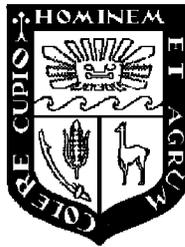


UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

LA MOLINA

Facultad de Ciencias Forestales



**Estimación de la cantidad de carbono
capturado por Guazuma crinita en una
plantación de 8 años en Ucayali**

Tesis para optar el Título de
INGENIERO FORESTAL

Dora Alina Samaniego Vivanco

Lima – Perú
2009

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Los Miembros del Jurado que suscriben, reunidos para calificar la sustentación del Trabajo de Tesis, presentado por la ex-alumna de la Facultad de Ciencias Forestales, Bach. DORA ALINA SAMANIEGO VIVANCO, intitulado “ESTIMACIÓN DE LA CANTIDAD DE CARBONO CAPTURADO POR GUAZUMA CRINITA EN UNA PLANTACIÓN DE 8 AÑOS EN UCAYALI”.

Oídas las respuestas a las observaciones formuladas, lo declaramos:

.....

con el calificativo de

En consecuencia queda en condición de ser considerada APTA y recibir el título de INGENIERO FORESTAL.

La Molina, 26 de Mayo de 2009

.....
Ing. Fernando Bulnes Soriano
Presidente

.....
Dr. Julio Alegre Orihuela
Miembro

.....
Ing. Karin Begazo Curie
Miembro

.....
Ing. Víctor Barrera Arroyo
Patrocinador

.....
Dr. Héctor Enrique Gonzáles Mora
Copatrocinador

RESUMEN

Este estudio evaluó la cantidad de carbono de la biomasa aérea de los árboles de *Guazuma crinita* plantados por ICRAF el 2001 en Ucayali. Se estimó la biomasa aérea de los componentes de cada árbol de la muestra, evaluándose en total 30 árboles.

La muestra fue escogida de tal manera que represente a toda la población, para lo cual se hicieron análisis previos de los censos de la plantación, se determinaron cuatro categorías diamétricas y su frecuencia en la población, la muestra escogida mantuvo esa frecuencia.

Las hojas y ramas de cada árbol fueron pesadas, se extrajeron tres rodajas de ramas y tres muestras de hojas. Los fustes fueron divididos en tercios, a la mitad de cada tercio se extrajeron rodajas que luego fueron divididas en probetas, además los fustes se dividieron en 7 secciones para estimar su volumen.

Para determinar la fracción de carbono se realizaron pruebas de valor calórico para hojas, ramas y fustes según la categoría diamétrica. Los resultados determinaron que todos los componentes del árbol tienen una fracción de carbono mayor a 0,45.

La cantidad de carbono estimada en un árbol de *Guazuma crinita* es en promedio 31.6437 kg. Las ecuaciones propuestas sugieren que el Dap es la variable adecuada para estimar la cantidad de carbono en los árboles de *Guazuma crinita*.

ÍNDICE

	Página
DEDICATORIA.....	III
AGRADECIMIENTOS.....	IV
RESUMEN	VI
ÍNDICE.....	VII
LISTA DE CUADROS.....	X
LISTA DE FIGURAS.....	XI
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1 CARBONO.....	3
2.1.1 <i>Ciclo de carbono</i>	3
2.1.2 <i>Sumideros de Carbono</i>	5
2.2 CAMBIO CLIMÁTICO.....	5
2.2.1 <i>Efecto invernadero</i>	6
2.2.2 <i>Protocolo de Kyoto</i>	7
2.2.3 <i>Mecanismos de Desarrollo Limpio (MDL)</i>	11
2.3 PLANTACIONES FORESTALES	14
2.4 METODOLOGÍAS PARA ESTIMAR BIOMASA.....	15
2.5 FRACCION DE CARBONO.....	19
2.6 GUAZUMA CRINITA	20
2.6.1 <i>Clasificación sistemática y Descripción Botánica</i>	20
2.6.2 <i>Fenología</i>	20
2.6.3 <i>Silvicultura</i>	21
2.6.4 <i>Distribución y hábitat</i>	21
2.6.5 <i>Anatomía de la Madera</i>	21
2.6.6 <i>Propiedades Físicas y Mecánicas</i>	22
2.6.7 <i>Usos</i>	22
2.6.8 <i>Crecimiento</i>	22
2.6.9 <i>Plantación de Guazuma crinita en Ucayali realizada por ICRAF</i>	23
3. MATERIALES Y MÉTODOS	25
3.1 ZONA DE ESTUDIO.....	25
3.1.1 <i>Ubicación Geográfica</i>	25
3.1.2 <i>Clima</i>	26
3.1.3 <i>Red Hidrográfica:</i>	26
3.1.4 <i>Suelos</i>	26
3.1.5 <i>Bosques</i>	27
3.2 MATERIALES Y EQUIPOS	29
3.2.1 <i>Materiales:</i>	29
3.2.2 <i>Equipos:</i>	29
3.2.3 <i>Instrumentos</i>	29

3.3	METODOLOGÍA.....	30
3.3.1	<i>Selección de la Muestra</i>	30
3.3.2	<i>Trabajo de Campo</i>	31
3.3.3	<i>Transporte</i>	36
3.3.4	<i>Trabajo de laboratorio</i>	36
3.3.5	<i>Trabajo de gabinete</i>	40
3.3.6	<i>Ecuaciones de cantidad de carbono</i>	48
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	49
4.1	SELECCIÓN DE LA MUESTRA.....	49
4.2	TRABAJO DE CAMPO	49
4.2.1	<i>Selección de árboles</i>	49
4.2.2	<i>Ubicación y Medición del árbol en pie</i>	49
4.2.3	<i>Mediciones realizadas a fustes</i>	54
4.2.4	<i>Mediciones realizadas a las ramas</i>	57
4.2.5	<i>Mediciones realizadas a las hojas</i>	59
4.3	TRANSPORTE.....	62
4.4	TRABAJO DE LABORATORIO.....	63
4.4.1	<i>Secado de muestras de hojas, probetas pares de fustes y probetas pares de ramas</i> 63	
4.4.2	<i>Molido de muestras de hojas, probetas impares de ramas y probetas impares fustes</i> 65	
4.4.3	<i>Evaluación del valor calorífico o Poder Calorífico Inferior de las sub muestras</i> 66	
4.5	TRABAJO DE GABINETE	68
4.5.1	<i>Cálculo de los volúmenes</i>	68
4.5.2	<i>Contenido de humedad de muestras de hojas, probetas pares de ramas y probetas pares de fustes</i>	73
4.5.3	<i>Determinación de la biomasa seca</i>	77
4.6	DETERMINACIÓN DE LA FRACCIÓN DE CARBONO	85
4.7	DETERMINACIÓN DE LA CANTIDAD DE CARBONO	88
5.	CONCLUSIONES.....	96
6.	RECOMENDACIONES.....	97
	BIBLIOGRAFÍA.....	98
	ANEXO 1.....	104
	LONGITUDES Y DIÁMETROS DE LAS SECCIONES DE LOS FUSTES EVALUADOS	104
	ANEXO 2.....	110
	RESULTADOS OBTENIDOS DE LAS MEDICIONES DE RODAJAS.....	110
	ANEXO 3.....	113
	PESO DE LAS PROBETAS DE LAS RODAJAS	113
	ANEXO 4.....	116
	PESOS DE LAS PROBETAS Y DE LAS RODAJAS DE LAS RAMAS	116
	ANEXO 5.....	119

PESO HÚMEDO DE LAS MUESTRAS DE HOJAS.....	119
ANEXO 6.....	122
VOLÚMENES DE LAS SECCIONES DE LOS FUSTES	122
ANEXO 7.....	127
VOLUMEN DE RODAJAS DE FUSTE.....	127
ANEXO 8.....	130
CROQUIS DE DISRIBUCIÓN DE LAS PARCELAS.....	130

Lista de cuadros

	Página
CUADRO 1	MERCADOS DE CARBONO.....8
CUADRO 2	CATEGORÍAS Y PROYECTOS DE MECANISMOS DE DESARROLLO LIMPIO13
CUADRO 3	UBICACIÓN DE LAS PLANTACIONES25
CUADRO 4	CARACTERIZACIÓN DE SUELOS DE LAS PLANTACIONES DE BOLAINA27
CUADRO 5	TIPOS DE BOSQUES DE LA REGIÓN UCAYALI27
CUADRO 6	TIPOS DE BOSQUES POR PROVINCIAS DE LA REGIÓN UCAYALI.....29
CUADRO 7	CATEGORÍAS DIAMÉTRICAS30
CUADRO 8	MODELOS USADOS EN ECUACIONES DE VOLUMEN Y BIOMASA48
CUADRO 9	DISTRIBUCIÓN DIAMÉTRICA DE LOS 30 ÁRBOLES EVALUADOS49
CUADRO 10	DAP PROMEDIO Y ALTURA TOTAL DE LOS ÁRBOLES EVALUADOS.....50
CUADRO 11	LONGITUD DE FUSTE O ALTURA DE FUSTE DE LOS ÁRBOLES EVALUADOS54
CUADRO 12	PESO FRESCO TOTAL DE LAS RAMAS DE LOS ÁRBOLES EVALUADOS58
CUADRO 13	PESO FRESCO HOJAS.....61
CUADRO 14	PODER CALORÍFICO INFERIOR DE LAS SUB MUESTRAS DE FUSTES SEGÚN CATEGORÍA DIAMÉTRICA. .67
CUADRO 15	PODER CALORÍFICO INFERIOR DE LAS SUB MUESTRAS DE RAMAS Y HOJAS.....68
CUADRO 16	VOLUMEN DE FUSTES69
CUADRO 17	VOLUMEN DE TERCIOS71
CUADRO 18	DAP, ALTURA DE FUSTE Y VOLUMEN72
CUADRO 19	CONTENIDO DE HUMEDAD PROMEDIO DE LAS HOJAS73
CUADRO 20	CONTENIDO DE HUMEDAD PROMEDIO EN LAS RAMAS74
CUADRO 21	CONTENIDO DE HUMEDAD DE LAS RODAJAS DE LOS TERCIOS76
CUADRO 22	BIOMASA SECA DE LAS HOJAS Y RAMAS.....77
CUADRO 23	BIOMASA SECA EN LOS TERCIOS DEL FUSTE Y EL TOTAL.....80
CUADRO 24	COEFICIENTE DE CONICIDAD SEGÚN CATEGORÍA DIAMÉTRICA81
CUADRO 25	BIOMASA SECA TOTAL Y DE LOS COMPONENTES DEL ÁRBOL.....82
CUADRO 26	FRACCIÓN DE CARBONO DE LAS SUB MUESTRAS DE FUSTES.....86
CUADRO 27	FRACCIÓN DE CARBONO DE LAS SUB MUESTRAS DE HOJAS Y RAMAS.87
CUADRO 28	ECUACIONES DE FRACCIÓN DE CARBONO88
CUADRO 29	CANTIDAD DE CARBONO EN LOS COMPONENTES DEL ÁRBOL Y EL TOTAL.....89
CUADRO 30	DAP, ALTURA DE FUSTE, VOLUMEN TOTAL, BIOMASA SECA TOTAL Y CANTIDAD DE CARBONO TOTAL PARA LOS 30 ÁRBOLES EVALUADOS.....90
CUADRO 31	PROMEDIO, MÁXIMO, MÍNIMO, DESVIACIÓN ESTÁNDAR Y COEFICIENTE DE VARIABILIDAD DE LAS VARIABLES ESTUDIADAS.....91
CUADRO 32	ECUACIONES DE CANTIDAD DE CARBONO PROPUESTAS PARA LOS DIFERENTES COMPONENTES DEL ÁRBOL.....92
CUADRO 33	ECUACIONES ELEGIDAS92

Lista de figuras

Página

FIGURA 1	EL CICLO GLOBAL DEL CARBONO EN LA ACTUALIDAD.....	3
FIGURA 2	PRINCIPALES COMPRADORES. FUENTE: CAPOOR Y AMBROSSI, 2008	9
FIGURA 3	UBICACIÓN DE LOS PROYECTOS DE CARBONO. FUENTE: CAPOOR Y AMBROSSI, 2008	10
FIGURA 4	LOCALIZACIÓN DE LOS PROYECTOS DEL MERCADO VOLUNTARIO FUENTE: CAPOOR Y AMBROSSI, 2008	11
FIGURA 5	DISTRIBUCIÓN DE PROYECTOS MDL POR ACTIVIDADES. FUENTE: GREENPEACE, 2006.....	14
FIGURA 6	DIAGRAMA DE FLUJO DEL TRABAJO DE CAMPO	31
FIGURA 7	UBICACIÓN DE LOS TERCIOS EN EL ÁRBOL APEADO	32
FIGURA 8	MEDICIONES REALIZADAS A LOS TERCIOS DE LOS FUSTES. S: SECCIÓN DEL FUSTE.....	33
FIGURA 9	CODIFICACIÓN DE RODAJAS.....	33
FIGURA 10	CODIFICACIÓN DE LAS PROBETAS	34
FIGURA 11	CODIFICACIÓN DE LAS PROBETAS DE LAS RAMAS.....	35
FIGURA 12	FLUJO DE ACTIVIDADES LA ETAPA DE LABORATORIO.	37
FIGURA 13	DISTRIBUCIÓN DE LAS MUESTRAS IMPARES DE LOS FUSTES PARA EL MOLIDO.	39
FIGURA 14	DISTRIBUCIÓN DIAMÉTRICA DE LOS 30 ÁRBOLES SEGÚN LA CATEGORÍA DIAMÉTRICA	52
FIGURA 15	RELACIÓN ENTRE EL DAP (CM) Y LA ALTURA TOTAL (M)	53
FIGURA 16	RELACIÓN LINEAL ENTRE EL DAP 1 Y EL DAP 2.	53
FIGURA 17	RELACIÓN ENTRE EL DAP(CM) Y LA ALTURA DE FUSTE (M)	55
FIGURA 18	EXTRACCIÓN DE RODAJAS EN LOS FUSTES.....	56
FIGURA 19	PESADO DE RAMAS.....	57
FIGURA 20	RELACIÓN DEL DAP (CM) Y EL PESO FRESCO DE LAS RAMAS (KG).....	59
FIGURA 21	DESHOJADO DE <i>GUAZUMA CRINITA</i>	60
FIGURA 22	RELACIÓN ENTRE EL DAP (CM) Y EL PESO FRESCO TOTAL DE LAS HOJAS (KG).....	62
FIGURA 23	SECADO DE LAS MUESTRAS DE HOJAS EN EL LABORATORIO DE PULPA Y PAPEL DE LA FCF-UNALM.	63
FIGURA 24	SECADO DE LAS PROBETAS PARES DE RAMAS EN EL LABORATORIO DE PULPA Y PAPEL DE LA FCF-UNALM.....	64
FIGURA 25	SECADO DE LAS PROBETAS DE FUSTES EN EL LABORATORIO DE PULPA Y PAPEL DE LA FCF-UNALM	64
FIGURA 26	MOLIDO DE LAS PROBETAS IMPARES DE RAMAS.....	65
FIGURA 27	RELACIÓN ENTRE EL DAP (CM) Y VOLUMEN (M ³)	70
FIGURA 28	BIOMASA SECA DE HOJAS(KG) SEGÚN EL DAP(CM)	78
FIGURA 29	BIOMASA SECA DE RAMAS(KG) SEGÚN EL DAP(CM).....	79
FIGURA 30	BIOMASA SECA DE LOS TERCIOS DE FUSTE Y DEL TOTAL DEL FUSTE SEGÚN EL DAP.....	81
FIGURA 31	BIOMASA SECA DE FUSTE SEGÚN EL DAP.....	82
FIGURA 32	BIOMASA SECA DE LOS COMPONENTES DEL ÁRBOL (KG) SEGÚN EL DIÁMETRO	84
FIGURA 33	BIOMASA SECA DE LOS COMPONENTES DEL ÁRBOL (%) RESPECTO AL TOTAL.	84
FIGURA 34	CANTIDAD DE CARBONO EN HOJAS (KG) SEGÚN EL DAP.....	93
FIGURA 35	CANTIDAD DE CARBONO EN RAMAS (KG) SEGÚN EL DAP.....	94
FIGURA 36	CANTIDAD DE CARBONO EN FUSTE (KG) SEGÚN EL DAP.	94
FIGURA 37	CANTIDAD DE CARBONO EN EL ÁRBOL (KG) SEGÚN EL DAP.....	95

1. INTRODUCCIÓN

El carbono es un componente esencial de los seres vivos. El carbono existe en su mayor parte como dióxido de carbono en la atmósfera, los océanos y los combustibles fósiles. El dióxido de carbono en la atmósfera es absorbido por las plantas y convertido en carbohidratos y tejidos a través del proceso de fotosíntesis, como parte del ciclo del carbono. (Laypere *et al* 2004).

En la actualidad, el cambio climático global se atribuye generalmente a la concentración en la atmósfera de los llamados “gases de efecto invernadero” (GEI) por arriba de los niveles históricos. Se estima que el incremento de bióxido de carbono (CO₂), óxido nitroso (N₂O), metano (CH₄) y ozono (O₃) en la atmósfera producirá un aumento en la temperatura media global entre 3 y 5 °C, y afectará fuertemente los patrones de precipitación actuales (IPCC 2007).

Una plantación de árboles es considerada un sumidero de carbono, ya que el árbol tiene en su biomasa seca entre 42% a 50% de carbono. Para estudios referentes a sumideros de carbono es necesario poder medir la biomasa, puesto que las mediciones de la biomasa proveen una estimación de la cantidad de carbono contenida en la vegetación. Por lo tanto, la biomasa representa una medida indirecta de la cantidad de carbono que es almacenada por la vegetación leñosa. La estimación de la biomasa también permite establecer la cantidad de dióxido de carbono que puede ser removida de la atmósfera por la reforestación (Polzot 2004, citado por Dávalos *et al* 2008).

En el año 2001 ICRAF (The World Agroforestry Center) instaló mediante su proyecto de Domesticación de árboles, 15 parcelas de 0,25 ha de *Guazuma crinita*, con una separación de 2,5x2,5 metros, en Ucayali, dichas plantaciones han sido constantemente monitoreadas.

EL objetivo general de la presente investigación es estimar la cantidad de carbono capturado por *Guazuma crinita* en una plantación de 8 años en Ucayali. Los objetivos específicos son:

- - Calcular la biomasa aérea de individuos de *Guazuma crinita*.
- - Calcular la Fracción de Carbono para las hojas, ramas y para el fuste de *Guazuma crinita*

- - Generar ecuaciones que estimen el contenido de carbono en el fuste, hojas, ramas y árbol de *Guazuma crinita*

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 CARBONO

El carbono (C) es un elemento fundamental de los compuestos orgánicos, en los que se combina con nitrógeno, fósforo, azufre, oxígeno e hidrógeno para constituir las moléculas más importantes para la vida (Jaramillo, 2004).

2.1.1 CICLO DE CARBONO

El Carbono circula entre la materia orgánica y el ambiente físico-químico de manera constante. El movimiento del Carbono ocurre a diferentes escalas espacio-temporales, que van desde el nivel molecular hasta el global, como se observa en la Figura 1. El Carbono, en su unión molecular con el oxígeno, constituye el bióxido de carbono (CO_2), gas resultante de procesos tanto geoquímicos como biológicos, y cuya presencia en la atmósfera es fundamental en la regulación de la temperatura del planeta debido a sus propiedades como gas de invernadero (Jaramillo, 2004).

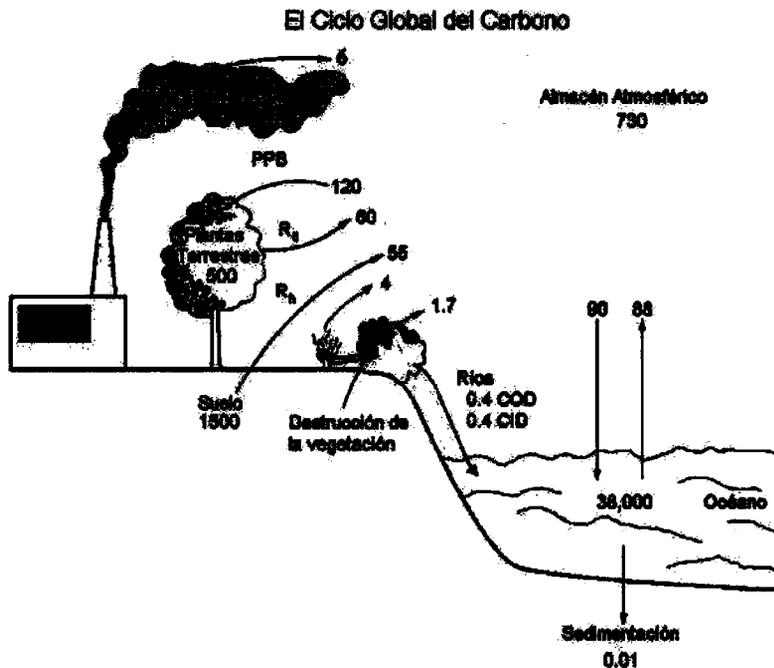


Figura 1 El ciclo global del carbono en la actualidad.

