0,019	0,155	0,047	0,057
30	Malo	8,37	15,60	0,019	0,102	0,018	0,021
31	Regular	7,62	9,55	0,007	0,035	0,016	0,020
32	Reglar	7,27	8,94	0,006	0,029	0,030	0,037
33	Bueno	8,60	13,05	0,013	0,074	0,083	0,102
34	Bueno	9,67	17,63	0,024	0,151	0,041	0,050
35	Bueno	10,70	11,78	0,011	0,075	0,007	0,009
36	Bueno	6,51	6,05	0,003	0,012	0,011	0,014
37	Bueno	6,55	8,46	0,006	0,024	0,037	0,057
TOTAL PARCELA				0,44	3,15	0,99	1,21
TOTAL/ha				4,40	31,50	9,87	12,07

Realizado por: El Autor

Tabla 14 Existencias de volumen, área basal y biomasa parcela 4

N.-	Estado S	HT (m)	DAP (cm)	AB (m ²)	V. (m ³)	W (ton)	WBA (ton)
1	Regular	5,29	4,93	0,002	0,006	0,003	0,004
2	Bueno	6,30	8,24	0,005	0,021	0,011	0,014
3	Bueno	8,38	11,11	0,010	0,052	0,025	0,030
4	Bueno	9,72	12,76	0,013	0,079	0,033	0,041
5	Bueno	5,60	9,23	0,007	0,024	0,007	0,008
6	Bueno	3,90	4,46	0,002	0,003	0,002	0,002
7	Bueno	3,60	4,33	0,001	0,003	0,002	0,002
8	Bueno	2,66	2,20	0,000	0,000	0,000	0,000
9	Bueno	7,90	9,84	0,008	0,038	0,022	0,027
10	Bueno	7,44	9,20	0,007	0,031	0,017	0,021
11	Bueno	6,00	8,85	0,006	0,023	0,010	0,013
12	Bueno	8,13	13,37	0,014	0,073	0,034	0,041
13	Bueno	6,95	9,31	0,007	0,030	0,013	0,016
14	Regular	6,35	7,48	0,004	0,017	0,009	0,011
15	Bueno	5,40	6,68	0,004	0,012	0,007	0,008
16	Malo	9,92	14,13	0,016	0,099	0,041	0,050
17	Bueno	9,77	6,43	0,003	0,020	0,010	0,012
18	Bueno	6,06	7,96	0,005	0,019	0,009	0,012
19	Bueno	6,77	6,05	0,003	0,012	0,007	0,008
20	Malo	8,90	14,77	0,017	0,097	0,047	0,057
21	Bueno	7,90	9,23	0,007	0,033	0,019	0,023
22	Bueno	7,13	9,55	0,007	0,032	0,016	0,020
23	Bueno	2,29	2,55	0,001	0,000	0,000	0,000
24	Bueno	6,90	8,72	0,006	0,026	0,013	0,016
25	Bueno	12,30	15,72	0,019	0,152	0,066	0,081
26	Bueno	11,00	15,92	0,020	0,140	0,070	0,085
27	Malo	8,30	12,61	0,012	0,066	0,035	0,043
28	Regular	5,60	9,55	0,007	0,025	0,006	0,008
29	Regular	8,90	11,46	0,010	0,058	0,028	0,035
30	Bueno	6,90	7,64	0,005	0,020	0,012	0,014
31	Bueno	4,65	4,14	0,001	0,004	0,002	0,002
TOTAL PARCELA				0,23	1,34	0,58	0,70
TOTAL/ha				2,29	13,49	5,77	7,05

Realizado por: El Autor

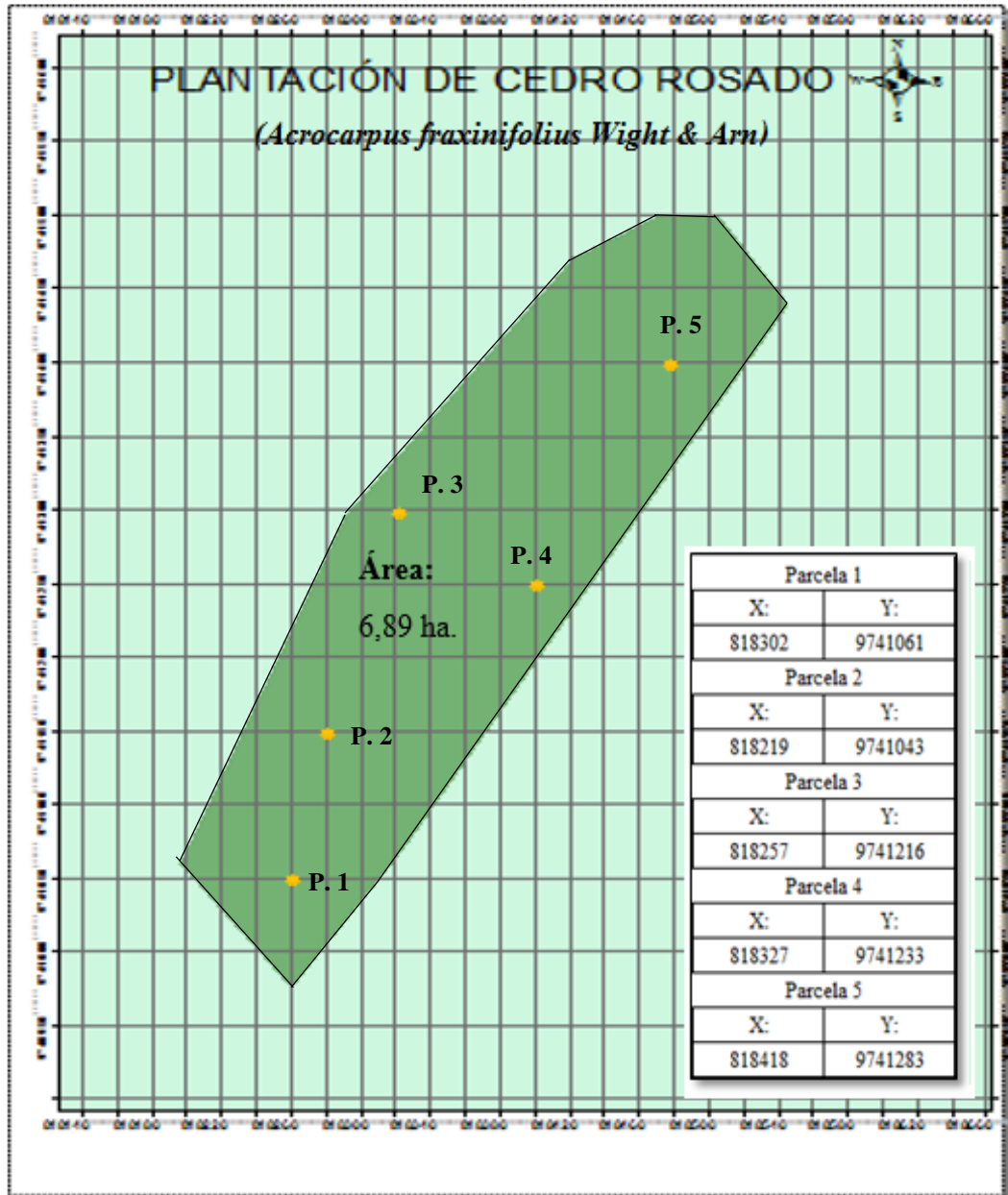
Tabla 15. Existencias de volumen, área basal y biomasa parcela 5