Los almacenamientos están expresados en Pg (Pentagramo) de Carbono y los flujos en Pg C/año. PPB = producción primaria bruta; Ra = respiración autótrofa; Rh = respiración heterótrofa; COD = carbono orgánico disuelto; CID = carbono inorgánico disuelto. Fuente: Esquema modificado de Schlesinger (1997), y actualizado con información de IPCC (2001) citado por Jaramillo (2004).

El ciclo biológico desempeña un papel importante en los flujos de carbono entre los diversos depósitos, a través de los procesos de fotosíntesis y respiración. Mediante la fotosíntesis, las plantas absorben la energía solar y el CO₂ de la atmósfera, produciendo oxígeno e hidratos de carbono (azúcares como la glucosa), que sirven de base para el crecimiento de las plantas. Los animales y las plantas utilizan los hidratos de carbono en el proceso de respiración, usando la energía contenida en los hidratos de carbono y emitiendo CO₂. Junto con la descomposición orgánica (forma de respiración de las bacterias y hongos), la respiración devuelve el carbono, biológicamente fijado en los reservorios terrestres (los tejidos de biota, el permafrost del suelo y la turba), a la atmósfera.

Las ecuaciones químicas que rigen estos dos procesos son (EPM.2008):

Fotosíntesis: $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{energía} \rightarrow (\text{CH}_2\text{O})_n + \text{O}_2$

Respiración: $(\text{CH}_2\text{O})_n + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{energía}$

En el largo plazo (cientos de millones de años), el ciclo geoquímico del Carbonato-Silicato opera como regulador de dicha concentración. En este ciclo, el CO₂ atmosférico se disuelve en el agua de lluvia y forma ácido carbónico que reacciona con los minerales expuestos sobre la superficie terrestre, generando lo que se conoce como intemperismo de la roca. Los ríos acarrear los productos disueltos al océano. En el océano se forma el carbonato de calcio; éste se deposita en los sedimentos marinos que por el proceso de subducción entran a la corteza baja de la Tierra. En este proceso se reincorporan elementos a los minerales primarios de las rocas y el carbono regresa a la atmósfera como CO₂ por las emisiones volcánicas e hidrotermales. Este ciclo geoquímico ha ayudado a mantener la concentración del CO₂ atmosférico por debajo de 1% durante los últimos 100 millones de años; sin embargo, los flujos de carbono anuales son relativamente pequeños. (Jaramillo, 2004)

2.1.2 SUMIDEROS DE CARBONO

Se conoce como sumidero todo sistema o proceso por el que se extrae de la atmósfera un gas o gases y se almacena. Es necesario poder medir la biomasa cuando se considera la cuestión de los sumideros de carbono, ya que las mediciones de la biomasa proveen una estimación de la cantidad de carbono contenida en la vegetación. Por lo tanto, la biomasa representa una medida indirecta de la cantidad de carbono que es almacenada por la vegetación leñosa. La estimación de la biomasa también permite establecer la cantidad de dióxido de carbono que puede ser removido de la atmósfera gracias a la reforestación (Polzot, 2004).

Varios almacenes de carbono pueden ser identificados dentro de los sistemas forestales. Estos incluyen el suelo, la madera viva de los árboles, la madera subterránea en las raíces y la materia orgánica muerta en el piso del bosque. El carbono total almacenado en el ecosistema es simplemente la suma del carbono almacenado en los diferentes almacenes o depósitos (Masera *et al*, 2000 citado por Davalos *et al*, 2008).

El carbono almacenado es la cantidad total de Carbono contenido por la biomasa, mientras que el carbono “capturado” o “secuestrado” es una medida del flujo dinámico del crecimiento anual de la biomasa. (Davalos *et al*, 2008) .

La formación de un Kg, de madera sustrae 1,63 Kg de CO₂ atmosférico. (Carazo, 2006). A su vez 1 kg de CO₂ equivale a 0,5562 m³, se concluye que 1 Kg de madera sustrae en volumen 0,906606 m³ de CO₂ (ICBE, 2009)

Conocido el peso seco de cada componente de los árboles es posible determinar el contenido de carbono. El contenido de carbono a nivel especie puede variar desde 40.27 hasta 46.29 e incluso más de 50% (Gayoso *et al*, 2002). Este factor de conversión también ha sido sugerido por el Panel Intergubernamental del Cambio Climático para estudios de captura de carbono. (IPCC, 1994) .

2.2 CAMBIO CLIMÁTICO

Se llama cambio climático a la variación global del clima de la Tierra. La Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC) define el cambio climático como un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana, que altera la

composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables. (Greenpeace, 2006)

Las causas del problema del cambio climático se encuentran en nuestro modelo productivo y social, basado, desde el siglo XIX, en el uso creciente de la energía de una manera poco sostenible, que además procede en un 85% de combustibles fósiles: carbón, petróleo y gas natural. Según el Tercer Informe del IPCC, se observa que, si bien la evolución de la temperatura se puede explicar suficientemente bien sólo mediante causas naturales durante la primera mitad del siglo XX, no es así durante la segunda mitad. Sólo considerando el papel del ser humano es posible explicar el aumento de temperatura observado en el planeta en la segunda mitad del siglo pasado. Los incrementos de temperatura del siglo XX han sido, probablemente, los mayores ocurridos en un siglo en los últimos 1.000 años. (Carreras *et al*, 2007)

2.2.1 EFECTO INVERNADERO

A la Tierra llega una cantidad de radiación solar, de la cual parte es reflejada al espacio (aproximadamente un tercio) y el resto es absorbida por los componentes del sistema climático: atmósfera, hidrosfera, criosfera, litosfera y biosfera. Parte de las radiaciones absorbidas y emitidas por la Tierra quedan retenidas de forma similar a como sucedería en un invernadero, cuyo funcionamiento se basa en que el cristal que recubre las plantas deja pasar la radiación del Sol, y en cambio retiene la radiación emitida por el suelo y las plantas, creando un ambiente más cálido en el interior que en el exterior. Así pues, la atmósfera es prácticamente transparente para la radiación procedente del Sol (principalmente en la parte visible de onda corta del espectro), pero no ocurre lo mismo para la radiación de onda larga que proviene del planeta. Esta última es absorbida por determinados gases presentes en la atmósfera. (Echagüe, 2006).

Estos gases son conocidos como gases de efecto invernadero, y desempeñan un importante papel en el calentamiento de la atmósfera, ya que gracias a su existencia, la temperatura de la Tierra tiene un valor medio global de unos 15°C, esencial para la vida, en lugar de los -18°C que tendría si estos gases no estuviesen presentes en la atmósfera. (Echagüe, 2006).

2.2.2 PROTOCOLO DE KYOTO

El Protocolo de Kyoto, desarrollado en 1997 y que entró en vigor en febrero de 2005, establece limitaciones cuantitativas de las emisiones de los GEI para los países industrializados y aquellos en transición a economías de mercado (países del Anexo I). Estos países asumen el compromiso de reducir, individual o colectivamente, durante el quinquenio 2008-2012 al menos un 5,2% sus emisiones antropógenas de los seis Gases de efecto invernadero (GEI) objeto de control con respecto a las emisiones de 1990. (Greenpeace, 2006).

La primera acción concreta, fue crear en 1988 una organización de carácter mundial para estudiar el problema y proponer acciones de mitigación, el que tomó el nombre de Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC), y contó con la representación de más de 100 países. Como resultado se formuló un tratado mundial para hacer frente al problema de cambio climático, el que fue adoptado el 9 de mayo de 1992 por las Naciones Unidas como Convención Marco sobre Cambio Climático (CMCC); (United Nations Framework Convention on Climate Change, FCCC). (UACH, 2008).

Un hito importante se dio en la Conferencia de las Partes de la Convención de 1997 (Conference of the Parties –COPs) en Kyoto (COP-3), donde se establecieron nuevas obligaciones y plazos para los países industrializados (Anexo I), quienes se comprometieron en reducir las emisiones de los gases de efecto invernadero (GEI), en un poco más de 5% en promedio respecto de los niveles de 1990, para el período entre 2008-2012. (Norberto, 2002)

A) MERCADOS DE CARBONO

Los mercados de créditos de carbono son sistemas de comercio a través de los cuáles los gobiernos, las empresas o individuos pueden vender o adquirir reducciones de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) Los mercados de carbono son un medio innovador y complementario para transferir tecnologías y sistemas de gestión más limpios a los países en vías de desarrollo a la vez que ponen límites y precio a las emisiones. (CeroCo2, 2008)

B) TIPOS DE MERCADO DE CARBONO:

Existen los Mercados de conformidad que son los regulados y los Mercados Voluntarios, como se observa en el cuadro 1 el crecimiento de un año a otro es consistente. (Capoor y Ambrossi 2008)

Cuadro 1 Mercados de Carbono

Mercados	Volumen (MtCO₂e)		Valor (millones de dólares EEUU)	
	2006	2007	2006	2007
Mercado Voluntario Extrabursátil	14,3	42,1	58,5	258,4
Bolsa Climática de Chicago (CCX)	10,3	22,9	38,3	72,4
Total Mercados Voluntarios	24,6	65	96,8	330,8
EU ETS	1044	2061	24436	50097
MDL Primario	537	551	5804	7426
MDL Secundario	25	240	445	5451
Implementación Conjunta	16	41	141	499
Nuevos Gales del Sur	20	25	225	224
Total Mercados Regulados	1642	2918	31051	63697
TOTAL MERCADOS GLOBALES	1666,6	2983	31147,8	64027,8

Fuente: Capoor y Ambrossi, 2008

- a) Mercados de conformidad. Regulados por el Protocolo de Kyoto (compra/venta de derechos). Permite la compra venta de los derechos de emisión creados y asignados entre los distintos países miembros del Anexo I-El emitir menos de lo permitido deja un margen de permisos de emisión (o derechos) que pueden ser vendidos a otros países que, por diferentes razones, no lograron emitir menos de los establecido. (CeroCo2, 2008)
- b) Mercados Voluntarios. No están regulados por el Protocolo de Kyoto (Compensación de Emisiones). Consiste en diversas transacciones individuales negociadas por ciudadanos particulares, organizaciones privadas o públicas.-Los actores mencionados participan activamente por su voluntad de tomar conciencia y responsabilidad de sus emisiones de GEI. -Los mercados voluntarios emulan la estructura de los mercados de conformidad, en concreto del MDL. Existen a su vez Mercados Oficiales y Mercados Auto regulados. (CeroCo2, 2008)

C) DEMANDA

Los compradores europeos dominan el mercado de conformidad y el voluntario, comprando desde el 2006 casi el 90%, como se observa en la Figura 2. (Capoor y Ambrossi, 2008)

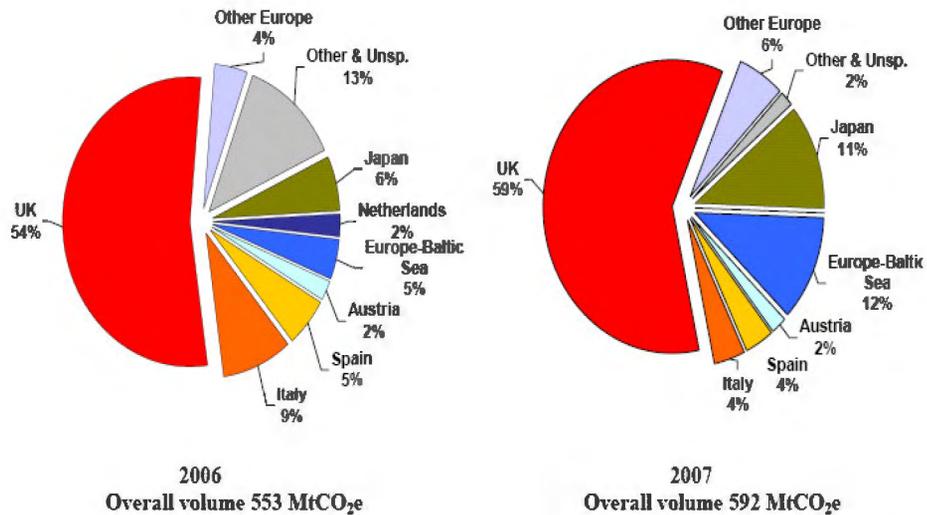


Figura 2 Principales compradores. Fuente: Capoor y Ambrossi, 2008

D) OFERTA.

China es el líder con un 73% del Mercado de conformidad en el 2007, en el 2006 tuvo un 54%, como se observa en la figura 3. China es el destino favorito de los compradores de créditos de carbono, con una superficie grande, por un clima favorable para la inversión. (Capoor y Ambrossi, 2008)

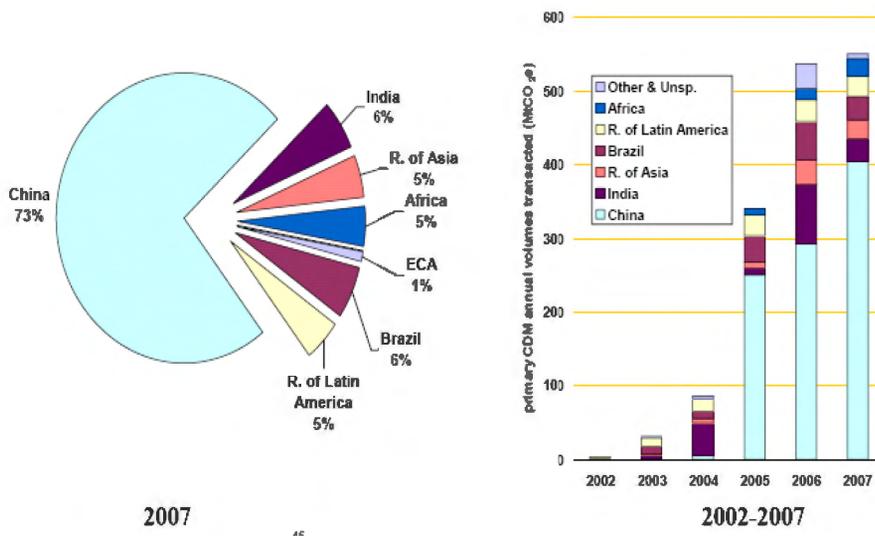


Figura 3 Ubicación de los Proyectos de Carbono. Fuente: Capoor y Ambrossi, 2008

En el caso de los Mercados Voluntarios los líderes son otros como los países de Europa del Este, lo cual se observa en la figura 4. (Capoor y Ambrossi, 2008)

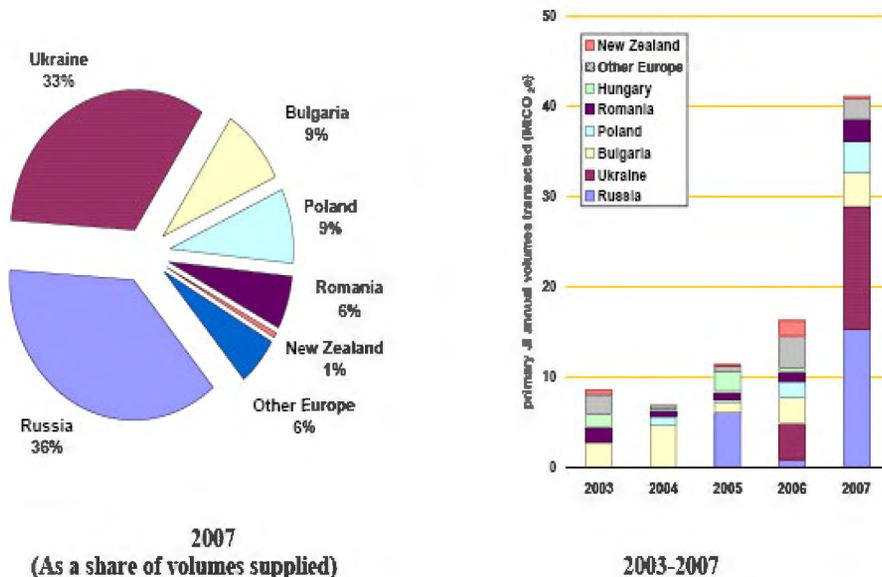


Figura 4 Localización de los proyectos del Mercado Voluntario Fuente: Capoor y Ambrossi, 2008

2.2.3 MECANISMOS DE DESARROLLO LIMPIO (MDL).

Este mecanismo consiste en un sistema para obtener financiación adicional para los proyectos destinados al desarrollo sostenible, de forma que los países desarrollados puedan restar de sus emisiones la reducción obtenida en los proyectos que financien. (Echagüe, 2006)

Los proyectos deberán ser aprobados por las partes involucradas, conducir a un desarrollo sostenible en los países anfitriones y deben resultar en beneficios reales, mensurables y a largo plazo en cuanto a la mitigación al cambio climático. Las reducciones deben ser adicionales a aquellas reducciones que pudieran ocurrir en ausencia de la actividad del proyecto. (FONAM, 2008)

Perú ha ratificado el Protocolo de Kyoto, por lo que se puede beneficiar de este mecanismo.

El mecanismo de Desarrollo Limpio establecido en el Artículo 12 del Protocolo, se basa en proyectos que tengan por objeto reducciones certificadas de emisiones, sujeta al principio de complementariedad (o sea destinada al cumplimiento de una parte de los compromisos cuantificados de los países desarrollados), de los que podrán participar entidades públicas o

privadas distintas de los Estados, previéndose, además, que las reducciones de emisiones deben ser adicionales a las que se producirían en ausencia de la actividad certificada del proyecto (lo que equivale a exigir que la tecnología sea de difícil acceso en el mercado). Asimismo, el inciso 10 de este Artículo prevé la posibilidad de que las reducciones certificadas de emisiones que puedan obtenerse en el período comprendido entre el año 2000 y el primer período de compromiso podrán utilizarse para contribuir al cumplimiento del mismo. (FONAM, 2008)

Desde la ratificación del Protocolo de Kyoto en el año 2004 hasta hoy, han sido registrados en la Junta Ejecutiva del MDL, más de 300 proyectos, y en los últimos meses se ha visto como dicha cifra está creciendo a un ritmo casi exponencial. La estimación de la propia Junta Ejecutiva es que para el año 2012 se hayan emitido más de 570 millones de Reducciones Certificadas de Emisiones. (Greenpeace, 2006)

Son muy diversas las tipologías de proyectos que hasta ahora se han concebido bajo el marco del MDL. Sin embargo, existe una clara dominancia de los proyectos relacionados con la implantación de energías renovables, la sustitución de combustibles fósiles y la mejora de la eficiencia energética. Hay distintas categorías de proyectos definidas por la Junta Ejecutiva del MDL., en el cuadro 2 se muestran algunos tipos. (Greenpeace, 2006)

Cuadro 2 Categorías y Proyectos de Mecanismos de Desarrollo Limpio

CATEGORÍA DE PROYECTOS MDL	TIPOS DE PROYECTOS
Industria manufacturera	Mejora de la eficiencia energética en los procesos de producción del sector manufacturero con la implantación de nuevas tecnologías.
	Cambio en el uso de combustibles dentro del sector (p. e. de petróleo a gas natural o biomasa).
Industria energética	Creación de centrales a partir de fuentes renovables: hidroeléctricas, eólica, fotovoltaica, biomasa, etc.
	Recuperación de los gases de un vertedero para producción de energía.
	Sustitución de fuentes de energía de origen fósil por eólica, fotovoltaica, biomasa, etc.
Gestión de residuos	Captura del metano que producen los vertederos para su destrucción o para la producción de biogás.
	Tratamiento de aguas residuales para captura del metano y producción de biogás.
Agricultura	Mejora en la gestión de los residuos producidos por el ganado para la reducción de emisiones de GEI y la posible producción de biogás.
Industria química	Destrucción de GEI utilizados en algunos procesos químicos.
	Reducción de GEI con la implantación de nuevas tecnologías.
Demanda energética	Introducción de nuevas tecnologías para la mejora de la eficiencia energética.
	Electrificación de poblados.
Emisiones fugitivas en la utilización de halocarbonos y SF6	Conversión catalítica de los HFC utilizados en procesos químicos.
Uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura	Proyectos de captura de CO2 a través de forestación o reforestación.

Fuente: Greenpeace, 2006

A corto plazo, se prevé un aumento de los proyectos de pequeña escala, superando en número a los de gran escala. Los proyectos relacionados con la implantación de energías renovables, la

sustitución de combustibles fósiles y la mejora de la eficiencia energética continúan con su hegemonía suponiendo más del 40% de los proyectos que se encuentran en la última fase antes de obtener el registro por parte de la Junta Ejecutiva como se observa en la Figura. 5 (Greenpeace, 2006)

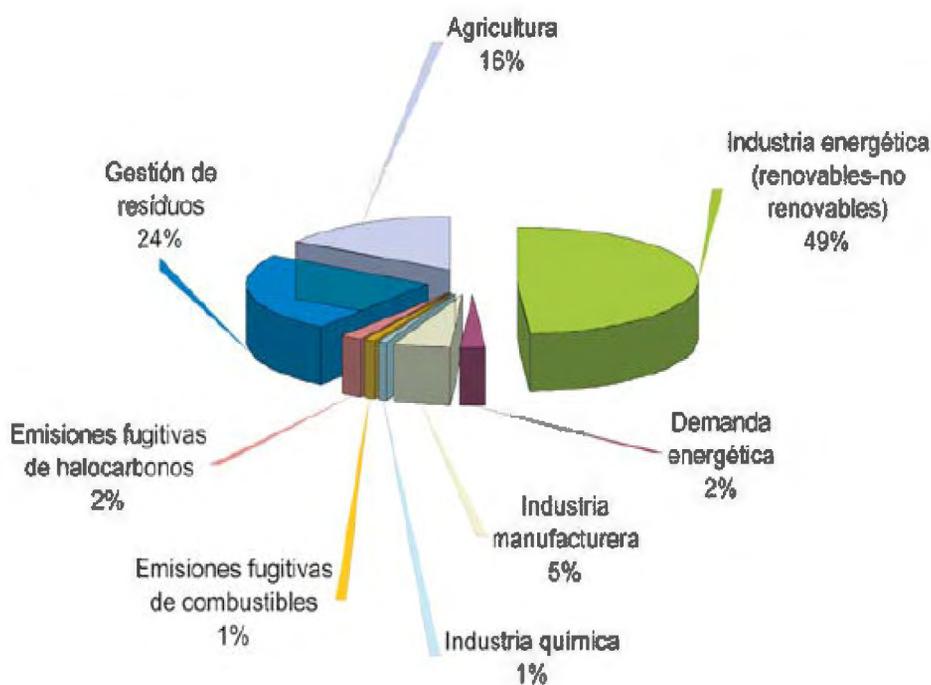


Figura 5 Distribución de Proyectos MDL por actividades. Fuente: Greenpeace, 2006

2.3 PLANTACIONES FORESTALES

La captura de carbono se realiza durante el desarrollo de los árboles. Los árboles absorben dióxido de carbono (CO₂) atmosférico junto otros elementos en suelos y aire para convertirlos en madera. La cantidad de CO₂ que un árbol captura durante un año, consiste sólo en el pequeño incremento anual de la biomasa en el árbol multiplicado por la biomasa del árbol que contiene carbono. Aproximadamente 42% a 50% de la biomasa de un árbol (materia seca) es carbono. Hay una captura de carbono neta, únicamente mientras el árbol se desarrolla para alcanzar madurez. Cuando el árbol muere, emite hacia la atmósfera la misma cantidad de carbono que capturó. En estado estable, un bosque en plena madurez aporta la misma cantidad

de carbono que captura. Por tanto, no es importante cuanto carbono el árbol captura inmediatamente, sino cuanto carbono captura durante toda su vida. (De la Vega, 2007)

Las plantaciones forestales, ya sean para la producción de madera industrial, producción de leña, protección de áreas seleccionadas, recuperación de tierras degradadas, o el fortalecimiento de prácticas agroforestales, contribuyen a contrarrestar el efecto invernadero, sirven como mecanismos de captación de CO₂ y alivian la presión sobre los bosques naturales, preservándolos como depósitos de carbono (Centeno, 1992).

Las plantaciones forestales han sido sugeridas como alternativas para la fijación de carbono por ser ecosistemas cuyo manejo se orienta a maximizar el volumen en madera por unidad de área, lo que da como resultado una fijación de carbono elevada. Los cálculos de los beneficios que ofrece una plantación para aliviar el cambio climático deben ser considerados como un promedio de la biomasa a través de su ciclo de rotación y no sólo en la biomasa que existe en el tiempo de cosecha. La cantidad de carbono acumulado en las plantaciones forestales está directamente relacionada con el Incremento Medio Anual (IMA) en biomasa de fustes, de ramas y en follaje. (Cubero y Rojas, 1999)

2.4 METODOLOGÍAS PARA ESTIMAR BIOMASA

Los cambios en los stocks de carbono y las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) netas en el tiempo pueden ser estimadas usando *“una combinación de mediciones directas, datos de actividad forestal, modelos basados en principios universalmente aceptados de análisis estadístico, inventarios forestales, técnicas de sensores remotos, mediciones de flujo, muestreo de suelos y censos ecológicos”*. Estos métodos varían en precisión, verificabilidad, costo y escala de aplicación. El costo de medir cambios en los stock de carbono y de las emisiones netas de GEI para un área dada aumentan en forma proporcional a la precisión deseada y a la heterogeneidad del paisaje (IPCC, 2000 citado por Chidiak *et al.*, 2003).

Para la estimación de la biomasa se emplean diferentes métodos de cálculo, entre los que destacan los basados en ecuaciones matemáticas y aquellos para los que se generan factores de expansión. (Pimienta de la Torre *et al.*, 2007)

La metodología más frecuentemente usada para determinar el carbono almacenado en árboles consiste en:

1. Determinar el volumen de madera presente;
2. Convertir ese dato en biomasa;
3. Convertir el dato de biomasa en equivalentes de carbono.

Se puede usar ya sea alguna técnica de determinación por árbol o bien la técnica del árbol medio. (Chidiak *et al*, 2003)

El método que utiliza factores de expansión se aplica cuando no existe la información detallada de un inventario forestal con los parámetros de cada árbol individual. Este consiste en multiplicar la biomasa de los fustes por el factor de expansión de biomasa, dando como resultado el valor de biomasa aérea total. La biomasa de los fustes es el producto de su volumen (volumen comercial) por la densidad básica promedio de las especies en cuestión (Brown *et al*, 1989).

La alometría es un método no destructivo que consiste en desarrollar ecuaciones al relacionar diferentes dimensiones de un objeto (por ejemplo una planta, órgano vegetal o plantación). Estas ecuaciones permiten determinar la producción de biomasa de un cultivo, definir sus fases de crecimiento y patrones de reciclaje de nutrientes. Este método se ha aplicado en particular en el área forestal en estudios para estimar la fijación biológica de C a nivel global. (Ares *et al*. 2002).

Se puede calcular la biomasa arbórea encima del suelo utilizando una ecuación alométrica genérica usando las siguientes fórmulas (Rügnitz *et al*. 2008).

$$B_{AU} = f (DAP, H)$$

Donde:

B_{AU} = Es la biomasa arbórea encima del suelo de una unidad en kilogramos de materia seca por árbol (Kg. M.S./árbol); $f (DAP,H)$: en una ecuación alométrica relacionando la biomasa

encima del suelo (Kg. M.S./árbol) al diámetro a la altura Del pecho (DAP), y posiblemente a la altura del árbol (H).

Cálculo de biomasa arbórea por hectarea:

$$B_A = \frac{\sum B_{AU}}{1000} \times \frac{10000}{\text{área de la parcela}}$$

Donde:

B_A = biomasa encima del suelo arbórea (ton. MS/ha);

$\sum B_{AU}$ = Sumatoria de la biomasa arbórea de todos los árboles de la parcela (Kg. M.S./área de la parcela);

Factor 1000 = conversión de las unidades de la muestra de Kg. MS a ton. MS Factor 10000 = conversión del área a hectarea.

Cálculo del stock de carbono de la biomasa arbórea por hectarea:

$$\Delta C_{BA} = (B_A \times CF)$$

Donde:

ΔC_{BA} = cantidad de carbono en la biomasa encima del suelo (ton. C/ha);

B_A = biomasa encima del suelo arbórea (ton. MS/ha);

CF = Es la fracción de carbono (ton. C /ton. MS). El valor del IPCC para $CF=0,5$.

El método usado por Chambi (2001) para hallar la biomasa seca consiste en hallar el Contenido de humedad (CH):

$$CH = \frac{(P_{hs} - P_{ss})}{P_{hs}}$$

CH: Contenido de Humedad

Phs: Peso húmedo de submuestra (kg)

Pss: Peso seco de submuestra (kg)

Cuando ese valor es hallado se procede a calcular la Biomasa Seca

$$\mathbf{BS} = \mathbf{P_{ht}} - \mathbf{P_{ht}} \times \mathbf{CH}$$

BS: Biomasa seca

Pht: Peso húmedo total

CH: Contenido de humedad

Finalmente el valor obtenido se multiplica por la fracción de Carbono y se obtiene el Carbono fijado. (Chambi, 2001).

Para obtener la fracción de carbono se necesita calcular la energía liberada después se calculan los gramos de carbono y finalmente se obtiene la fracción de carbono de la especie. (Segura, 1999)

$$\mathbf{E} = \frac{[(\mathbf{TF} - \mathbf{TI}) \times \mathbf{W} - ((\mathbf{10} - \mathbf{EI}) \times \mathbf{2,3})]}{\mathbf{PM}}$$

E= Energía liberada (calg-1)

TF=Temperatura Final (°C)

TI=Temperatura inicial (°C)

W=Constante de la bomba calorimétrica

10=Longitud de alambre de platino (cm)

E1=Longitud de alambre consumido

PM= Peso de la muestra (g)

Para calcular los gramos de carbono se aplica esta fórmula para cada una de las muestras:

$$GC = \frac{[PCS \times (\frac{4.1868}{calg}) - 1]}{4.0 \times 10^5 \text{ mol}^{-1}} \times Pmol$$

PCS= Poder calorífico superior (calg-1)

PMol =Peso molecular del Carbono (g)

GC=gramos de carbono

Para calcular los gramos de carbono se aplica esta fórmula para cada una de las muestras:
(Segura, 1999)

$$FC = \frac{GC}{PM}$$

FC=Fracción de carbono

GC=Gramos de carbono (g)

PM=Peso de la muestra (g)

2.5 FRACCION DE CARBONO

El IPCC (2000) señaló que la fracción de carbono es de 0,5. Segura (1999) encontró en sus investigaciones valores promedios de 0,46. Se encontró una fracción de carbono de 0,43 para 12 especies provenientes de un bosque sub húmedo de Santa Cruz, Bolivia. (Ruiz García, 2002).

Ruiz García (2002) señala que para la especie *Guazuma ulmifolia* la fracción de carbono en fuste y ramas es de 0,43 y en hojas 0,45.

2.6 GUAZUMA CRINITA

2.6.1 CLASIFICACIÓN SISTEMÁTICA Y DESCRIPCIÓN BOTÁNICA

Familia: Sterculiaceae

Nombre científico: *Guazuma crinita* Martius

Nombres comunes: “Bolaina”, “Bolaina blanca”

Sinónimos botánicos: *Guazuma rosea* Poeppig

Reynel *et al.*, (2003) describen a esta especie como un árbol de 25-80 cm de diámetro y 15-30 m de altura total, con fuste cilíndrico, la ramificación en el tercer tercio, la base del fuste recta. Con corteza externa lisa a finamente agrietada, color marrón claro a grisáceo; la corteza interna fibrosa y conformando un tejido finamente reticulado, color amarillo claro, oxida rápidamente a marrón; se desprende en tiras al ser jalada. Las ramitas terminales con sección circular, color oscuro cuando secas, de unos 3-4 mm de diámetro, usualmente con pubescencia ferrugínea hacia las partes apicales; la corteza se desprende en tiras fibrosas al ser jalada. Las hojas simples, alternas y dísticas, de 10-18 cm de longitud, y 5-7 cm de ancho, el peciolo de 1,5-2 cm de longitud, pulvinulado, las láminas ovadas, frecuentemente asimétricas, aserradas, la nervación palmeada, los nervios secundarios prominulos en haz y envés, el ápice agudo y acuminado, la base cordada, las hojas cubiertas de pubescencia de pelos estrellados y escamosos (10 x) sobre todo por el envés. Las flores pequeñas, de 8-12 mm de longitud, hermafroditas, con cáliz y corola presentes, los pedicelos de 4-8 mm de longitud, el cáliz de 2-3 mm de longitud, la corola de 6-12 mm de longitud, de color rosado, con cinco pétalos, cada uno de ellos en forma de cuchara y con dos largos apéndices en el extremo, el androceo formado por cinco columnas estaminales que portan en su extremo numerosas anteras, el gineceo con ovario súpero, ovoide, pequeño. Los frutos cápsulas globosas de unos 4-8 mm de diámetro con la superficie densamente cubierta de pelos largos, de unos 3-4 cm de longitud.

2.6.2 FENOLOGÍA

Registros de floración durante la estación seca, entre Julio-Septiembre y fructificación a fines de ella, entre Octubre-Diciembre.

Sobre polinización, pese a que se observan varios insectos pequeños acercándose a las flores, no hay reportes confirmados de cuáles serían los legítimos polinizadores (Janzen, 1982 citado por Reynel *et al.* 2003). Se sugiere que la polinización en las Sterculiaceae es efectuada por moscas pequeñas (Prance, 1985 citado por REYNEL *et al.* 2003). La dispersión de los frutos en esta especie es efectuada por el viento.(Reynel 2003).

2.6.3 SILVICULTURA

Reynel *et al.* (2003) señala que la propagación por semilla (sexual) es la más exitosa. Su Poder germinativo: 80-90% con semillas frescas.

La supervivencia de esta especie en plantación suele ser alta. En el valle de Chanchamayo (11°05 S, 74°45 W, 900 msnm; 2010 mm precipitación total anual) hemos observado plantaciones que alcanzan 25-30 cm de diámetro y 12-15 m de altura en 5 años. Un estudio efectuado para esta especie con semillas de diferentes procedencias en la amazonia peruana reporta crecimientos en altura de 2.0-2.3 m a los 6 meses y 4.9-5.7 m al año de edad (Sotelo *et al.*, 1999 citado por Reynel; *et al.* 2003).

2.6.4 DISTRIBUCIÓN Y HÁBITAT

Muy amplia en el Neotrópico desde Centroamérica a la región Amazónica, hasta el sur de Brasil y Bolivia, mayormente hasta los 1500 msnm. La especie abunda en la Amazonia peruana. Se le observa en ámbitos con pluviosidad elevada y constante, pero también en zonas con una estación seca marcada. Es una especie heliófita, característica de la vegetación secundaria temprana, muy abundante en la cercanía a caminos y zonas con alteración antropogénica. Suele presentarse en suelos limosos a arenosos, muchas veces de escasa fertilidad, a veces pedregosos; no tolera el anegamiento, sobre todo cuando es una plántula. (Reynel *et al.*, 2003).

2.6.5 ANATOMÍA DE LA MADERA

Color: Blanco

Lustre o brillo: Moderado a elevado

Grano: Recto

Textura: Media Corte transversal
Veteado o figura: Satinado brillante en la sección radial

(Aróstegui, 1982)

2.6.6 PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS

Densidad básica: 0.41 g/cm³
Contracción tangencial: 5.50 %
Contracción radial: 3.50 %
Contracción volumétrica: 10.75 % Corte tangencial
Relación T/R: 1.60

(Aróstegui, 1982)

2.6.7 USOS

La madera es de buena calidad, aunque blanda y liviana, de color blanco en la albura y marrón muy pálido en el duramen cuando seca, con grano recto y textura media (INIA-OIMT, 1996). Tiene buena durabilidad. Se le usa en carpintería, elaboración de utensilios pequeños como paletas de chupetes, mondadientes, palos de fósforos y artesanía; en años recientes se le usa crecientemente en la industria de los tableros contrachapados. La corteza interna fibrosa es empleada localmente como material de amarre. (Reynel *et al*, 2003).

2.6.8 CRECIMIENTO

Para sistemas agroforestales establecidos en suelos ácidos y degradados en el Valle de Chanchamayo, tiene una tasa de crecimiento de 4cm/año para el DAP y de 2.94 m/año para la altura total, en los primeros 5 años de plantación (VILLACHICA *et al* 1993). En plantaciones en faja de 30 m situadas en la Estación Experimental Alexander Von Humbolt se ha obtenido un incremento promedio de 3.26cm/año para el DAP y 4.06 m/año para la altura. (BALDOCEDA *et al* 1991).

Plantaciones de alta supervivencia y crecimiento se ubican en zonas aluviales o de alta precipitación y en suelos que van de franco arcilloso a arcillosos, en estos sitios los árboles han alcanzado alturas de 10 m a los 4 años después de plantado. (WIGHTMAN *et al* 2006). GUERRA (2002) señala que en condiciones naturales se puede estimar que la *Guazuma crinita* con una densidad de 400 ind/ha podría tener 100 m³ de madera rolliza comercial. El mismo autor señala que para la *Guazuma crinita* se tiene un factor de forma de 0.67.

2.6.9 PLANTACIÓN DE *GUAZUMA CRINITA* EN UCAYALI REALIZADA POR ICRAF

En el año 1996 ICRAF y sus colaboradores seleccionaron 11 sitios de colecta en los departamentos de Loreto y Ucayali, para realizar un ensayo de procedencias en cual consiste en evaluar de donde viene la semilla que mejor se adapta al lugar deseado, esperando recoger la mayor variabilidad entre las poblaciones, las cuales corresponden a las zonas relacionadas con los ríos: Ucayali, Huallaga, Pastaza, Marañón, Napo y en el Amazonas, adicionalmente se realizo una colecta en las zona no aluvial perteneciente a la cuenca del río Aguaytía en la localidad de Von Humboldt Ucayali, posteriormente denominada "procedencia local".. (Ugarte *et al.* 2003)

El ensayo de Procedencias determinó que el material de la procedencia local fue el que mejor se adaptó. Con este resultado se decidió establecer el ensayo de progenie, con material procedente de la cuenca del Aguaytia. Estos ensayos están orientados a detectar las diferencias a nivel de familia, la cual está constituida por individuos provenientes de un mismo árbol (progenitor). (Ugarte *et al.* 2003)

En Junio de 1998 se inicio una nueva colecta de material en el ámbito de la cuenca del Aguaytía. Se identificaron 200 progenies (árboles padres) para ser establecidas en el ensayo. Las localidades fueron denominadas: Nva. Requena-Rio, Quebrada Neshuya (CFB.Km. 49,5), Quebrada Tahuayo(CFB.Km.72), Curimana-Rio, Aguaytia-Rio, Quebrada Yurac (Aguaytia), Puerto Inca, Von Humboldt, Macuya, San Alejandro, CFB. hasta Km 72, Carretera a Curimaná y Carretera a Tournavista . (Ugarte *et al.* 2003)

Las plántulas fueron establecidas entre febrero y abril del 2001 dentro de la zona no inundable de la cuenca del río Aguaytía. La cuenca del Aguaytia representa a las cuencas del oeste

amazónico, con precipitaciones mayores y suelos más fértiles en la parte mas cercana a la cordillera de los andes. El área de estudios recorre aproximadamente 80 Km en dirección oeste, y tiene un rango entre 180 a 300 metros. La precipitación se encuentra entre 1400 a 2500 mm año

Las plantas fueron establecidas dentro de un diseño de Bloques completos randomizado, se considero 3 bloques correspondientes a la parte baja, media y alta del área de estudio referidos como zonas, cada bloque consta de 5 repeticiones haciendo un total de 15 repeticiones. Cada repetición consta de 2 representantes por cada familia haciendo un total de 400 plantas evaluables, con un distanciamiento de 2.5 m por 2.5m, lo cual genera un área de 2500 m² en cada repetición. Todas las repeticiones poseen un borde no evaluable formado por al menos dos árboles de alrededor de la repetición, adicionalmente se rodea con una faja corta fuego de 5 metros de ancho y un cerco de alambre de púas. Después de los primeros 3 meses de crecimiento se sembró *Centrosema macroporum*, leguminosa que ayudaría a mantener el avance de plantas invasoras y ayudaria a la mantencion de una cubierta sobre el suelo y disminuiría la erosión. En el momento de la plantación se aplico 1600 kg de humus de lombriz Ha-1 y 320 kg de roca fosfórica ha-1 (1 kg de humus de lombriz y 200 gr de roca fosfórica por planta a un distanciamiento de 2.5 m x 2.5 m.). durante el segundo y tercer año se repitieron las fertilizaciones 112kg de urea ha-1, 316 kg roca fosfórica ha -1 y 160 kg ha-1 de cloruro de potasio (correspondiendo respectivamente a 70 gr., 185 gr., y 100 gr de cada producto por planta). (Ugarte *et al.* 2003)

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 ZONA DE ESTUDIO

3.1.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA

Las plantaciones donde se realizará este estudio se encuentran distribuidas en dos provincias del departamento de Ucayali: Coronel Portillo y Padre Abad y en los sectores que se indican en el cuadro 3.

Cuadro 3 Ubicación de las plantaciones

Agricultor	Sector	UTM	
		Este	Norte
Justina Ramirez	Curimaná	498937	9051877
Nemesio Damian Isidro	Curimaná	488915	9064933
Silensario Romero C.	San Alejandro	497902	9034396
Estela Nieves	San Alejandro	487388	9022150
Lenin Avila	San Alejandro	487362	9021936
Agustin Noriega Sotelo	San Alejandro	486621	9021206

Para el presente estudio se contó con los inventarios anuales desde el año 2001 hasta el 2007, de las plantaciones de bolaina blanca (*Guazuma crinita*) instaladas por ICRAF en el 2001. Las plantas fueron establecidas dentro de un diseño de Bloques completos randomizado, se consideró 3 bloques correspondientes a la parte baja, media y alta del área de estudio referidos como zonas, cada bloque consta de 5 repeticiones haciendo un total de 15 repeticiones de 0,25 hectáreas. Actualmente la plantación consta de 6 parcelas (llamadas también repeticiones) distribuidas como se muestra en el cuadro 3. Los croquis de ubicación de las parcelas se encuentran en el Anexo 8.