N	Estado S	HT (m)	DAP (cm)	AB (m2)	V. (m3)	W (ton)	WBA (ton)
1	Regular	6,69	7,64	0,005	0,019	0,009	0,010
2	Bueno	9,50	11,46	0,010	0,067	0,028	0,034
3	Bueno	6,78	10,20	0,008	0,035	0,017	0,021
4	Bueno	5,43	6,68	0,004	0,012	0,005	0,006
5	Bueno	7,24	11,78	0,011	0,055	0,024	0,030
6	Bueno	7,50	10,82	0,009	0,044	0,020	0,024
7	Bueno	7,00	9,74	0,007	0,033	0,013	0,016
8	Bueno	8,10	14,01	0,015	0,079	0,031	0,038
9	Bueno	9,20	10,06	0,008	0,046	0,026	0,032
10	Bueno	6,77	6,05	0,003	0,012	0,007	0,008
11	Bueno	4,10	5,09	0,002	0,005	0,003	0,004
12	Bueno	3,60	4,14	0,001	0,003	0,002	0,002
13	Bueno	9,10	13,43	0,014	0,082	0,038	0,046
14	Regular	4,90	6,05	0,003	0,009	0,005	0,006
15	Bueno	7,35	8,50	0,006	0,026	0,015	0,018
16	Malo	7,40	9,36	0,007	0,032	0,017	0,021
17	Bueno	5,60	8,05	0,005	0,018	0,008	0,010
18	Regular	7,80	9,55	0,007	0,035	0,019	0,023
19	Bueno	7,00	8,91	0,006	0,027	0,008	0,010
20	Bueno	6,30	7,96	0,005	0,020	0,006	0,008
21	Bueno	5,20	7,13	0,004	0,013	0,021	0,026
22	Malo	7,85	9,68	0,007	0,037	0,011	0,014
23	Bueno	6,20	8,75	0,006	0,023	0,006	0,007
24	Bueno	5,10	7,00	0,004	0,012	0,002	0,003
25	Bueno	3,20	5,12	0,002	0,004	0,004	0,005
26	Bueno	4,60	6,05	0,003	0,008	0,014	0,017
27	Bueno	6,70	9,76	0,007	0,032	0,002	0,002
28	Malo	3,85	4,54	0,002	0,004	0,025	0,030
29	Malo	8,58	10,50	0,009	0,047	0,001	0,002
30	Regular	3,25	4,23	0,001	0,002	0,005	0,006
31	Regular	4,30	6,49	0,003	0,009	0,031	0,037
32	Bueno	8,70	11,78	0,011	0,060	0,009	0,011
33	Bueno	7,00	7,67	0,005	0,020	0,013	0,016
34	Bueno	6,58	10,19	0,008	0,034	0,009	0,011
TOTAL PARCELA				0,23	1,34	0,57	0,70
TOTAL/ha				2,29	13,49	5,76	7,05

Elaborado por: El Autor.

Anexo 5. Elaboración de la retícula de lado constante en la plantación

Figura 3. Plantación/Cuadrícula



Elaborado por: El Autor

Anexo 6. Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1160



Instituto Ecuatoriano de Normalización

Quito - Ecuador

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA

NTE INEN 1160:1983

FECHA DE CONFIRMACIÓN: 2012-11-20

MADERAS. DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

Primera edición

WOODS. MOISTURE CONTENT DETERMINATION

First edition

DESCRIPTORES: Madera, humedad, método de ensayo, propiedades.
AG 05.01-302
CDU: 674.620.1:543.71
ICS: 58.060

Norma Técnica Ecuatoriana	MADERAS DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD	NTE INEN 1160 1983-12
<p style="text-align: center;">1. OBJETO</p> <p>1.1 Esta norma establece los métodos de ensayo para determinar el contenido de humedad en las maderas, base principal para analizar las propiedades tecnológicas.</p> <p style="text-align: center;">2. TERMINOLOGIA</p> <p>2.1 Contenido de humedad promedio. Es el valor promedio de los contenidos de humedad en una pieza de madera.</p> <p style="text-align: center;">3. DISPOSICIONES GENERALES</p> <p>3.1 Preparación de la Muestra.</p> <p>3.1.1 Las probetas que se tomen deben ser representativas del lote, en lo posible, de una sección transversal completa, uniforme, y no menores de 25 mm a lo largo del grano; en general, el volumen de la probeta debe ser mínimo de 33 cm³. Para el corte deben utilizarse herramientas que generen el menor calor posible.</p> <p>3.1.2 Las partículas adheridas a la probeta deben eliminarse antes de pesarla.</p> <p>3.1.3 Pesar las probetas inmediatamente o, en su defecto, colocarlas en recipientes herméticos hasta su pesaje.</p> <p style="text-align: center;">4. DISPOSICIONES ESPECÍFICAS</p> <p>4.1 Utilizar el método de secado en estufa cuando la madera contenga una pequeña cantidad de sustancias Volátiles hasta 1 %.</p> <p>4.2 Utilizar el método de extracción con disolventes cuando la madera contenga sustancias volátiles en una cantidad mayor al 1 %, en base a masa seca.</p> <p>4.3 El método eléctrico se empleará en maderas con o sin sustancias volátiles, pero no es confiable sobre todo en determinaciones del contenido de humedad superiores al 25%.</p> <p style="text-align: right;"><i>(Continúa)</i></p> <hr/> <p>DESCRIPTORES: Madera, humedad, método de ensayo, propiedades.</p>		

5. METODO DE SECADO EN ESPUMA

5.1 Instrumental.

- 5.1.1 Balanza, que permita determinar la masa con una exactitud hasta de 0,1 g.
- 5.1.2 Estufa eléctrica. Provista de termo-regulador, que permita operar a una temperatura de $103 \pm 3^\circ\text{C}$.
- 5.1.3 Desecador de laboratorio. Provisto de sustancia higroscópica adecuada.