En el tercer año se realizó un raleo al 50%, quedando cada repetición con 200 individuos, en el año 6 se volvió a ralear, quedando ahora con 100 árboles en cada repetición, lo que da 400 individuos por hectárea.

3.1.2 CLIMA

La Región Ucayali presenta climas variados, predominando el cálido húmedo. La temperatura máxima se presenta entre agosto y octubre, y la mínima en junio, en la que desciende de 31.9 a 20.5 °C en promedio respectivamente. Ucayali tiene una precipitación pluvial promedio anual de 2,344 mm., su distribución mensual se puede agrupar de la siguiente manera: ciclo lluvioso (febrero – mayo), ciclo seco (junio – agosto), ciclo semi seco (septiembre – noviembre) y ciclo semi lluvioso (diciembre – enero). La humedad relativa es en promedio 82% de febrero a octubre, y 74% entre junio a agosto; y la velocidad promedio de los vientos es de 1.4 m/seg. con dirección predominante de Norte a Sur. (GOREU, 2004)

3.1.3 RED HIDROGRÁFICA:

En Ucayali la red hidrográfica está conformada por 502 ríos principales y afluentes, clasificados del primer al quinto orden. Se estima, que el volumen de agua escurrida a nivel de la región es alrededor de 43 millones de metros cúbicos, que conforman cinco cuencas importantes en toda su extensión, la del río Ucayali, río Aguaytia, río Yurúa, río Urubamba y río Purús (La Republica. 2003).

3.1.4 SUELOS

ICRAF realizó la caracterización de los suelos de las plantaciones 0 a 15 cm de profundidad, como se observa en el cuadro 4.

Cuadro 4 Caracterización de suelos de las plantaciones de Bolaina

Rep	Arcilla %	Limo %	Arena %	Clase Textural	pH	P ppm	Acidez*	K*	Ca*	Mg*	CICE*	Sat. AI %	C.O %
1	15.36	23.84	60.80	Franco Arenoso	4.60	3.93	0.70	0.67	1.32	0.87	3.55	19.70	0.97
2	13.36	11.84	74.80	Franco Arenoso	4.89	4.91	0.30	0.25	1.48	0.93	2.96	10.14	1.00
3	19.36	41.84	38.80	Franco	4.69	4.77	0.70	0.21	2.64	1.13	4.68	14.95	1.18
4	13.36	43.84	42.80	Franco	4.81	5.61	0.40	0.36	1.76	1.00	3.52	11.37	1.02
5	19.36	23.84	56.80	Franco Arenoso	4.03	11.21	3.20	0.29	0.48	0.40	4.37	73.19	1.12
6	19.36	25.84	54.80	Franco Arenoso	4.20	7.85	2.10	0.31	1.36	0.80	4.57	45.92	1.36
7	37.36	41.84	20.80	Arcilla Franca	5.10	6.73	0.80	0.19	9.48	2.20	12.67	6.31	1.74
8	21.36	43.84	34.80	Franco	5.37	11.36	0.20	0.27	5.68	1.67	7.81	2.56	1.53
9	31.36	41.84	26.80	Arcilla Franca	4.38	4.63	4.30	0.22	1.36	0.93	6.81	63.15	1.50
10	41.36	33.84	24.80	Arcilla	6.12	14.44	0.2	0.41	19.40	3.20	23.21	0.86	2.09
11	43.36	33.84	22.80	Arcilla	6.65	5.47	0.20	0.28	27.08	3.00	30.56	0.65	1.95
12	71.36	27.84	0.80	Arcilla	6.69	2.66	0.20	0.16	47.60	4.80	52.76	0.38	2.42
13	37.36	25.84	36.80	Arcilla Franca	6.50	7.99	0.20	0.38	17.04	3.27	20.89	0.96	1.56
14	35.36	23.84	40.80	Arcilla Franca	6.50	2.66	0.20	0.22	17.16	1.67	19.25	1.04	1.57
15	25.36	31.84	42.80	Franco	6.25	14.72	0.20	0.17	11.04	1.47	12.88	1.55	1.90

*centimoles por litro Fuente: ICRAF, 2001.

3.1.5 BOSQUES

Las unidades identificadas por la Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales para la Región Ucayali, (ONERN, 1978) se muestran en el cuadro 5.

Cuadro 5 Tipos de Bosques de la Región Ucayali.

Tipo de bosque	Símbolo	Superficie	%
Bosque de montaña	B, p-mo	1'532,930	14.97
Bosque de terrazas altas	B, p-ta	718,000	7.01
Bosque de colinas bajas	B, p-cb	4'535,940	44.29
Bosque de colinas altas	B, p-ca	338,000	3.30
Bosque de terraza bajas	B, p-tb	791,630	7.73
Bosque de diques y complejo de orillares	B, p-dco	196,000	1.91
Bosque de pantano		156,000	1.52
Bosque de terrazas medias	B, tm	798,400	7.80
Bosques intervenidos	I	277,000	2.70
Pacales	Pac	836,155	8.17
Aguajales	Ag	61,000	0.60
TOTAL		10'241,055	100.00

Fuente: ONERN, 1978.

Posteriormente Blanco *et al.* (1986), realiza un diagnóstico de la actividad forestal del departamento de Ucayali, en la cual determina en base a características florísticas – fisiográficas, los siguientes tipos de bosques.

- Aguajal (AG): Comprende aguajales propiamente dichos, bajiales y áreas pantanosas que suman un total de 194, 914 ha.
- Bosque de terraza baja (TB): Ocupa terrenos de topografía plana a ondulada, correspondientes a terrazas fluviales de primer nivel; son generalmente inundables y alcanzan una superficie de 142,167 ha.
- Bosque de Terraza media. (TM): Se desarrolla sobre terrenos de topografía plana o ligeramente ondulada, cercanos a ríos y quebradas, son propensos a inundaciones en la época de lluvias intensas y/o crecidas de los ríos, ocupan un total de 745,004 ha.
- Bosque de Terraza Alta (TA): Están ubicados en terrenos de topografía ondulada y en especial en áreas cercanas a ríos medianos y pequeños donde no existe peligro de inundación; este bosque representa un total de 1'280,944 ha.
- Bosque de Colina Baja (CB): Este bosque se desarrolla sobre lomadas y terrenos colinosos con grado de disectación que varía de mediano a fuertemente disectada; cubre una superficie de 3'090,192 ha.
- Bosque de Colina Media (CM): Este bosque tiene limitaciones debido a su topografía, ya que ocupa posiciones fisiográficas con pendientes de 30 a 55%, lo que dificulta el aprovechamiento forestal; cubre una superficie de 2'122,360 ha.
- Bosque de Colina Alta (CA): Se encuentra en colinas fuertemente disectadas, de laderas fácilmente erosionables con pendientes superiores al 55%, se estima una superficie de 1'458,968 Ha.
- Bosque sobre Tierras de protección (X): Son bosques marginales, cuyo factor limitante es la pendiente, por lo general superior a 70%, se estima una superficie de 385,377 Ha.

- Agricultura (Y): Tierras dedicadas a la producción agrícola y pecuaria; se estima una superficie de 821,129 Ha.

El cuadro 6 presenta un resumen de cada uno de los tipos de bosque en las provincias coronel Portillo, Padre Abad y el total del departamento de Ucayali.

Cuadro 6 : Tipos de Bosques por Provincias de la Región Ucayali

TIPO DE BOSQUE	PADRE ABAD		C. PORTILLO		TOTAL DE LA REGIÓN
	(ha)	%	(ha)	%	(ha)
AG	-	-	173,316	4.71	194,914
TB	-	-	65,213	1.77	142,167
TM	-	-	363,791	9.88	745,004
TA	33,933	3.85	706,873	19.20	1'280,944
CB	58,293	6.61	1'047,382	28.45	3'090,192
CM	249,743	28.31	534,431	14.52	2'122,360
CA	260,126	29.48	137,252	3.73	1,458,968
X	84,254	9.55	159,788	4.34	385,377
Y	195,900	22.20	493,542	13.41	821,1289
TOTAL	882,249		3'681,588		10'241,055

Fuente: Blanco. 1986.

3.2 MATERIALES Y EQUIPOS

3.2.1 MATERIALES:

Soguilla de de 20 metros; Plumones indelebles marca Dong-a; Bolsas de papel marca Suizo-Peruana; Bolsas de plástico; Libreta de campo; lápices Mongol; Formatos.

3.2.2 EQUIPOS:

Motosierra Stihl de espada 70cm; Estufa; Laptop Dv 9000 con Windows Vista Premium; Cámara fotográfica Canon A530. Molino

3.2.3 INSTRUMENTOS.

Wincha de 50 metros, con 0,5 cm. de precisión; Wincha de 3 metros con 0,1cm de precisión; Forcípula de aluminio con 0,1 cm. de precisión; Tijera de Podar marca Bellota; Serrucho tipo

segueta; Machete marca Bellota; Balanza de platillo de 1 kg con 5 gr de precisión; Balanza de platillo de 1 kg con 2gr de precisión; Balanza de laboratorio de 0,1 gr de precisión; Balanza de 10kg con precisión de 50 gramos; Hipsómetro Haga.

3.3 METODOLOGÍA

3.3.1 SELECCIÓN DE LA MUESTRA

Para elegir los árboles a extraer se siguió la metodología de ICRAF (Arévalo *et al*, 2003) que señala que se deben evaluar 30 árboles como mínimo.

Para el presente estudio se evaluaron 5 árboles al azar de cada una de las 6 repeticiones de la plantación haciendo una muestra total de 30 árboles

Los datos del último censo fueron analizados y se clasificaron según su distribución diamétrica, para lo cual se usó el programa Microsoft Excel 2007, se clasificaron los datos en 4 categorías diamétricas con las características detalladas en el cuadro 7

Cuadro 7 Categorías diamétricas

Clase diamétrica	Límite inferior	Límite superior	Marca de Clase
1	8	10.99	9.495
2	11	13.99	12.495
3	14	16.99	15.495
4	17	19.99	18.495

Los 30 árboles seleccionados tenían la misma distribución diamétrica que la población, para lo cual se usó Microsoft Excell 2007 con la función de números aleatorios. De esa manera la proporción de categoría-individuos en la plantación era la misma que en los 30 árboles seleccionados.

3.3.2 TRABAJO DE CAMPO

El trabajo de campo, tal y como lo señala la figura 6, comenzó con la ubicación de los árboles con la ayuda de los croquis elaborados por ICRAF, posteriormente se realizó la medición del árbol en pie, luego de ello se realizaron las actividades tal y como se señalan en la misma figura, dándole prioridad al deshojado para obtener los datos del pesado en verde lo más pronto posible, evitando así la pérdida de agua que se da con el paso de las horas.

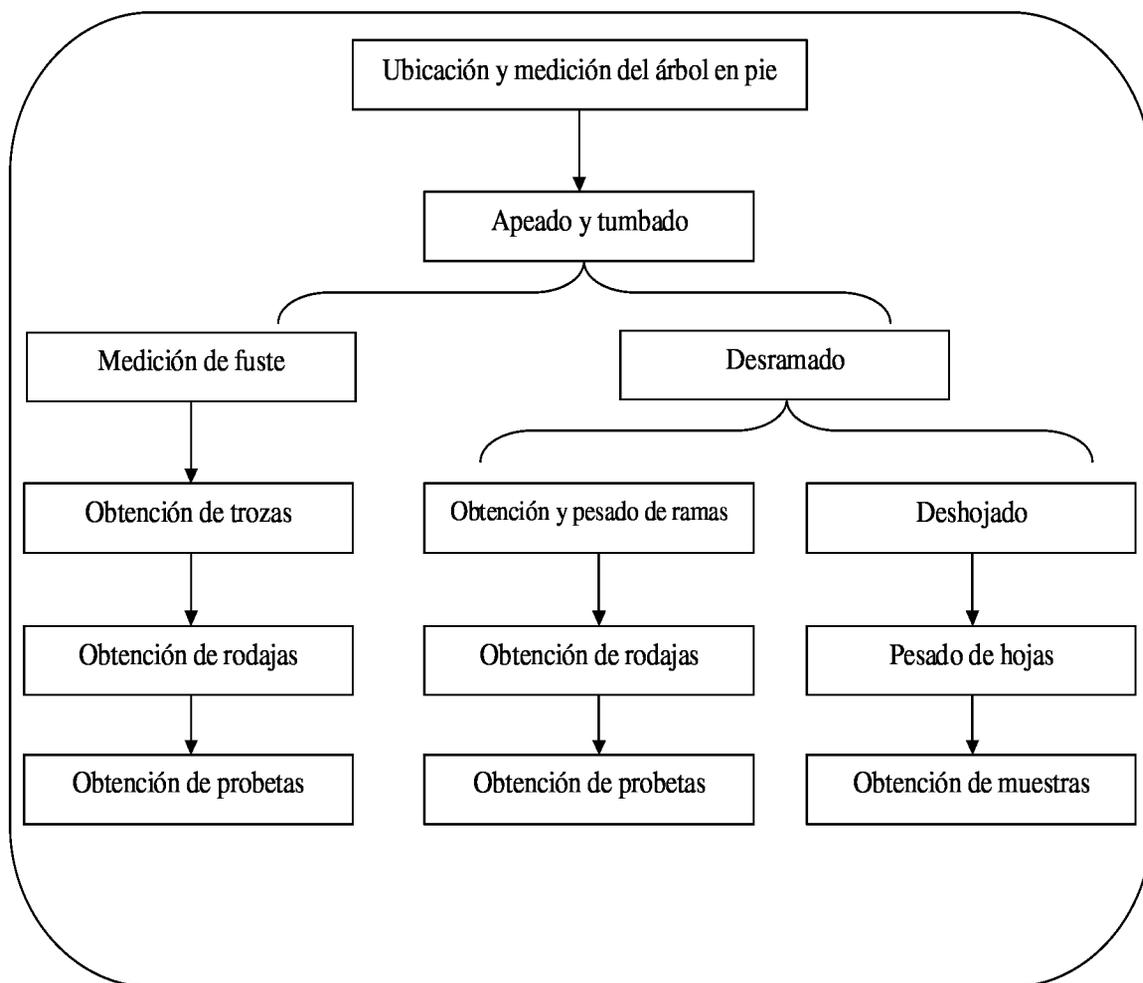


Figura 6 Diagrama de flujo del trabajo de campo.

A) UBICACIÓN Y MEDICIÓN DEL ÁRBOL EN PIE.

Los árboles escogidos se ubicaron con la ayuda de un croquis elaborado por ICRAF, este tenía la ubicación de cada árbol según el número de fila y de columna.

Para hallar el diámetro a la altura de pecho (diámetro a 1,30 metros del suelo) se midieron dos diámetros perpendiculares entre sí con la forcípula de aluminio. La altura total se midió con un hipsómetro Haga, a una distancia del árbol de 15 metros.

B) MEDICIONES REALIZADAS AL FUSTE

1) Tumbado y apeado de los árboles

Lo árboles fueron cortados con una motosierra Stihl al ras del suelo, luego de separar las ramas del fuste se midió la longitud del mismo para dividirlo en su tercios, como se observa en la figura 7.

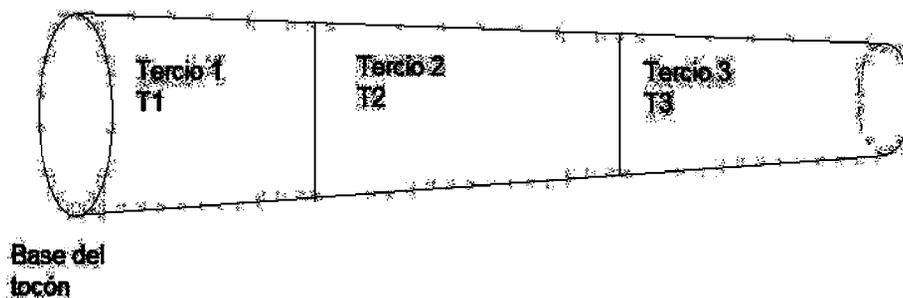


Figura 7 Ubicación de los tercios en el árbol apeado

2) Medición de tercios

A cada árbol se le midieron dos diámetros en: la base del tocón, la mitad del tercio 1, la base del tercio 2, la mitad del tercio 2, la base del tercio 3, la mitad del tercio 3 y en la parte superior del fuste; para lo cual se utilizó la forcípula de aluminio. También se midieron las longitudes: longitud del tercio 1, longitud de la mitad del tercio 1, longitud del tercio 2, longitud de la mitad del tercio 2, longitud del tercio 3 y longitud de la mitad del tercio 3; para lo cual se

utilizó la cinta diamétrica de 0,1 cm de precisión. En la figura 8 se observan las mediciones y las secciones resultantes, lo cual se realizó en cada árbol.

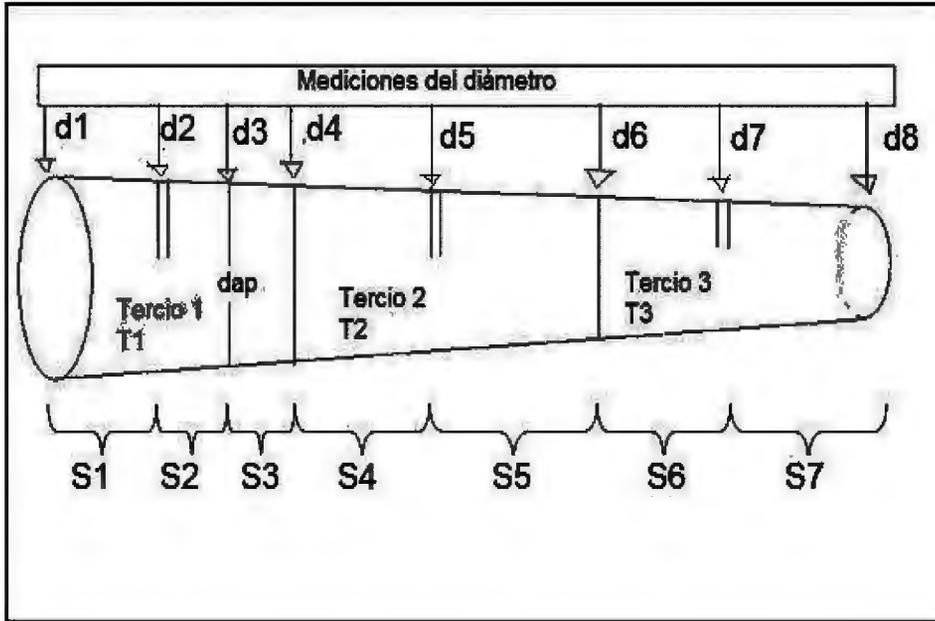


Figura 8 : Mediciones realizadas a los tercios de los fustes. S: sección del fuste

3) Obtención y Medición de rodajas

Una vez medidos los diámetros y longitudes se procedieron a cortar las rodajas de aproximadamente 7 cm de espesor, en la mitad de cada tercio, para ello se usó la motosierra Stihl. La codificación para las rodajas obtenidas se muestra en la figura 9.



Figura 9 Codificación de Rodajas

Después de la codificación se procedió a realizar las mediciones de las rodajas con la cinta métrica de 0,1 cm de precisión, se midieron dos diámetros perpendiculares entre sí en cada extremo y se midió el espesor dos veces a cada una de las rodajas. Luego con la ayuda de una balanza de 5 gramos de precisión se procedió a pesar cada rodaja.

4) Obtención de probetas

Las rodajas se dividieron en 8 o 4 porciones, dependiendo de la factibilidad del fraccionado de las mismas, por lo general a las rodajas de menor diámetro se las dividió en 4 y a las demás en 8 porciones, a estas porciones se les llamó probetas.

Se codificaron las probetas con el número del árbol, el tipo de tercio (F1 son las del primer tercio, F2 las del segundo y F3 las del tercero) y el número de probeta, como se muestra en la figura 10.

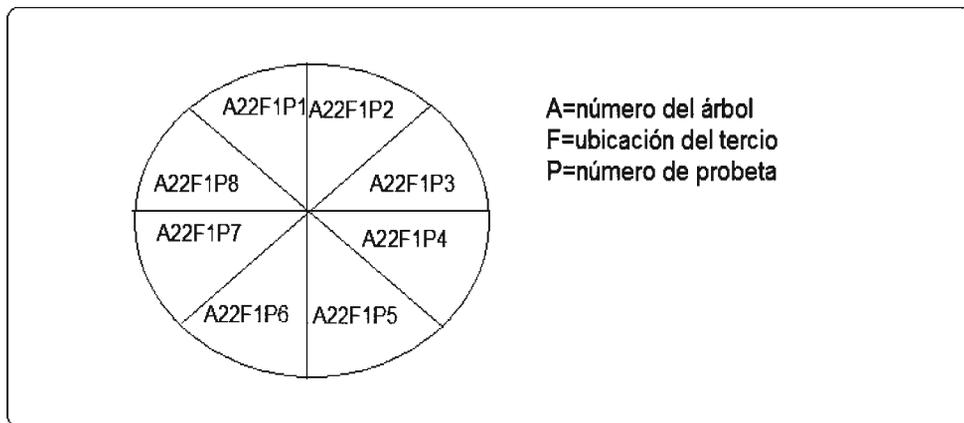


Figura 10 Codificación de las probetas

Una vez codificadas se determinó su peso con la ayuda de una balanza de dos gramos de precisión.

C) MEDICIONES REALIZADAS A LAS RAMAS

1) Desramado

Una vez separadas las ramas del fuste se procedió al desramado con la ayuda del serrucho tipo segueta. A las ramas se les sacó todas las hojas. Las ramas se agruparon para pesarlas con la balanza de mano de 10 kg,

2) Obtención y medición de las rodajas de las ramas

Se evaluaron las ramas y se eligieron las tres más representativas de cada uno de los árboles, posteriormente se extrajo una rodaja en cada una de las ramas representativas, teniendo 3 para cada árbol. Para determinar el espesor de cada rodaja se midieron dos espesores con la wincha de 0,1 cm de precisión. Se midieron dos diámetros perpendiculares entre sí, en cada extremo de la rodaja con la cinta métrica de 0,1 cm de precisión. Las rodajas fueron pesadas en una balanza de 5gr de precisión.

Las rodajas se denominaron R1, R2 y R3, siendo las R1 las de mayor diámetro y R3 las de menor diámetro.

3) Obtención y medición de las probetas de las ramas

Al igual que con las rodajas del fuste, las rodajas de las ramas se dividieron en probetas, como se observa en la figura 11.

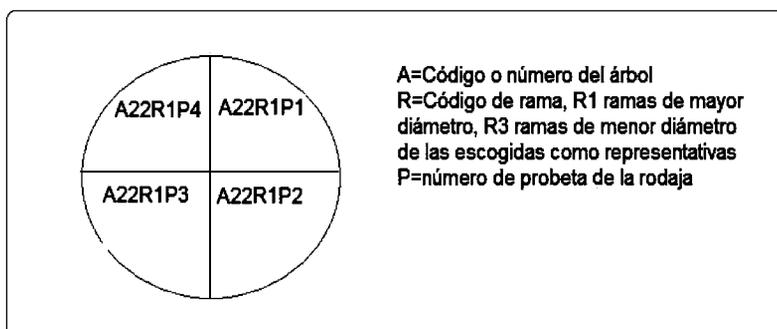


Figura 11 Codificación de las probetas de las ramas

Una vez codificadas las probetas se determinó su peso con la ayuda de una balanza de dos gramos de precisión.

D) MEDICIONES REALIZADAS A LAS HOJAS

1) Deshojado y pesado

Las hojas de todo el árbol se agruparon en una manta para luego ser pesadas con la balanza de mano de 10 kg, este procedimiento se hizo para cada uno de los árboles evaluados individualmente.

2) Obtención y medición de las muestras de hojas

Después del pesado total de las hojas, se sacaron 3 muestras de aproximadamente 200 g cada una; esto se hizo para cada árbol individualmente. Posteriormente se codificaron y colocaron en bolsas de papel, estas muestras se pesaron en la balanza de 2 g de precisión. Para la codificación se siguió con el número de árbol y el número de muestra de hojas, por ejemplo: para la primera muestra de hojas del árbol 22 se codificó: A22H1.

3.3.3 TRANSPORTE

Las probetas codificadas de fustes y ramas se colocaron en bolsas de papel codificadas. Para transportarlas a la ciudad de Pucallpa se colocaron las bolsas de papel en bolsas de tela y estas en costales; el transporte se realizó en la camioneta del ICRAF. En la ciudad de Pucallpa se sacaron las muestras de los costales y de las bolsas de tela, para que se sequen al aire en el local de ICRAF ubicado en el Centro Ecoregional. Para transportar las muestras a la ciudad de Lima se pusieron las bolsas de papel en bolsas de plástico. Las bolsas plásticas se colocaron en cajas de cartón para el transporte terrestre, las cuales fueron enviadas mediante una empresa de servicio de transporte interprovincial. Finalmente en Lima, las cajas fueron recogidas en la camioneta del ICRAF y trasladadas al Laboratorio de Pulpa y Papel de la FCF-UNALM donde se desembalaron y clasificaron.

3.3.4 TRABAJO DE LABORATORIO

El trabajo de laboratorio se realizó en el Laboratorio de Pulpa y Papel de la FCF de la UNALM y en el Laboratorio del Instituto de Investigación Nutricional (IIN), en la figura 12 se observa el flujo de actividades de laboratorio.

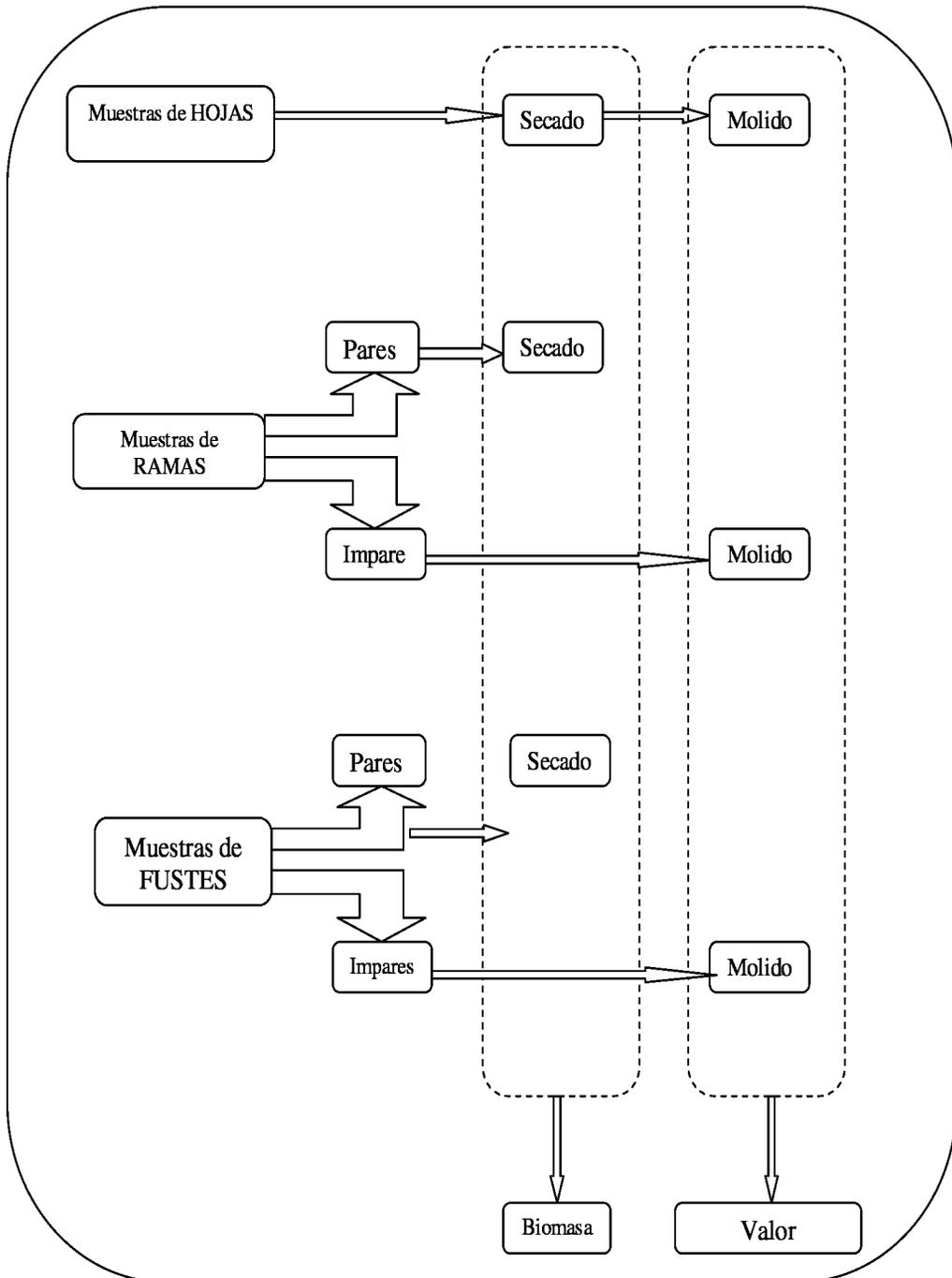


Figura 12 Flujo de actividades la etapa de laboratorio.

Así mismo se realizó una clasificación de las muestras de hojas y de las probetas de ramas y de fustes. La clasificación se dio de la siguiente manera:

- Se separaron por origen:hojas, ramas y fustes.
- Las probetas de ramas se separaron en pares e impares.
- Las probetas de fustes se separaron en pares e impares.
- Las probetas pares de fustes se volvieron a separar según su categoría diamétrica.

A) SECADO DE MUESTRAS DE HOJAS, PROBETAS PARES DE RAMAS Y PROBETAS PARES DE FUSTES

Este procedimiento se realizó en el Laboratorio de Pulpa y Papel. Para lo cual las muestras de las hojas, las muestras pares de las ramas y las pares de los fustes se llevaron a la estufa del laboratorio a 105°C hasta alcanzar un peso constante (NTP, 2004). Luego se retiraron dichas muestras y se pesaron en la balanza de alta precisión del mismo laboratorio.

B) MOLIDO DE MUESTRAS DE HOJAS, PROBETAS IMPARES DE RAMAS Y PROBETAS IMPARES FUSTES

Para este proceso se tuvo sumo cuidado en la clasificación de las probetas de fustes, las probetas impares fueron divididas a su vez según categoría diamétrica y luego según el tercio, teniendo en total 12 grupos de muestras, como se ve en la figura 13.

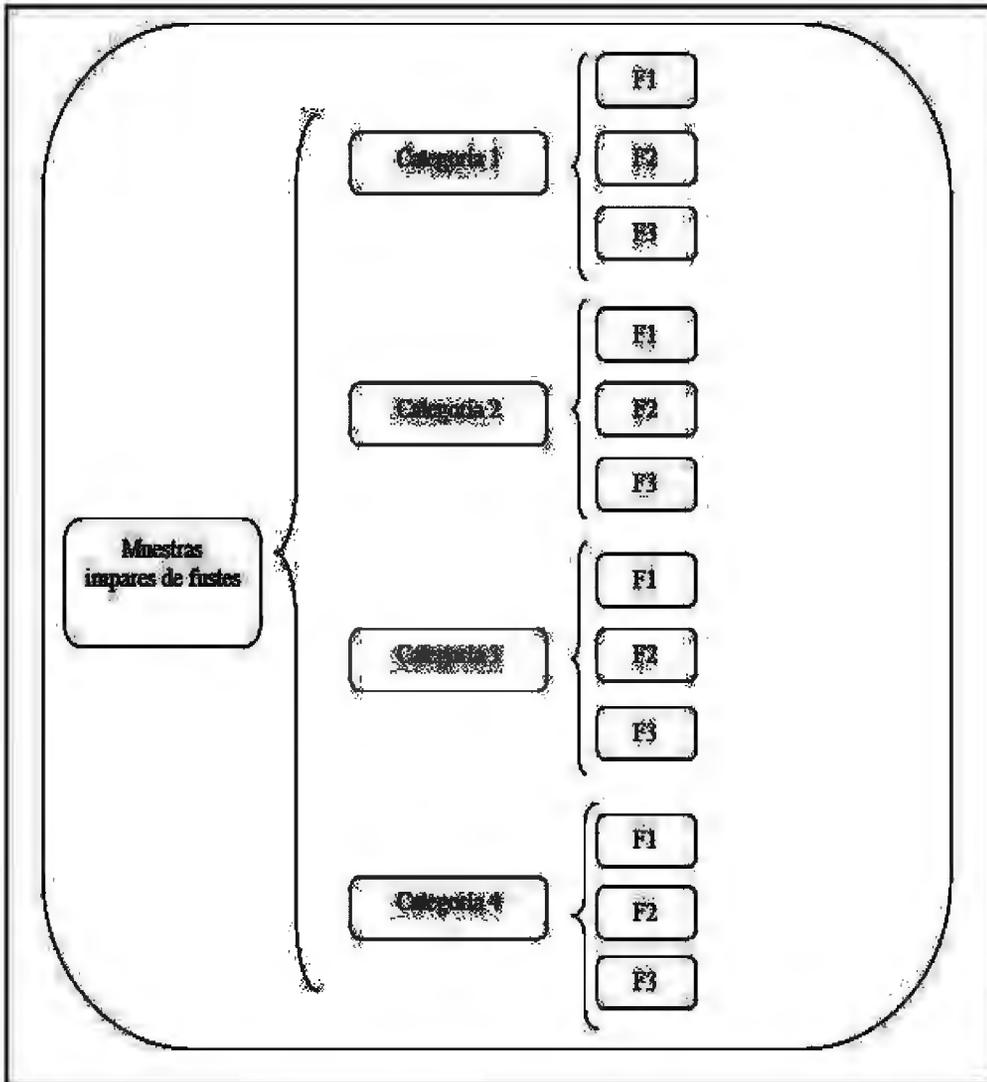


Figura 13 Distribución de las muestras impares de los fustes para el molido.

Las probetas impares de las ramas fueron divididas en tres grupos según tipo de Rama, R1 las más gruesas, R2 las medianas y R3 las de menos diámetro. Las muestras de las hojas (que previamente se habían secado) se separaron en tres grupos.

En el caso de ramas y fustes, las probetas se cortaron en pedazos más pequeños para poder ser trabajadas en el molino.

En total se tenían 18 grupos (llamados sub muestras), 12 de fustes, 3 de ramas y 3 de fustes. Cada grupo de muestras fue llevado al molino para ser molidas en el Laboratorio de Pulpa y Papel de la FCF de la UNALM.

C) EVALUACIÓN DEL VALOR CALORÍFICO O PODER CALORÍFICO INFERIOR DE LAS SUB MUESTRAS

Para el análisis calorimétrico de las tres sub muestras de ramas, doce sub muestras de fuste y tres sub muestras de las hojas, después de molidas se enviaron al Instituto de Investigación Nutricional (INN) en donde se aplicó el método de la bomba calorimétrica basándose en los estándares del método para obtener el valor calorífico de cada una de las muestras. El dato que se obtiene después de este análisis es el Valor calorífico o Poder Calorífico Inferior (PCI), el cual servirá para hallar el Poder calorífico Superior y finalmente la fracción de carbono.

Las 18 sub muestras llevadas (Fi) nos dan 18 resultados, 12 de PCI para fustes, 3 para cada categoría, 3 para las ramas y 3 para las hojas.

3.3.5 TRABAJO DE GABINETE

A) CÁLCULO DE LOS VOLÚMENES

1) Estimación del volumen del fuste

Como se vio en la figura 8, se midieron longitudes y diámetros de 7 secciones de cada fuste. Con estos datos se calcularon los volúmenes de los mismos con la fórmula de Smalian.

$$V = L \times \frac{(A1 + A2)}{2}$$

Donde:

V= Volumen de la sección en m³

A₁= Área de la cara inferior de la troza en m²

A₂= Área de la cara superior de la troza en m²

L= Longitud de la troza en m.

El Volumen total de cada árbol se determinó de la siguiente manera:

$$V_{\text{Árbol}} = V_{S1} + V_{S2} + V_{S3} + V_{S4} + V_{S5} + V_{S6} + V_{S7}$$

Donde:

Várbol= Volumen del fuste del árbol

Vsi= Volumen de la sección del fuste

2) Estimación del volumen de rodajas

Con los datos de los espesores de rodajas y los diámetros de las mismas se calcula el volumen con la fórmula de Smalian:

$$V = E \times \frac{(A1 + A2)}{2}$$

Donde:

V= Volumen de la probeta en m³

A₁= Área de la cara inferior de la rodaja en m²

A₂= Área de la cara superior de la rodaja en m²

E= Espesor promedio de la rodaja en m.

3) Estimación del volumen de los tercios

El volumen de los tercios se halla sumando las secciones del fuste correspondiente, como se observa en la figura 8. El volumen del fuste promedio es de 0,161 m³.

$$V_{\text{tercio 1}} = V_{S1} + V_{S2} + V_{S3}$$

$$V_{\text{tercio 2}} = V_{S4} + V_{S5}$$

$$V_{\text{tercio 3}} = V_{S6} + V_{S7}$$

Donde:

V tercio i: Volumen del tercio i

Vsi: Volumen de la sección i

B) DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DE LAS MUESTRAS.

El contenido de humedad se determinó para cada una de las muestras de hojas, probetas pares de ramas y probetas pares de fustes de cada árbol. Para hallar el contenido de humedad Chambi (2001) señala que se debe aplicar a cada sub muestras las siguientes fórmulas:

$$CH(H) = \frac{[Phs(H) - Pss(H)]}{Phs(H)} \times 100$$

$$CH(R) = \frac{[Phs(R) - Pss(R)]}{Phs(R)} \times 100$$

$$CH(F) = \frac{[Phs(F) - Pss(F)]}{Phs(F)} \times 100$$

Donde:

(H)=Hojas

(R)= Ramas

(F)= Fuste

CH= Contenido de humedad (%)

Pss= Peso seco de la muestra en hojas o probetas en ramas y fustes

Phs= Peso húmedo de la muestra en hojas o probetas en ramas y fustes

Para tener un solo valor de Contenido de Humedad (CH) para cada componente de cada árbol (hojas, ramas, tercios de fustes) se realiza un promedio simple de la siguiente manera:

- En el caso de las hojas hacemos un promedio simple de los datos de CH de las tres muestras, esto para cada uno de los árboles.
- En el caso de ramas se hace un promedio simple de los datos de CH de las probetas pares, para cada uno de los árboles.
- En el caso de los tercios de fustes se hace un promedio simple de los datos de CH de las probetas pares de cada una de las rodajas correspondientes, esto para cada tercio de cada uno de los árboles.

C) DETERMINACIÓN DE LA BIOMASA SECA

1) Determinación de la biomasa seca de las hojas

Chambi *et al.* (2001) señala que para tener el valor de biomasa seca (BS) se debe aplicar la siguiente fórmula a cada uno de los árboles:

$$BS(H) = Pht(H) - Pht(H) \times CH(H)$$

Donde:

BS(H)=Biomasa seca de las Hojas (Kg)

CH(H)= Contenido de humedad (%) promedio de las muestras de hojas

Pht(H)= Peso húmedo total (Kg) de las hojas

2) Determinación de la Biomasa Seca de las ramas

Para el caso de las ramas tenemos el CH de las probetas pares de cada árbol, con el promedio de los datos de cada árbol se halla la Biomasa seca con la metodología de Chambi *et al.* (2001).

$$\mathbf{BS(R) = Pht(R) - Pht(R) \times CH(R)}$$

Donde:

BS(R)=Biomasa seca de las Ramas (Kg)

CH(R)= Contenido de humedad (%) promedio de las probetas pares de las ramas

Pht(R)= Peso húmedo total (Kg) de las ramas

3) Determinación de la Biomasa Seca de los Fustes

Se aplicó la metodología de Chambi *et al.* (2001) para hallar la biomasa seca de cada una de las rodajas del fuste, esto se aplicó a las tres rodajas de cada uno de los árboles, para lo cual se usó el dato promedio de los datos de Contenido de Humedad de las probetas pares de las rodajas.

$$\mathbf{BS(F1) = Pht(F1) - Pht(F1) \times CH(F1)}$$

$$\mathbf{BS(F2) = Pht(F2) - Pht(F2) \times CH(F2)}$$

$$\mathbf{BS(F3) = Pht(F3) - Pht(F3) \times CH(F3)}$$

Donde:

BS(F1)= Biomasa seca de la rodaja extraída del tercio 1 (kg)

CH(F1)= Contenido de humedad (%) promedio de las probetas pares de la rodaja del tercio 1

Pht(F1)= Peso húmedo total (Kg) de la rodaja extraída del tercio 1 (kg)

Con los datos de Biomasa seca de rodajas, Volumen húmedo de rodajas y Volumen de cada tercio, con una regla de tres se hallamos la Biomasa seca de cada tercio y finalmente la Biomasa seca del fuste.

$$BS_{\text{tercio } i} = \frac{[BS_{Fi} \times \text{Volumen}_{\text{tercio } i}]}{\text{Volumen}_{Fi}}$$

$$BS_{\text{fuste}} = BS_{\text{tercio1}} + BS_{\text{tercio2}} + BS_{\text{tercio3}}$$

Donde:

$BS_{\text{tercio } i}$ = Biomasa seca del tercio i del fuste

BS_{Fi} = Biomasa seca de la rodaja extraída del tercio i (kg)

Volumen tercio i = Volumen del tercio i (m^3)

Volumen Fi = Volumen de la rodaja del tercio i (m^3)

BS_{fuste} = Biomasa seca del fuste del árbol (kg)

D) DETERMINACIÓN DEL PODER CALORÍFICO SUPERIOR

El Poder Calorífico Inferior (PCI) es hallado en el IIN con el método de la calorimetría basado en la Ley universal de la termodinámica, para convertir el PCI a Poder Calorífico Superior (PCS) aplicamos la fórmula de FAO (2004).

$$PCI = [PCS \times (1 + CH)] - 6 \times CH$$

Por tanto el PCS sería:

$$PCS = \frac{PCI + 6 \times CH}{1 + CH}$$

Donde:

CH=contenido de humedad de las muestras molidas a temperatura ambiente (%)

PCS=Poder calorífico superior (cal/g)

PCI=Poder calorífico inferior (cal/g)

De cada una de las sub muestras enviadas al laboratorio del IIN se hallaron 2 valores de PCI, se tienen 6 resultados para hojas, 6 resultados para ramas y 24 para fustes.