5.2 Procedimiento. Pesar las muestras y colocarlas en la estufa, aplicar un calentamiento gradual hasta alcanzar los $103 \pm 3^\circ\text{C}$; las muestras a esta temperatura deben permanecer por lo menos 20 horas; luego de sacarlas de la estufa, enfriarlas en el desecador y pesarlas hasta obtener la constante de masa.

5.3 Cálculos. El contenido de humedad se obtiene mediante la ecuación siguiente:

$$\text{CH} = \frac{P - P_{sh}}{P_{sh}} \times 100$$

Siendo:

- CH = contenido de humedad, en porcentaje.
 P = masa original de la muestra, en gramos.
 Psh = masa de la muestra anhidra, en gramos.

6. METODO DE EXTRACION CON DISOLVENTES

6.1 Instrumental. Consistente en un aparato con uniones esmeriladas, indicado en la figura 1, y constituido por los elementos siguientes :

- 6.1.1 Recipiente de destilación. Un galón de vidrio termorresistente, con capacidad de 250 cm³.
- 6.1.2 Tubo colector. De vidrio termorresistente, con o sin robinete.
- 6.1.3 Refrigerador a reflujo. De vidrio de bajo coeficiente de dilatación.
- 6.1.4 Plancha de calentamiento.

6.2 Reactivos.

- 6.2.1 Disolvente. De grado reactivo analítico (tolueno, bencina, xileno).

6.3 Procedimiento.

- 6.3.1 Astillar la muestra y pesarla, luego introducir las astillas en el recipiente de destilación, mezclándolas con 100 cm³ de disolvente.
- 6.3.2 Armar el aparato y colocar sobre la plancha de calentamiento, regulando el calor en forma tal, que el destilado que va condensándose en el refrigerante caiga dentro del tubo graduado de la trampa.
- 6.3.3 Continuar la destilación disminuyendo el calentamiento a medida que progresa el ensayo, hasta que no se perciban gotas de agua en el tubo refrigerante ni en el tubo acodado de la trampa. Al final del ensayo, si se observan gotas persistentemente adheridas a las paredes del tubo interior del refrigerante, imprimir mayor velocidad de destilación incrementando por unos minutos el calentamiento. Enfriar el colector a la temperatura ambiente y registrar el volumen de agua acumulada.