E) CÁLCULO DE LOS CANTIDAD DE CARBONO CONTENIDO EN LAS SUB MUESTRAS

Los datos de PCS de cada una de las muestras enviadas al laboratorio del IIN se les aplicará la siguiente fórmula (Segura, 1999) para obtener los gramos de carbono en un gramo de muestra..

$$GC = \frac{[PCS \times (\frac{4.1868}{calg} \cdot 1)]}{4.8 \times 10^5 J} \times Pmol$$

Donde:

GC=gramos de carbono (g)

PCS= Poder calorífico superior (cal/g)

PMol =Peso molecular del Carbono que es 12

F) CÁLCULO DE LA FRACCIÓN DE CARBONO

Como los gramos de carbono fueron obtenidos de un gramo de muestra, al aplicar esta fórmula (Segura, 1999) a cada una de las muestras obtenemos la fracción de carbono.

$$FC = \frac{GC}{PM}$$

Donde:

FC=Fracción de carbono

GC=Gramos de carbono (g)

PM=Peso de la muestra (g) que es 1.

Para las hojas la fracción de carbono es el promedio de las fracciones de las tres muestras (con dos datos cada una) enviadas al laboratorio, el promedio será la fracción de carbono de las hojas de cada uno de los árboles. Para las ramas ocurre lo mismo, tenemos tres muestras con dos datos de fracción de carbono, el promedio de las seis es la fracción final usada para cada uno de los árboles.

Para hallar el contenido de carbono de los árboles evaluados necesitamos hallar la fracción de carbono de los fustes, para lo cual es necesario hacer la ecuación de fracción de carbono del fuste basado los modelos de Alder (1980), la cual se basará en los datos de las 24 fracciones de carbono, 6 para cada categoría diamétrica.

G) CÁLCULO DE LA CANTIDAD DE CARBONO

Para calcular la cantidad de carbono usaremos la fórmula de Arevalo *et al*, (2003) para cada componente (hojas, ramas, fuste) de cada árbol de cada uno de los 30 árboles

$$CCarbono_{fuste} = BS_{fuste} \times FC_{fuste}$$

$$CCarbono_{ramas} = BS_{ramas} \times FC_{ramas}$$

$$CCarbono_{hojas} = BS_{hojas} \times FC_{hojas}$$

Donde:

CCarbono: Cantidad de carbono

BS: Biomasa seca (Kg) de hojas (H), ramas (R) y fustes (F)

FC: Fracción de carbono de hojas (H), ramas (R) y fustes (F)

Así mismo la cantidad de carbono de cada árbol es la suma de la cantidad de carbono de cada uno de sus componentes:

$$CC_{total} = CC_{fuste} + CC_{ramas} + CC_{hojas}$$

3.3.6 ECUACIONES DE CANTIDAD DE CARBONO

Con los datos calculados en el paso anterior se elaborarán 4 ecuaciones de cantidad de carbono siguiendo los modelos de biomasa de Alder (1980). Como se muestra en el cuadro 8 hay varios modelos aplicables, se seleccionará el que tenga el menor cuadrado medio del error (CME).

Cuadro 8 Modelos usados en ecuaciones de volumen y biomasa

Modelos	Clasificación
	Matemática
$V = a + b D$	Polinomial (grado 1)
$V = a D^2$	Polinomial (grado 2)
$V = a + b D^2$	
$V = a D + b D^2$	
$V = a + b D + c D^2$	
$V = a + b D^2 HT$	Polinomial con variable combinada (grado 2)
$V = a + b D^2 + c HT$	
$V = a D + b D^2 + c HT$	Potencial con variable combinada
$V = a D b$	
$V = a D b HT c$	
$V = a^*(D^2 HT)b$	

Fuente: Fucaraccio y Staffieri (1999)

Las ecuaciones serán para la biomasa de carbono total, biomasa de carbono de fuste, biomasa de carbono de hojas y biomasa de carbono de ramas.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 SELECCIÓN DE LA MUESTRA

Se trabajó con la metodología de Arevalo *et al.* (2003) seleccionando el número mínimo de árboles (30). Se dividió en cuatro categorías diamétricas y los árboles seleccionados fueron representativos y suficientes para dicho estudio ya que la plantación de *Guazuma crinita* era bastante regular, como así lo indican los censos realizados por ICRAF entre el 2001 y el 2007 (ICRAF, 2008).

4.2 TRABAJO DE CAMPO

4.2.1 SELECCIÓN DE ÁRBOLES

Después de analizar la distribución diamétrica del censo anterior de ICRAF, se determinó la frecuencia absoluta de los 30 árboles de la muestra, lo cual da como resultado lo que se observa en el cuadro 9.

Cuadro 9 Distribución diamétrica de los 30 árboles evaluados

Clase diamétrica	Límite inferior	Límite superior	Marca de Clase	Frecuencia relativa	Frecuencia absoluta
1	8	10.99	9.495	10.00	3
2	11	13.99	12.495	17.00	5
3	14	16.99	15.495	50.00	15
4	17	19.99	18.495	23.00	7

4.2.2 UBICACIÓN Y MEDICIÓN DEL ÁRBOL EN PIE.

El trabajo de campo empezó con la ubicación de los árboles. Con la ayuda de los croquis de la plantación de ICRAF se ubicaron los árboles fácilmente, ya que estos poseían un código de columna y fila; en la plantación estos códigos están correctamente identificados en los bordes de cada una de las repeticiones que conforman la plantación. Después de hallados los árboles seleccionados se les marcó con pintura roja.

A los árboles en pie se les midió el DAP mayor y el DAP menor, así como la altura total. En el cuadro 10 se observa que el promedio del DAP es 14,54 cm, el rango va de 8,15 cm (A25) a 18,60 cm (A18), con un coeficiente de variabilidad de 19,17%, la altura total promedio es de 18,47 m, que varía entre 12,5 metros (A8) y 24 metros (A25), con un coeficiente de variabilidad de 15,69%.

Cuadro 10 DAP promedio y Altura total de los árboles evaluados.

N	ARBOL	DAP 1 (cm)	DAP 2 (cm)	DAP PROMEDIO (cm)	ALTURA TOTAL (m)
1	A1	17.40	17.00	17.20	21.00
2	A2	8.40	8.40	8.40	13.50
3	A3	14.80	14.50	14.65	16.50
4	A4	12.80	12.40	12.60	20.00
5	A5	16.00	16.00	16.00	18.00
6	A6	14.80	14.60	14.70	20.50
7	A7	11.40	11.20	11.30	16.50
8	A8	16.60	16.60	16.60	24.00
9	A9	14.90	14.60	14.75	18.50
10	A10	14.40	14.00	14.20	19.00
11	A11	19.00	18.00	18.50	22.50
12	A12	15.20	14.80	15.00	18.50
13	A13	16.20	15.60	15.90	22.50
14	A14	15.30	14.40	14.85	16.00
15	A15	17.50	17.00	17.25	21.00
16	A16	11.40	11.20	11.30	18.00
17	A17	14.30	14.10	14.20	21.00
18	A18	19.00	18.20	18.60	23.00
19	A19	9.70	9.50	9.60	13.50
20	A20	14.70	14.40	14.55	21.00
21	A21	14.70	14.00	14.35	19.50
22	A22	16.50	16.20	16.35	18.00
23	A23	12.30	11.80	12.05	18.00
24	A24	18.80	18.30	18.55	18.00
25	A25	8.30	8.00	8.15	12.50
26	A26	17.50	17.20	17.35	18.50
27	A27	15.00	14.90	14.95	17.00
28	A28	17.40	16.70	17.05	18.00

N	ARBOL	DAP 1 (cm)	DAP 2 (cm)	DAP PROMEDIO (cm)	ALTURA TOTAL (m)
29	A29	13.80	12.40	13.10	15.00
30	A30	14.20	14.00	14.10	15.00
Promedio (cm)				14.54	18.47
Máximo (cm)				18.60	24.00
Mínimo (cm)				8.15	12.50
Desviación Estandar				2.79	2.90
Coeficiente de Variabilidad (%)				19.17	15.69

Cabe indicar que según los datos expuestos, el árbol que tiene el menor Dap y la menor Altura total es el árbol 25. El árbol de mayor Dap es el número 24 (A24), sin embargo este no es el que posee la mayor Altura total, ya que esta le corresponde al árbol 8 (A8)

La figura 14 nos muestra la estructura diamétrica de 30 árboles escogidos; como se observa la categoría 3 (marca de clase 15,495 cm) es la que posee mas árboles. Asi mismo se observa que la muestra escogida tiende a ser una distribución normal.

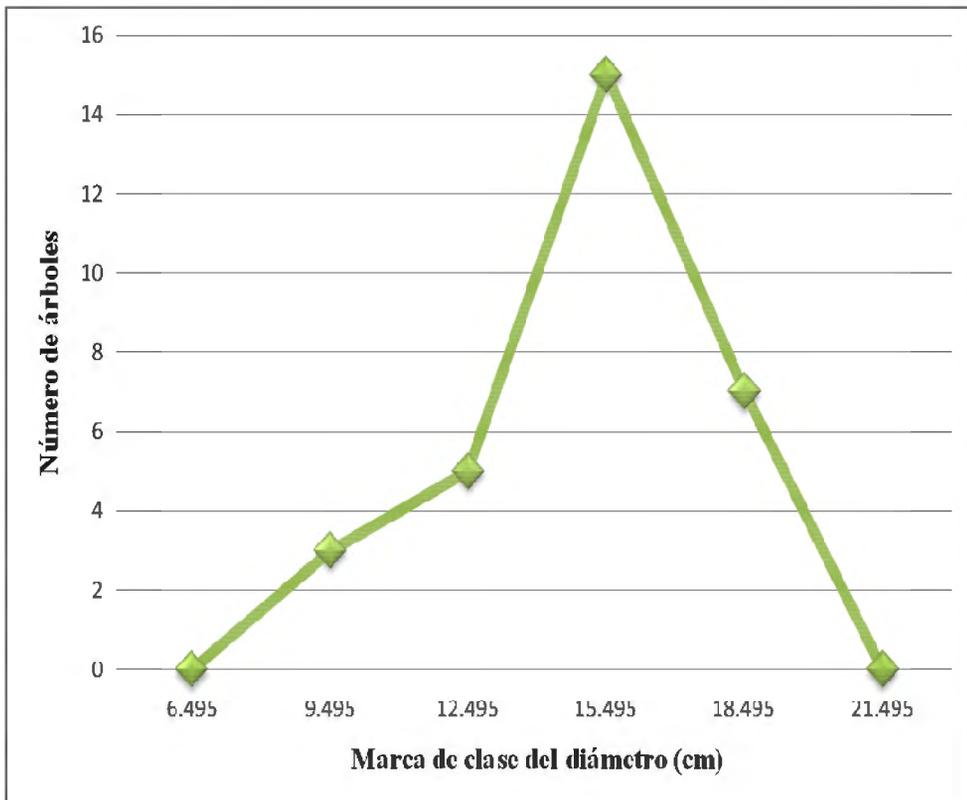


Figura 14 Distribución diamétrica de los 30 árboles según la categoría diamétrica

En la figura 15 se observa la relación entre el Dap promedio(cm) y la altura total del árbol (m), la relación que se observa indica que la plantación se encuentra en las primeras etapas, ya que se observa que a mayor Dap mayor altura, lo cual es típico de poblaciones jóvenes.

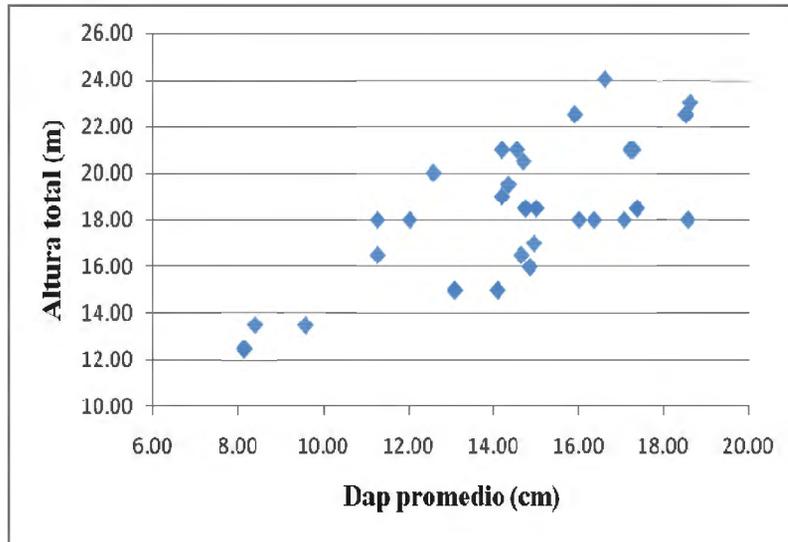


Figura 15 Relación entre el DAP (cm) y la Altura total (m)

La figura 16 muestra la relación entre el Dap 1 y el Dap 2, la cual tiene una alta correspondencia, lo cual indica que el fuste tiende a ser circular, ya que ambos valores son bastante cercanos.

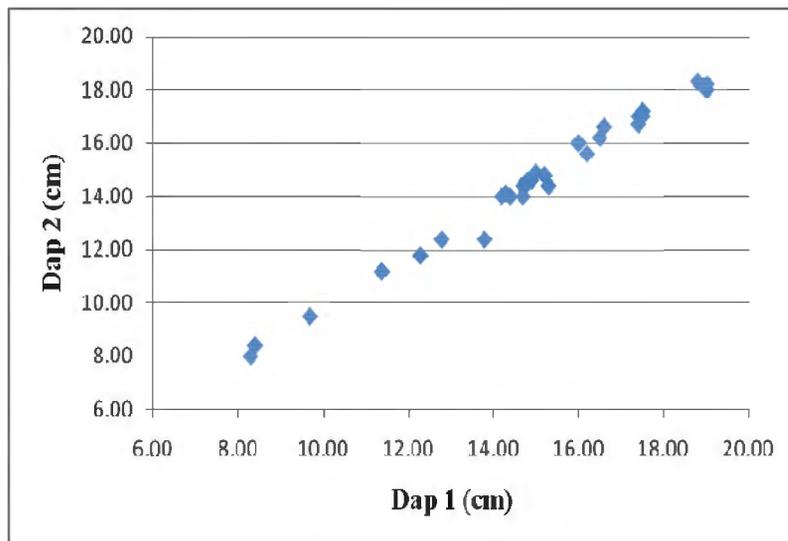


Figura 16 Relación lineal entre el Dap 1 y el Dap 2.

4.2.3 MEDICIONES REALIZADAS A FUSTES

Luego de las mediciones en pie se tumbaron los árboles con la motosierra Stihl, Al fuste apeado se le midieron las longitudes y los diámetros, como se indicó en la figura 8. Teniendo como resultado lo que se presenta en los cuadros 11 y 12.

En el cuadro 11 observamos los resultados de las mediciones de la longitud total del fuste, llamada también Altura de fuste, el promedio para los 30 árboles fue de 14,31 metros con un rango que va desde 11,0 a 19,8 metros.

Cuadro 11 Longitud de fuste o Altura de fuste de los árboles evaluados

<i>N</i>	<i>DAP PROMEDIO (cm)</i>	<i>ALTURA fuste (m)</i>
1	17.20	15.80
2	8.40	11.90
3	14.65	12.40
4	12.60	12.20
5	16.00	13.00
6	14.70	16.00
7	11.30	12.00
8	16.60	16.00
9	14.75	16.50
10	14.20	16.00
11	18.50	19.80
12	15.00	14.00
13	15.90	18.00
14	14.85	14.70
15	17.25	15.00
16	11.30	15.00
17	14.20	15.00
18	18.60	17.80
19	9.60	12.80
20	14.55	14.00
21	14.35	14.80
22	16.35	13.80
23	12.05	15.50
24	18.55	12.00
25	8.15	11.00

<i>N</i>	<i>DAP PROMEDIO (cm)</i>	<i>AL TURA fuste (m)</i>
26	17.35	13.80
27	14.95	13.10
28	17.05	14.00
29	13.10	11.30
30	14.10	12.00
Promedio	14.54	14.31

El árbol con la mayor altura de fuste es el A11, que posee uno de los mayores Dap, el árbol con menor altura de fuste es el A25, el que también posee el menor Dap.

En la figura 17 observamos que la relación entre el Dap (cm) y la altura de fuste (m) es ligeramente más variable que la relación entre el Dap y la altura total (figura 15).

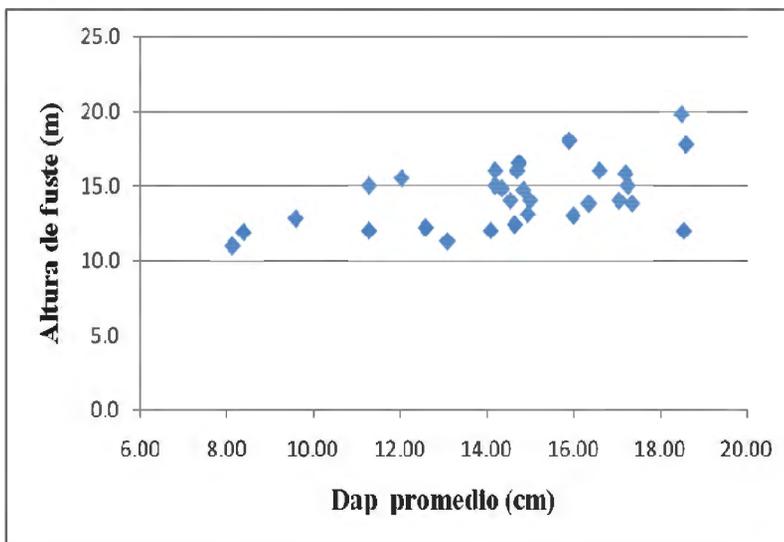


Figura 17 Relación entre el Dap(cm) y la altura de fuste (m)

En el anexo 1 se observan las mediciones de las secciones de fustes

Posteriormente con la ayuda de la motosierra se extrajeron las rodajas en la mitad de los tercios, lo cual se observa en la figura 18. Luego se realizó el pesado y la medición de las mismas, los resultados se observan en el cuadro 13.



Figura 18 Extracción de rodajas en los fustes

La extracción de las rodajas se realizó exitosamente, ya que los técnicos que colaboraron tenían experiencia en este tipo de trabajo, lo cual facilitó el ritmo del trabajo.

En el anexo 2 se observan las rodajas según su tipo, el diámetro promedio, el espesor promedio y el peso fresco total de las mismas.

A cada una de las rodajas se las dividió en 8, 4 o 2 probetas, el número de probetas dependía principalmente del diámetro y de la habilidad del técnico forestal, tener un buen técnico forestal es de suma importancia ya que de la experiencia del mismo depende la calidad de las probetas a obtener en el campo.

Los resultados se observan en el anexo 3, en el que se muestran los pesos individuales de las probetas según la rodaja. La idea principal fue el tener probetas lo más regulares posibles, en algunos casos debido a nudos o protuberancias, o nacimientos de ramas, algunas de las probetas de igual tamaño tuvieron pesos diferentes, en otros casos el técnico no calculó bien y habían probetas ligeramente diferentes, sin embargo los resultados obtenidos son buenos teniendo en cuenta de que todo esto se realizó con un machete en el campo.

4.2.4 MEDICIONES REALIZADAS A LAS RAMAS

Inmediatamente después de que el árbol fuera tumbado, era desramado y sus ramas fueron pesadas en su totalidad, como se observa en la figura 19. En el cuadro 15 se observan los resultados de los pesos totales de las ramas, su relación con el Dap se observa en la figura 20.



Figura 19 Pesado de ramas

En el cuadro 12 observamos que en promedio un árbol tiene 15,41 kilogramos de ramas frescas, con un rango que va desde 0,6 a 34,2 kilogramos. El A2 es el que posee menos kilogramos de ramas frescas, el A24 es el que tiene más kilogramos de ramas frescas.