Anexo 7. Cálculo del volumen total de la plantación

ARCHIVO INICIO INSERTAR DISEÑO DE PÁGINA FÓRMULAS DATOS REVISAR VISTA											
Pegar		10 A ⁺ A ⁻		Ajustar texto		Número					
Portapapeles		Fuente		Alineación		Combinar y centrar		Número			
SUMA		X ✓ f _x		=N2*K2*0,7							
	A	B	C	D	H	I	J	K	L	N	O
1	N.-	Nombre Comun	Nombre Cientifico	N.- de P	DC (m)	HF (m)	HC (m)	HT (m)	DAP(cm)	AB m2	VOL m3
2	1	Cedro Rosado	<i>Acrocarpus fraxinifolius</i> W	1	2,39	2,13	1,22	3,35	7,03	0,004	=N2*
3	2	Cedro Rosado	<i>Acrocarpus fraxinifolius</i> W	1	3,07	2,10	4,08	6,18	9,69	0,007	K2*0,7
4	3	Cedro Rosado	<i>Acrocarpus fraxinifolius</i> W	1	3,27	2,29	4,85	7,14	7,65	0,005	0,0230
5	4	Cedro Rosado	<i>Acrocarpus fraxinifolius</i> W	1	2,41	1,15	2,47	3,62	3,82	0,001	0,0029
6	5	Cedro Rosado	<i>Acrocarpus fraxinifolius</i> W	1	4,39	4,31	4,50	8,81	15,99	0,020	0,1238
7	6	Cedro Rosado	<i>Acrocarpus fraxinifolius</i> W	1	3,42	3,71	3,20	6,91	10,80	0,009	0,0443
8	7	Cedro Rosado	<i>Acrocarpus fraxinifolius</i> W	1	3,96	7,30	5,10	12,40	22,34	0,039	0,3402
9	8	Cedro Rosado	<i>Acrocarpus fraxinifolius</i> W	1	2,74	4,95	4,25	9,20	16,26	0,021	0,1338
10	9	Cedro Rosado	<i>Acrocarpus fraxinifolius</i> W	1	3,57	6,70	3,24	9,94	16,60	0,022	0,1505
11	10	Cedro Rosado	<i>Acrocarpus fraxinifolius</i> W	1	2,80	4,82	4,50	9,32	17,34	0,024	0,1540
12	11	Cedro Rosado	<i>Acrocarpus fraxinifolius</i> W	1	3,11	2,43	3,47	5,90	8,53	0,006	0,0236
187	186	Cedro Rosado	<i>Acrocarpus fraxinifolius</i> W	5	0,70	2,80	0,40	3,20	5,12	0,002	0,0046
188	187	Cedro Rosado	<i>Acrocarpus fraxinifolius</i> W	5	0,60	3,30	1,30	4,60	6,05	0,003	0,0093
189	188	Cedro Rosado	<i>Acrocarpus fraxinifolius</i> W	5	2,00	4,60	2,10	6,70	9,76	0,007	0,0351
190	189	Cedro Rosado	<i>Acrocarpus fraxinifolius</i> W	5	1,40	3,10	0,75	3,85	4,54	0,002	0,0044
191	190	Cedro Rosado	<i>Acrocarpus fraxinifolius</i> W	5	2,70	7,00	1,58	8,58	10,50	0,009	0,0520
192	191	Cedro Rosado	<i>Acrocarpus fraxinifolius</i> W	5	1,00	2,60	0,65	3,25	4,23	0,001	0,0032
193	192	Cedro Rosado	<i>Acrocarpus fraxinifolius</i> W	5	0,45	3,50	0,80	4,30	6,49	0,003	0,0100
194	193	Cedro Rosado	<i>Acrocarpus fraxinifolius</i> W	5	1,40	6,90	1,80	8,70	11,78	0,011	0,0663
195	194	Cedro Rosado	<i>Acrocarpus fraxinifolius</i> W	5	2,10	4,70	2,30	7,00	7,67	0,005	0,0226
196	195	Cedro Rosado	<i>Acrocarpus fraxinifolius</i> W	5	2,60	4,00	2,58	6,58	10,19	0,008	0,0375
197	196	Cedro Rosado	<i>Acrocarpus fraxinifolius</i> W	5	1,00	3,70	2,40	6,10	8,79	0,006	0,0259
198	Total 5 parcelas									1,7432	11,0281
199	Total por hectárea									3,4864	22,06
200	Total plantación									24,0214	151,97

Anexo 8. Cálculo biomasa del fuste de la plantación

ARCHIVO INICIO INSERTAR DISEÑO DE PÁGINA FÓRMULAS DATOS REVISAR VISTA									
Pegar Fuente Alineación									
SUMA : X ✓ fx =L2*K2									
	A	B	C	D	H	I	K	L	M
	N.-	Nombre Comun	Nombre Cientifico	N.- de Parcela	DAP (cm)	AB (m2)	VCC (m3)	DB gr/cm3	W(ton)
2	1	Cedro Rosado	<i>Acrocarpus fraxinifolius</i>	1	7,03	0,004	0,0058	0,58	=L2*K2
3	2	Cedro Rosado	<i>Acrocarpus fraxinifolius</i>	1	9,69	0,007	0,0108	0,58	0,006
4	3	Cedro Rosado	<i>Acrocarpus fraxinifolius</i>	1	7,65	0,005	0,0074	0,58	0,004
5	4	Cedro Rosado	<i>Acrocarpus fraxinifolius</i>	1	3,82	0,001	0,0009	0,58	0,001
6	5	Cedro Rosado	<i>Acrocarpus fraxinifolius</i>	1	15,99	0,020	0,0606	0,58	0,035
7	6	Cedro Rosado	<i>Acrocarpus fraxinifolius</i>	1	10,80	0,009	0,0238	0,58	0,014
8	7	Cedro Rosado	<i>Acrocarpus fraxinifolius</i>	1	22,34	0,039	0,2003	0,58	0,116
9	8	Cedro Rosado	<i>Acrocarpus fraxinifolius</i>	1	16,26	0,021	0,0720	0,58	0,042
187	186	Cedro Rosado	<i>Acrocarpus fraxinifolius</i>	5	5,12	0,002	0,0040	0,58	0,002
188	187	Cedro Rosado	<i>Acrocarpus fraxinifolius</i>	5	6,05	0,003	0,0066	0,58	0,004
189	188	Cedro Rosado	<i>Acrocarpus fraxinifolius</i>	5	9,76	0,007	0,0241	0,58	0,014
190	189	Cedro Rosado	<i>Acrocarpus fraxinifolius</i>	5	4,54	0,002	0,0035	0,58	0,002
191	190	Cedro Rosado	<i>Acrocarpus fraxinifolius</i>	5	10,50	0,009	0,0424	0,58	0,025
192	191	Cedro Rosado	<i>Acrocarpus fraxinifolius</i>	5	4,23	0,001	0,0026	0,58	0,001
193	192	Cedro Rosado	<i>Acrocarpus fraxinifolius</i>	5	6,49	0,003	0,0081	0,58	0,005
194	193	Cedro Rosado	<i>Acrocarpus fraxinifolius</i>	5	11,78	0,011	0,0526	0,58	0,031
195	194	Cedro Rosado	<i>Acrocarpus fraxinifolius</i>	5	7,67	0,005	0,0152	0,58	0,009
196	195	Cedro Rosado	<i>Acrocarpus fraxinifolius</i>	5	10,19	0,008	0,0228	0,58	0,013
197	196	Cedro Rosado	<i>Acrocarpus fraxinifolius</i>	5	8,79	0,006	0,0157	0,58	0,009
198	TOTAL B/muestra				9,84	1,742	7,6047	0,58	4,411
199	TOTAL B/hectarea								8,821
200	TOTAL B/plantacion								60,780

Anexo 9. Cálculo de la biomasa aérea total de la plantación

ARCHIVO INICIO INSERTAR DISEÑO DE PÁGINA FÓRMULAS DATOS REVISAR VISTA									
Pegar Fuente Alineación									
SUMA : X ✓ fx =M2*L2*P2									
	A	B	C	D	K	L	M	N	P
1	N.-	Nombre Comun	Nombre Cientifico	N.- de Parcela	VCC (m3)	DB gr/cm3	W(ton)	WBA (ton)	FEB
2	1	Cedro Rosado	<i>Acrocarpus fraxinifolius</i>	1	0,0058	0,58	0,003	=M2*L2*	2,11
3	2	Cedro Rosado	<i>Acrocarpus fraxinifolius</i>	1	0,0108	0,58	0,006	P2	2,11
4	3	Cedro Rosado	<i>Acrocarpus fraxinifolius</i>	1	0,0074	0,58	0,004	0,005	2,11
5	4	Cedro Rosado	<i>Acrocarpus fraxinifolius</i>	1	0,0009	0,58	0,001	0,001	2,11
6	5	Cedro Rosado	<i>Acrocarpus fraxinifolius</i>	1	0,0606	0,58	0,035	0,043	2,11
7	6	Cedro Rosado	<i>Acrocarpus fraxinifolius</i>	1	0,0238	0,58	0,014	0,017	2,11
8	7	Cedro Rosado	<i>Acrocarpus fraxinifolius</i>	1	0,2003	0,58	0,116	0,142	2,11
9	8	Cedro Rosado	<i>Acrocarpus fraxinifolius</i>	1	0,0720	0,58	0,042	0,051	2,11
189	188	Cedro Rosado	<i>Acrocarpus fraxinifolius</i>	5	0,0241	0,58	0,014	0,017	2,11
190	189	Cedro Rosado	<i>Acrocarpus fraxinifolius</i>	5	0,0035	0,58	0,002	0,002	2,11
191	190	Cedro Rosado	<i>Acrocarpus fraxinifolius</i>	5	0,0424	0,58	0,025	0,030	2,11
192	191	Cedro Rosado	<i>Acrocarpus fraxinifolius</i>	5	0,0026	0,58	0,001	0,002	2,11
193	192	Cedro Rosado	<i>Acrocarpus fraxinifolius</i>	5	0,0081	0,58	0,005	0,006	2,11
194	193	Cedro Rosado	<i>Acrocarpus fraxinifolius</i>	5	0,0526	0,58	0,031	0,037	2,11
195	194	Cedro Rosado	<i>Acrocarpus fraxinifolius</i>	5	0,0152	0,58	0,009	0,011	2,11
196	195	Cedro Rosado	<i>Acrocarpus fraxinifolius</i>	5	0,0228	0,58	0,013	0,016	2,11
197	196	Cedro Rosado	<i>Acrocarpus fraxinifolius</i>	5	0,0157	0,58	0,009	0,011	2,11
198	TOTAL B/muestra				7,6047	0,58	4,411	5,395	
199	TOTAL B/hectarea						8,821	10,790	
200	TOTAL B/plantacion						60,780	74,342	
201	Total Carbono Plantacion							37,171	