Cuadro 12 Peso fresco total de las ramas de los árboles evaluados

N	Árbol	Peso fresco total de las ramas (kg)	DAP PROMEDIO (cm)
1	A1	23.72	17.20
2	A2	0.60	8.40
3	A3	20.30	14.65
4	A4	13.30	12.60
5	A5	17.32	16.00
6	A6	6.40	14.70
7	A7	7.30	11.30
8	A8	25.10	16.60
9	A9	13.20	14.75
10	A10	8.33	14.20
11	A11	21.28	18.50
12	A12	24.79	15.00
13	A13	16.10	15.90
14	A14	20.56	14.85
15	A15	33.20	17.25
16	A16	5.16	11.30
17	A17	18.10	14.20
18	A18	19.20	18.60
19	A19	2.78	9.60
20	A20	14.00	14.55
21	A21	10.28	14.35
22	A22	21.16	16.35
23	A23	4.80	12.05
24	A24	34.20	18.55
25	A25	1.70	8.15
26	A26	19.31	17.35
27	A27	14.40	14.95
28	A28	13.75	17.05
29	A29	14.70	13.10
30	A30	17.30	14.10
Promedio		15.41	14.54

En la figura 20 vemos la relación entre el Dap (cm) y el peso fresco de las ramas (kg), teniendo una tendencia potencial, sin embargo, para un Dap de 18,55 tenemos 34,20 kg y para uno de 18,60 de Dap tenemos 19,20 kg, lo cual indica que no necesariamente a mayor Dap tenemos más kilogramos de ramas frescas. Estas diferencias pueden ser producto del factor ambiental, ya que algunos árboles están más cercanos a fuentes de agua, como se recuerda la plantación tiene 6 repeticiones, los 6 lugares tienen características propias, que pueden responder estas diferencias.

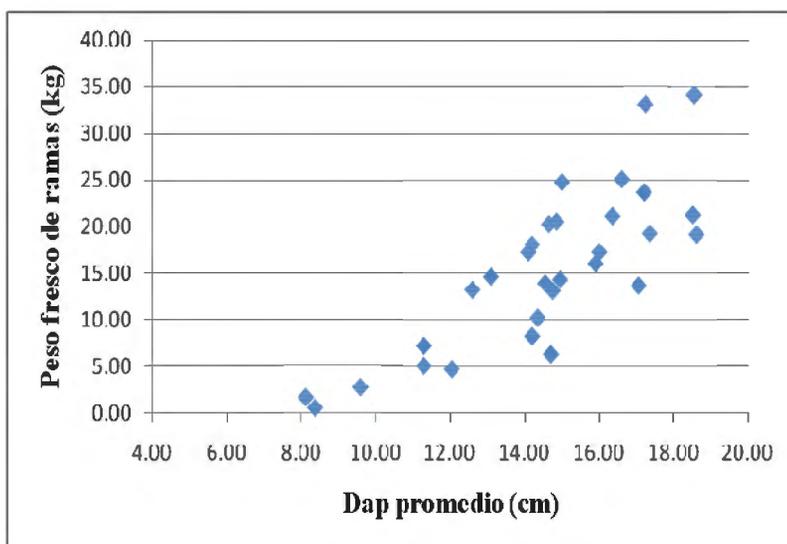


Figura 20 Relación del Dap (cm) y el peso fresco de las ramas (kg)

Seguidamente se procedió a escoger las tres ramas más representativas de cada árbol, para extraer las rodajas de las mismas. Se trabajó de la misma manera que con los fustes, al tener las ramas un diámetro mucho menor, se las dividió en 4 o 2 rodajas dependiendo del diámetro. En el anexo 4 se observan los resultados de las mediciones realizadas a las rodajas de las ramas de todos los árboles evaluados.

4.2.5 MEDICIONES REALIZADAS A LAS HOJAS

Las ramas se deshojaron, como se observa en la figura 21, posteriormente se pesaron en su totalidad.



Figura 21 Deshojado de *Guazuma crinita*

Los resultados de esas mediciones se observan en el cuadro 13, en donde el peso fresco total promedio de las hojas es de 2,23 kg con un rango que va desde 0,23 (A2) a 4,80 (A1) kg.

Cuadro 13 Peso fresco hojas.

N	Árbol	Peso fresco total de las hojas (kg)	DAP PROMEDIO (cm)	ALTURA fuste (m)
1	A1	4.80	17.20	15.80
2	A2	0.23	8.40	11.90
3	A3	2.44	14.65	12.40
4	A4	1.40	12.60	12.20
5	A5	1.64	16.00	13.00
6	A6	1.84	14.70	16.00
7	A7	1.54	11.30	12.00
8	A8	4.08	16.60	16.00
9	A9	1.64	14.75	16.50
10	A10	2.44	14.20	16.00
11	A11	3.79	18.50	19.80
12	A12	4.14	15.00	14.00
13	A13	3.74	15.90	18.00
14	A14	3.84	14.85	14.70
15	A15	4.30	17.25	15.00
16	A16	0.42	11.30	15.00
17	A17	2.54	14.20	15.00
18	A18	1.36	18.60	17.80
19	A19	0.42	9.60	12.80
20	A20	2.44	14.55	14.00
21	A21	2.94	14.35	14.80
22	A22	2.70	16.35	13.80
23	A23	1.64	12.05	15.50
24	A24	4.14	18.55	12.00
25	A25	0.58	8.15	11.00
26	A26	0.98	17.35	13.80
27	A27	2.28	14.95	13.10
28	A28	0.87	17.05	14.00
29	A29	1.14	13.10	11.30
30	A30	0.58	14.10	12.00
Promedio		2.23	14.54	14.31

En la figura 22 vemos la relación entre el Dap (cm) y el peso fresco de las hojas (kg), teniendo una tendencia potencial. Se observa que al igual que en la Figura 20 la relación es variable, teniendo a individuos con Dap parecido que poseen diferencias notables en el peso fresco de hojas.

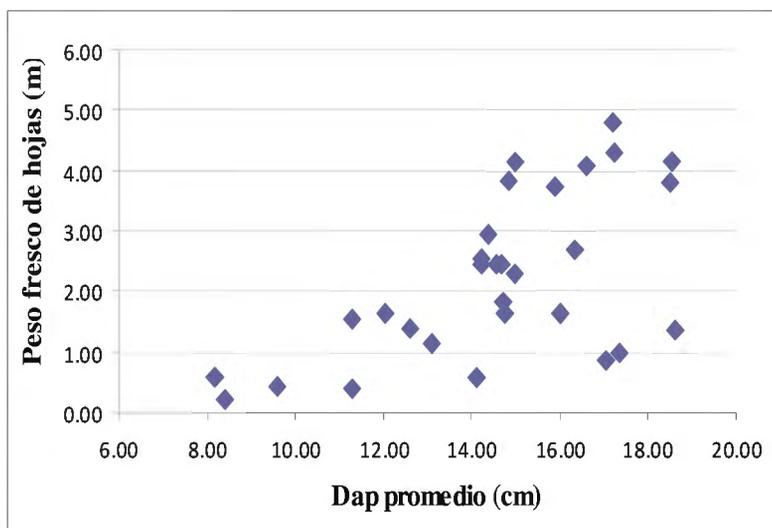


Figura 22 Relación entre el Dap (cm) y el Peso fresco total de las hojas (kg)

Las tres muestras de hojas para cada árbol se obtuvieron después del pesado general, estas se colocaron en bolsas de papel previamente pesadas, inmediatamente después se pesaron en la balanza de 2 gramos de precisión. Los resultados se observan en el anexo 5.

4.3 TRANSPORTE

El transporte interno no tuvo inconvenientes ya que al llegar a Pucallpa, en promedio de 3 horas, las muestras eran sacadas de las bolsas de tela y puestas en una mesa, de esta manera se evitaban los hongos. Para el traslado a la ciudad de Lima se pusieron las bolsas de papel en bolsas plásticas, lo cual no dio buenos resultados porque el tiempo que pasaron las muestras en las cajas fue suficiente como para que algunas muestras, sobre todo las colectadas el último día, perdieran mucha agua y aparezcan hongos.

Para el transporte interno e interprovincial se recomienda usar bolsas de papel y colocarlas en bolsas de tela, ya que así las muestras se estropean menos con la pérdida de agua.

4.4 TRABAJO DE LABORATORIO

En el laboratorio de Pulpa y Papel de la FCF-UNALM se clasificaron las muestras y probetas como se indicó en la metodología.

4.4.1 SECADO DE MUESTRAS DE HOJAS, PROBETAS PARES DE FUSTES Y PROBETAS PARES DE RAMAS

En el laboratorio de Pulpa y Papel de la FCF-UNALM se secaron en la estufa las muestras de hojas, las probetas pares de ramas y las probetas pares de fustes, como se observan en las figuras 23, 24 y 25 respectivamente.



Figura 23 Secado de las muestras de hojas en el Laboratorio de Pulpa y Papel de la FCF-UNALM



Figura 24 Secado de las probetas pares de ramas en el Laboratorio de Pulpa y Papel de la FCF-UNALM



Figura 25 Secado de las probetas de fustes en el Laboratorio de Pulpa y Papel de la FCF-UNALM

4.4.2 MOLIDO DE MUESTRAS DE HOJAS, PROBETAS IMPARES DE RAMAS Y PROBETAS IMPARES FUSTES

Con el molino del laboratorio de Pulpa y Papel de la FCF-UNALM, se molieron las muestras secas de hojas, las probetas húmedas impares de ramas y las probetas húmedas impares de fustes, como se observa en la figura 26. Es recomendable que las hojas estén secas ya que húmedas no pueden ser molidas, contrariamente a lo que pasa con las sub muestras de ramas y fustes, que conviene molerlas con humedad ya que así se facilita el proceso. En este paso es importante la participación de un técnico capacitado, ya que gracias al que colaboró en este trabajo se pudieron moler las sub muestras sin dificultad.



Figura 26 Molido de las probetas impares de ramas.

Luego del molido, el material a evaluar se llamó Sub muestra, las cuales se enviaron al Laboratorio del IIN.

4.4.3 EVALUACIÓN DEL VALOR CALORÍFICO O PODER CALORÍFICO INFERIOR DE LAS SUB MUESTRAS

Las sub muestras enviadas al laboratorio fueron analizadas en su valor calórico, teniendo el Poder Calorífico Inferior; las mismas sub muestras se secaron en el Laboratorio de Pulpa y Papel de la FCF-UNALM para obtener la humedad. Los resultados se observan en los cuadros 14 y 15.

Cuadro 14 Poder calorífico inferior de las sub muestras de fustes según categoría diamétrica.

<i>Submuestra</i>		<i>Rango de Dap (cm)</i>	<i>Contenido de Humedad de submuestra</i>	<i>PCI (cal/g)</i>
Categoría Diamétrica	1	8,15-9,60	17.89	4472.13
Categoría Diamétrica	1	8,15-9,60	17.89	4435.43
Categoría Diamétrica	1	8,15-9,60	20.77	4388.81
Categoría Diamétrica	1	8,15-9,60	16.54	4340.69
Categoría Diamétrica	1	8,15-9,60	20.77	4330.47
Categoría Diamétrica	1	8,15-9,60	16.54	4283.72
Categoría Diamétrica	2	11,30-13,10	23.6	4478.85
Categoría Diamétrica	2	11,30-13,10	18.78	4433.44
Categoría Diamétrica	2	11,30-13,10	23.6	4422.55
Categoría Diamétrica	2	11,30-13,10	23.98	4380.18
Categoría Diamétrica	2	11,30-13,10	23.98	4379.58
Categoría Diamétrica	2	11,30-13,10	18.78	4379.48
Categoría Diamétrica	3	14,10-16,60	16.7	4489.38
Categoría Diamétrica	3	14,10-16,60	16.7	4426.5
Categoría Diamétrica	3	14,10-16,60	21.1	4398.75
Categoría Diamétrica	3	14,10-16,60	21.1	4349.86
Categoría Diamétrica	3	14,10-16,60	19.55	4330.27
Categoría Diamétrica	3	14,10-16,60	19.55	4307.9
Categoría Diamétrica	4	17,05-18,60	18.16	4492.09
Categoría Diamétrica	4	17,05-18,60	18.16	4481.62
Categoría Diamétrica	4	17,05-18,60	20.02	4473.22
Categoría Diamétrica	4	17,05-18,60	21.92	4434.56
Categoría Diamétrica	4	17,05-18,60	20.02	4412.75
Categoría Diamétrica	4	17,05-18,60	21.92	4407.67

Cuadro 15 Poder calorífico inferior de las sub muestras de ramas y hojas.

Submuestra	Contenido de Humedad de submuestra	PCI (cal/g)
Hojas	9.62	4658.02
Hojas	9.62	4647.61
Hojas	10.80	4708.2
Hojas	10.80	4684.36
Hojas	10.01	4635.45
Hojas	10.01	4612.75
Ramas	18.39	4376.01
Ramas	18.39	4307.87
Ramas	18.25	4434.46
Ramas	18.25	4405.62
Ramas	20.19	4308.88

4.5 TRABAJO DE GABINETE

4.5.1 CÁLCULO DE LOS VOLÚMENES

A) CÁLCULO DEL VOLUMEN DEL FUSTE

Con las mediciones de diámetros y longitudes a diferentes alturas y aplicando la fórmula de Smalian se determinaron los volúmenes de las diferentes secciones de fuste (figura 8) con lo cual se tienen los resultados observados en el anexo 6.

En el cuadro 16 se tienen los resultados por fuste, producto de la suma de los volúmenes de las secciones de los fustes. El volumen promedio del fuste de un árbol es 0,161 m³, cuyo rango va desde 0,035 m³ (A2) a 0,318 m³ (A18, que además es el árbol que tiene el mayor Dap).

Cuadro 16 Volumen de fustes

Árbol	Volúmenes de las secciones del fuste (m ³)							Volumen total (m ³)
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	
A1	0.033	0.034	0.053	0.040	0.033	0.023	0.019	0.235
A2	0.009	0.003	0.007	0.006	0.005	0.003	0.002	0.035
A3	0.027	0.011	0.027	0.022	0.019	0.018	0.015	0.139
A4	0.016	0.008	0.020	0.017	0.016	0.014	0.011	0.102
A5	0.029	0.017	0.031	0.024	0.019	0.013	0.010	0.143
A6	0.026	0.023	0.033	0.025	0.020	0.014	0.010	0.151
A7	0.017	0.007	0.016	0.013	0.012	0.009	0.007	0.081
A8	0.031	0.023	0.038	0.031	0.028	0.027	0.018	0.196
A9	0.028	0.023	0.037	0.030	0.024	0.019	0.016	0.177
A10	0.024	0.017	0.029	0.024	0.020	0.019	0.013	0.146
A11	0.036	0.053	0.066	0.053	0.046	0.027	0.018	0.299
A12	0.025	0.020	0.035	0.029	0.024	0.015	0.012	0.160
A13	0.030	0.034	0.046	0.037	0.029	0.023	0.014	0.213
A14	0.028	0.019	0.038	0.032	0.025	0.020	0.015	0.177
A15	0.032	0.026	0.045	0.037	0.031	0.027	0.023	0.221
A16	0.020	0.011	0.018	0.015	0.013	0.011	0.007	0.095
A17	0.024	0.018	0.034	0.030	0.025	0.021	0.016	0.168
A18	0.044	0.043	0.065	0.055	0.046	0.036	0.030	0.319
A19	0.011	0.005	0.012	0.007	0.006	0.008	0.005	0.054
A20	0.024	0.018	0.031	0.026	0.022	0.013	0.011	0.145
A21	0.024	0.020	0.037	0.028	0.021	0.014	0.010	0.154
A22	0.031	0.024	0.044	0.034	0.027	0.016	0.012	0.188
A23	0.018	0.013	0.024	0.021	0.017	0.013	0.008	0.114
A24	0.050	0.018	0.047	0.040	0.032	0.026	0.025	0.238
A25	0.010	0.003	0.009	0.008	0.006	0.003	0.002	0.041
A26	0.042	0.015	0.037	0.032	0.028	0.033	0.025	0.212
A27	0.029	0.012	0.031	0.028	0.023	0.024	0.019	0.166
A28	0.043	0.026	0.043	0.034	0.030	0.021	0.018	0.215
A29	0.022	0.009	0.022	0.019	0.016	0.011	0.009	0.108
A30	0.031	0.010	0.026	0.021	0.018	0.015	0.012	0.133
Promedio								0.161

Con estos resultados se tiene una relación entre el Dap (cm) y Volumen (m³) como se observa en la figura 27, la cual tiene una tendencia exponencial notoria, como ocurre en las poblaciones jóvenes.

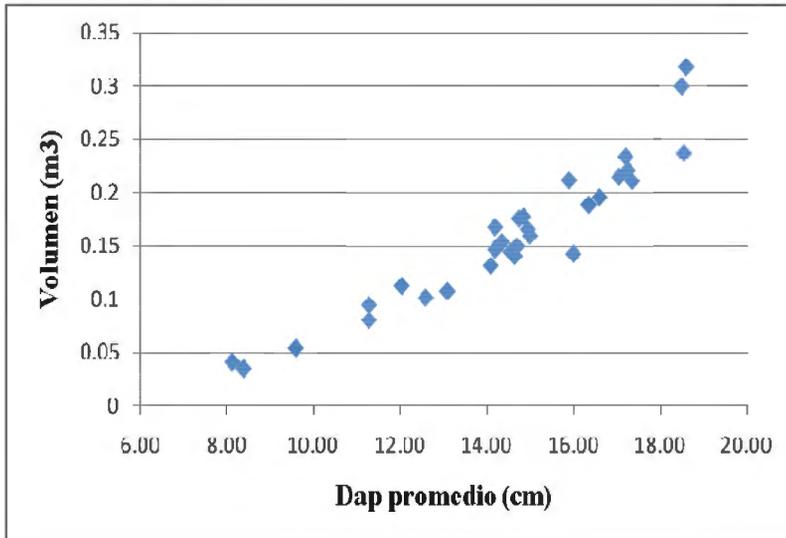


Figura 27 Relación entre el Dap (cm) y Volumen (m³)

B) CÁLCULO DEL VOLUMEN DE RODAJAS

Con los datos de diámetro y espesor de rodajas se estimó su volumen con la fórmula de Smalian. Los resultados se observan en el anexo 7.

C) CÁLCULO DEL VOLUMEN DE LOS TERCIOS

Con la información del anexo 6 se calculó el Volumen de los Tercios de fuste, los resultados se observan en el cuadro 17.

Cuadro 17 Volumen de tercios

Árbol	Volumen (m3) tercio 1	Volumen (m3) tercio 2	Volumen (m3) tercio 3	Volumen (m3) TOTAL
A1	0.1194	0.0724	0.0424	0.2343
A2	0.0194	0.0107	0.0053	0.0354
A3	0.0659	0.0417	0.0331	0.1407
A4	0.0445	0.0327	0.0251	0.1023
A5	0.0766	0.0431	0.0234	0.1431
A6	0.0812	0.0450	0.0238	0.1500
A7	0.0402	0.0246	0.0166	0.0814
A8	0.0912	0.0595	0.0452	0.1960
A9	0.0876	0.0541	0.0348	0.1765
A10	0.0711	0.0439	0.0318	0.1467
A11	0.1553	0.0987	0.0457	0.2997
A12	0.0796	0.0527	0.0273	0.1596
A13	0.1094	0.0660	0.0369	0.2124
A14	0.0855	0.0571	0.0358	0.1784
A15	0.1032	0.0677	0.0498	0.2208
A16	0.0488	0.0286	0.0179	0.0953
A17	0.0749	0.0556	0.0373	0.1678
A18	0.1525	0.1005	0.0653	0.3184
A19	0.0280	0.0131	0.0129	0.0541
A20	0.0734	0.0482	0.0234	0.1450
A21	0.0805	0.0489	0.0241	0.1535
A22	0.0997	0.0611	0.0279	0.1888
A23	0.0549	0.0373	0.0207	0.1129
A24	0.1141	0.0726	0.0506	0.2373
A25	0.0224	0.0133	0.0050	0.0407
A26	0.0938	0.0596	0.0581	0.2115
A27	0.0722	0.0507	0.0431	0.1659
A28	0.1118	0.0645	0.0388	0.2150
A29	0.0527	0.0348	0.0200	0.1075
A30	0.0670	0.0389	0.0260	0.1319

A modo de resumen tenemos el cuadro 18, en donde se observa el Dap promedio (cm), la altura de fuste (m) y el volumen del mismo (m³).

Cuadro 18 Dap, altura de fuste y volumen

N	Árbol	DAP PROMEDIO (cm)	ALTURA fuste (m)	Volumen (m3) TOTAL
1	A1	17.20	15.80	0.234
2	A2	8.40	11.90	0.035
3	A3	14.65	12.40	0.141
4	A4	12.60	12.20	0.102
5	A5	16.00	13.00	0.143
6	A6	14.70	16.00	0.150
7	A7	11.30	12.00	0.081
8	A8	16.60	16.00	0.196
9	A9	14.75	16.50	0.176
10	A10	14.20	16.00	0.147
11	A11	18.50	19.80	0.300
12	A12	15.00	14.00	0.160
13	A13	15.90	18.00	0.212
14	A14	14.85	14.70	0.178
15	A15	17.25	15.00	0.221
16	A16	11.30	15.00	0.095
17	A17	14.20	15.00	0.168
18	A18	18.60	17.80	0.318
19	A19	9.60	12.80	0.054
20	A20	14.55	14.00	0.145
21	A21	14.35	14.80	0.154
22	A22	16.35	13.80	0.189
23	A23	12.05	15.50	0.113
24	A24	18.55	12.00	0.237
25	A25	8.15	11.00	0.041
26	A26	17.35	13.80	0.211
27	A27	14.95	13.10	0.166
28	A28	17.05	14.00	0.215
29	A29	13.10	11.30	0.108
30	A30	14.10	12.00	0.132

4.5.2 CONTENIDO DE HUMEDAD DE MUESTRAS DE HOJAS, PROBETAS PARES DE RAMAS Y PROBETAS PARES DE FUSTES

Los resultados obtenidos en las muestras de hojas se observan en el cuadro 19, teniendo en promedio 69,38% de humedad en las hojas.

Cuadro 19 Contenido de humedad promedio de las hojas

ARBOL	Peso húmedo (g)			Peso seco (g)			Contenido de Humedad de las muestras (%)			Contenido de humedad de las hojas (%)
	H1	H2	H3	H1	H2	H3	H1	H2	H3	Promedio
A1	756	781	581	337.7	312	226.6	55.33	60.05	61.00	58.79
A2	41	36	41	9.4	7.6	9.7	77.07	78.89	76.34	77.43
A3	201	196	191	65.5	61	68	67.41	68.88	64.40	66.90
A4	251	241	163	69	71.9	50.5	72.51	70.17	69.02	70.56
A5	261	126	296	74	38.6	100	71.65	69.37	66.22	69.08
A6	158	258	183	40.4	70	49.9	74.43	72.87	72.73	73.34
A7	171	131	246	45.8	32.9	86.9	73.22	74.89	64.67	70.93
A8	351	521	201	134.7	178.9	63.9	61.62	65.66	68.21	65.17
A9	196	281	216	57.9	89.5	75.4	70.46	68.15	65.09	67.90
A10	461	476	301	150.7	181.8	109.8	67.31	61.81	63.52	64.21
A11	346	381	311	95	112.8	97.1	72.54	70.39	68.78	70.57
A12	281	326	296	82.6	95.1	88.6	70.60	70.83	70.07	70.50
A13	301	316	246	123.5	107.6	77.1	58.97	65.95	68.66	64.53
A14	446	366	526	170.2	138	198.6	61.84	62.30	62.24	62.13
A15	396	426	381	151.8	152.1	157.2	61.67	64.30	58.74	61.57
A16	91	126	61	25.9	37.2	19	71.54	70.48	68.85	70.29
A17	166	261	166	54.2	80.3	45.8	67.35	69.23	72.41	69.66
A18	161	156	141	43	43	36.5	73.29	72.44	74.11	73.28
A19	96	121	106	27.3	31.1	28.2	71.56	74.30	73.40	73.09
A20	296	346	276	103.6	110.3	95.6	65.00	68.12	65.36	66.16
A21	101.5	89.5	113.5	32.5	26.8	34.9	67.98	70.06	69.25	69.10
A22	113.5	111.5	148.5	44.2	39.8	52.1	61.06	64.30	64.92	63.43
A23	71.5	126.5	143.5	22.7	41.8	44.5	68.25	66.96	68.99	68.07
A24	161.5	141.5	146.5	55.9	50	52.6	65.39	64.66	64.10	64.72
A25	117.5	116.5	53.5	32.1	33.8	20.6	72.68	70.99	61.50	68.39
A26	191	111	183	62.8	22.3	51.9	67.12	79.91	71.64	72.89
A27	281	326	291	112.3	88.8	75.1	60.04	72.76	74.19	69.00
A28	201	196	246	58	43.2	53.4	71.14	77.96	78.29	75.80

	<i>H1</i>	<i>H2</i>	<i>H3</i>	<i>H1</i>	<i>H2</i>	<i>H3</i>	<i>H1</i>	<i>H2</i>	<i>H3</i>	<i>Promedio</i>
A29	341	316	221	53.5	49.4	48.6	84.31	84.37	78.01	82.23
A30	171	176	108	33.5	33.8	17.4	80.41	80.80	83.89	81.70
Promedio										69.38

Las probetas pares de las ramas sirvieron para determinar la humedad de las rodajas de las mismas, los resultados se observan en el cuadro 20, en promedio las ramas tienen una humedad de 59,04% con un rango que va desde 49,78% (A2, que además es el de menor Volumen y el de menor biomasa fresca de ramas y de hojas) hasta 62,75% (A17).

Cuadro 20 Contenido de Humedad promedio en las ramas

<i>ARBOL</i>	<i>Contenido de Humedad de las rodajas de ramas (%)</i>			<i>Contenido de humedad de las ramas (%)</i>
	<i>R1</i>	<i>R2</i>	<i>R3</i>	<i>Promedio</i>
A1	54.50	52.69	58.26	55.15
A2	56.80	59.20	33.33	49.78
A3	52.34	54.59	62.22	56.38
A4	54.66	57.29	58.86	56.94
A5	49.66	57.21	58.68	55.18
A6	57.40	61.60	58.52	59.17
A7	59.50	61.98	64.76	62.08
A8	52.23	64.46	57.54	58.08
A9	55.64	53.71	58.98	56.11
A10	54.59	59.00	56.23	56.61
A11	59.74	59.24	54.69	57.89
A12	55.91	58.14	65.63	59.89
A13	59.26	65.43	57.28	60.66
A14	56.78	62.25	48.89	55.97
A15	53.23	58.16	56.73	56.04
A16	56.36	56.00	48.44	53.60
A17	58.29	63.33	66.63	62.75
A18	53.63	57.60	54.07	55.10
A19	58.35	50.46	60.66	56.49
A20	51.09	58.02	52.53	53.88
A21	57.93	57.22	57.83	57.66
A22	59.16	57.71	63.06	59.98
A23	61.36	64.85	60.00	62.07
A24	55.22	54.34	55.60	55.05

	<i>R1</i>	<i>R2</i>	<i>R3</i>	<i>Promedio</i>
A25	63.11	52.00	62.94	59.35
A26	54.27	51.74	51.76	52.59
A27	55.03	56.64	58.93	56.87
A28	56.26	76.00	37.80	56.69
A29	57.51	57.57	61.36	58.81
A30	57.00	47.96	58.42	54.46
Promedio				57.04

Las 3 rodajas fueron escogidas de las tres ramas más representativas, estas no necesariamente eran parecidas o regulares, algunas eran más gruesas que otras, lo cual hace que sus humedades puedan ser diferentes, lo que se observa en algunos árboles, como el A2 o el A28 que tienen Contenidos de humedad claramente diferenciados.

Las probetas pares de los fustes fueron secadas para calcular su contenido de humedad, dicho contenido de humedad sirvió para estimar el contenido de humedad de las rodajas y de los tercios de donde provienen las probetas. Los resultados observados en el cuadro 21 señalan que en promedio un tercio basal del fuste tiene 48,68% de humedad, un tercio medio tiene en promedio 49,37% de humedad y un tercio superior un 51,73% de humedad. Los datos promedio indican que a mayor altura mayor contenido de humedad, el árbol posee más humedad cuanto más joven es, la parte superior del árbol posee tejido joven y reciente por lo tanto es usual que tenga más agua. Sin embargo esto no se cumple en todos los casos, 4 tienen comportamiento diferente, los árboles A13, A19, A22 y A29 tienen un Contenido de Humedad menor en el tercio superior, esto se explica porque en general el contenido de humedad en un árbol vivo es muy variable.

Cuadro 21 Contenido de Humedad de las rodajas de los tercios

ARBOL	Contenido de Humedad de las rodajas de los tercios (%)		
	F1	F2	F3
A1	45.31	44.02	49.51
A2	55.96	52.09	54.88
A3	52.98	48.23	55.61
A4	51.98	51.66	54.21
A5	48.44	46.89	49.30
A6	52.37	48.59	54.26
A7	52.50	54.03	56.32
A8	47.13	50.10	50.72
A9	47.32	47.70	52.38
A10	48.49	47.81	50.23
A11	51.09	46.38	53.77
A12	50.71	50.66	50.93
A13	58.84	52.81	56.37
A14	48.46	50.30	51.19
A15	45.38	48.62	50.17
A16	44.22	45.87	49.02
A17	47.79	48.01	49.10
A18	45.82	45.76	45.97
A19	50.11	53.64	48.90
A20	44.05	50.10	49.03
A21	47.64	46.37	57.53
A22	48.44	47.54	41.90
A23	49.07	51.19	55.15
A24	46.41	51.97	52.19
A25	46.63	56.24	61.81
A26	49.23	48.34	49.60
A27	44.18	49.23	52.20
A28	45.66	46.45	50.46
A29	50.44	50.46	46.68
A30	43.61	49.94	52.38
Promedio	48.68	49.37	51.73

4.5.3 DETERMINACIÓN DE LA BIOMASA SECA

Con los datos de peso húmedo y contenido de humedad de hojas y ramas se estimó la biomasa seca con la fórmula de Chambi (2001) los resultados se observan en el cuadro 22, la biomasa seca promedio en hojas es de 0,735 kg y en ramas es de 6,629 kg

Cuadro 22 Biomasa seca de las hojas y ramas

N	Árbol	Hojas			Ramas		
		CH (H)	Pht(H) kg	BS(H) kg	CH (R)	Pht(R) kg	BS (R) kg
1	A1	58.79	4.80	1.978	55.15	23.72	10.638
2	A2	77.43	0.23	0.052	49.78	0.60	0.301
3	A3	66.90	2.44	0.808	56.38	20.30	8.854
4	A4	70.56	1.40	0.412	56.94	13.30	5.727
5	A5	69.08	1.64	0.507	55.18	17.32	7.762
6	A6	73.34	1.84	0.490	59.17	6.40	2.613
7	A7	70.93	1.54	0.448	62.08	7.30	2.768
8	A8	65.17	4.08	1.421	58.08	25.10	10.523
9	A9	67.90	1.64	0.526	56.11	13.20	5.793
10	A10	64.21	2.44	0.873	56.61	8.33	3.615
11	A11	70.57	3.79	1.115	57.89	21.28	8.961
12	A12	70.50	4.14	1.221	59.89	24.79	9.942
13	A13	64.53	3.74	1.327	60.66	16.10	6.334
14	A14	62.13	3.84	1.454	55.97	20.56	9.052
15	A15	61.57	4.30	1.653	56.04	33.20	14.595
16	A16	70.29	0.42	0.125	53.60	5.16	2.394
17	A17	69.66	2.54	0.771	62.75	18.10	6.742
18	A18	73.28	1.36	0.363	55.10	19.20	8.621
19	A19	73.09	0.42	0.113	56.49	2.78	1.210
20	A20	66.16	2.44	0.826	53.88	14.00	6.457
21	A21	69.10	2.94	0.909	57.66	10.28	4.353
22	A22	63.43	2.70	0.987	59.98	21.16	8.469
23	A23	68.07	1.64	0.524	62.07	4.80	1.821
24	A24	64.72	4.14	1.461	55.05	34.20	15.372
25	A25	68.39	0.58	0.183	59.35	1.70	0.691
26	A26	72.89	0.98	0.266	52.59	19.31	9.155
27	A27	69.00	2.28	0.707	56.87	14.40	6.211

		<i>CH (H)</i>	<i>Pht(H) kg</i>	<i>BS(H) kg</i>	<i>CH (R)</i>	<i>Pht(R) kg</i>	<i>BS (R) kg</i>
28	A28	75.80	0.87	0.211	56.69	13.75	5.956
29	A29	82.23	1.14	0.203	58.81	14.70	6.054
30	A30	81.70	0.58	0.106	54.46	17.30	7.878
Promedio		69.38	2.23	0.73	57.04	15.41	6.63

En la figura 28 se observa que la relación entre la biomasa seca de las hojas y el dap es irregular, no hay una tendencia clara, para diámetros similares la biomasa de hojas es bastante diferente, en los Daps mayores llega a ser más del doble.

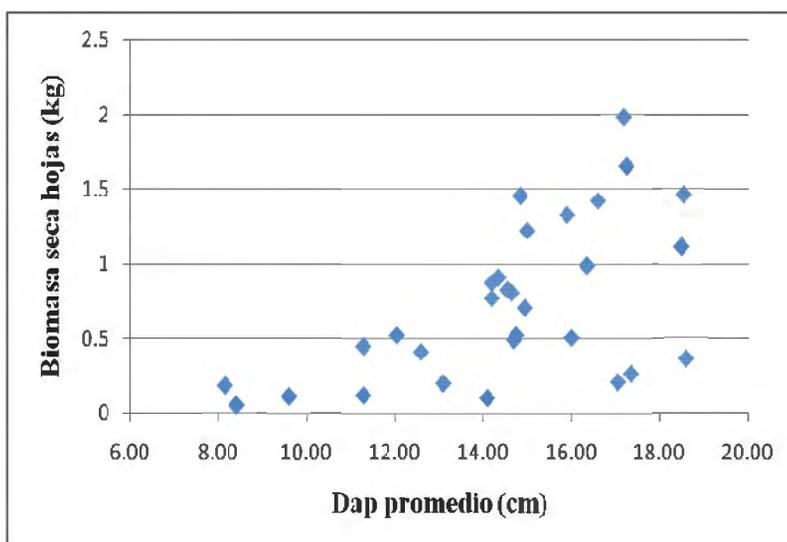


Figura 28 Biomasa seca de hojas(kg) según el Dap(cm)

En la figura 29 se observa que la relación entre la biomasa seca de las ramas y el Dap, la cual es menos variable que la relación entre la biomasa seca de las hojas y el Dap, sin embargo siguen las diferencias notorias en los árboles con los mayores diámetros, que a pesar de tener Dap parecidos tienen la biomasa seca muy diferente, lo cual nos demuestra que la influencia del sitio es muy alta, algunos árboles están en sitios con mejores condiciones de desarrollo, lo cual facilita el crecimiento de sus hojas.

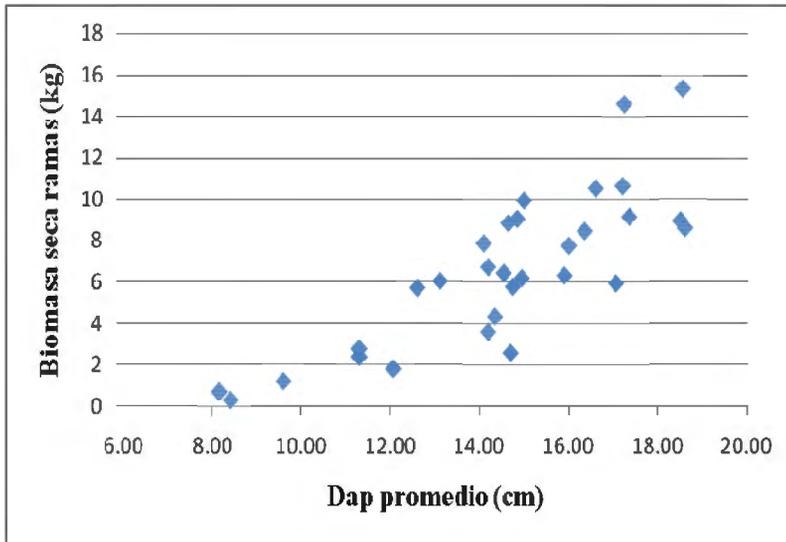


Figura 29 Biomasa seca de ramas(kg) según el Dap(cm)

Para hallar la biomasa seca de fustes fue necesario hallar la biomasa seca de los tercios, estos se hallaron con los datos de biomasa seca de rodajas, volumen de tercio y volumen de rodaja. Los resultados finales se observan en el cuadro 23. En promedio un fuste tiene 61,1208 kg de biomasa seca, con un rango bastante amplio que va desde 11,541 kg (A2) hasta 119,465 kg (A18). La biomasa es menor a mayor altura, ya que a mayor altura el diámetro es menor.

Cuadro 23 Biomasa seca en los tercios del fuste y el total.

ÁRBOL	BS tercio 1 (kg)	BS tercio 2 (kg)	BS tercio 3 (kg)	BS FUSTE (kg)
A1	43.569	30.001	16.074	89.643
A2	6.087	3.519	1.936	11.541
A3	21.126	13.085	10.366	44.577
A4	16.382	10.888	8.511	35.782
A5	28.47	16.427	9.836	54.733
A6	30.184	17.005	8.535	55.725
A7	13.136	7.916	5.554	26.607
A8	36.697	24.395	17.53	78.622
A9	33.249	21.176	11.811	66.236
A10	25.97	16.702	12.263	54.935
A11	58.164	40.82	15.061	114.045
A12	29.006	18.332	9.604	56.942
A13	32.576	21.615	12.443	66.634
A14	31.751	19.334	13.836	64.92
A15	38.363	26.542	18.397	83.302
A16	20.765	12.026	7.173	39.965
A17	32.785	22.076	12.927	67.789
A18	58.938	36.029	24.498	119.465
A19	9.481	5.713	4.227	19.422
A20	32.631	16.676	9.078	58.385
A21	28.667	18.949	7.865	55.481
A22	36.997	23.612	12.711	73.32
A23	21.274	12.342	6.836	40.451
A24	51.715	28.421	21.05	101.187
A25	9.648	4.453	1.71	15.811
A26	38.165	24.682	22.598	85.445
A27	32.113	19.925	15.854	67.892
A28	47.333	27.454	15.3	90.086
A29	22.348	11.844	7.772	41.964
A30	28.577	14.313	9.829	52.718
Promedio	30.539	19.694	11.706	61.1208

Para confirmar lo expuesto en el cuadro 23, en el cuadro 24 se observa el coeficiente de conicidad según la categoría diamétrica, es decir la reducción diamétrica por cada metro de fuste lineal, la cual es mayor a mayor diámetro, lo cual es lo esperado.

Cuadro 24 Coeficiente de conicidad según categoría diamétrica

Categoría Diamétrica	Coefficiente de conicidad
1	0.6805
2	0.7282
3	0.7612
4	0.8997
Promedio	0.7799

En la figura 30 se observa la biomasa seca de acuerdo al Dap del fuste, como se esperaba el aporte de biomasa seca del tercio 1 (tercio de la base) es superior al aporte de los otros tercios, teniendo menos kg de biomasa a mayor altura ya que hay menor volumen a mayor altura

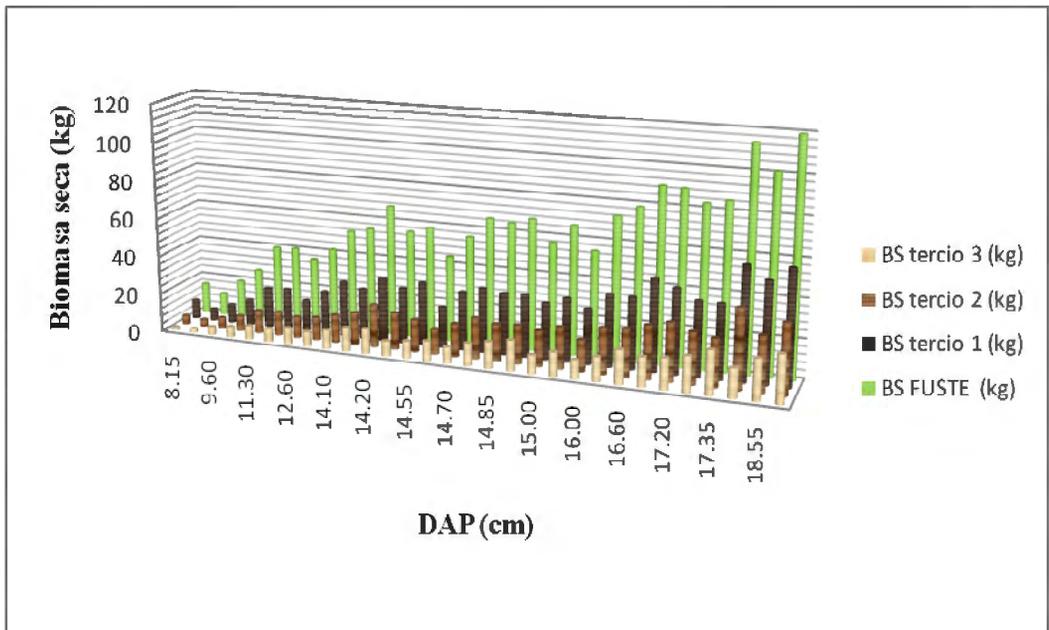


Figura 30 Biomasa seca de los tercios de fuste y del total del fuste según el dap.

En la figura 31 se ve la relación de la biomasa seca del fuste (total) según el Dap, esta relación es alta, se observa que a mayor Dap (cm) se tienen biomasa seca de fuste mayores, en la figura 27 se observó la misma relación entre el Dap promedio y el Volumen, se concluye que hay una alta relación entre el volumen y la biomasa, ya que a mayor volumen mayor biomasa seca de fuste.

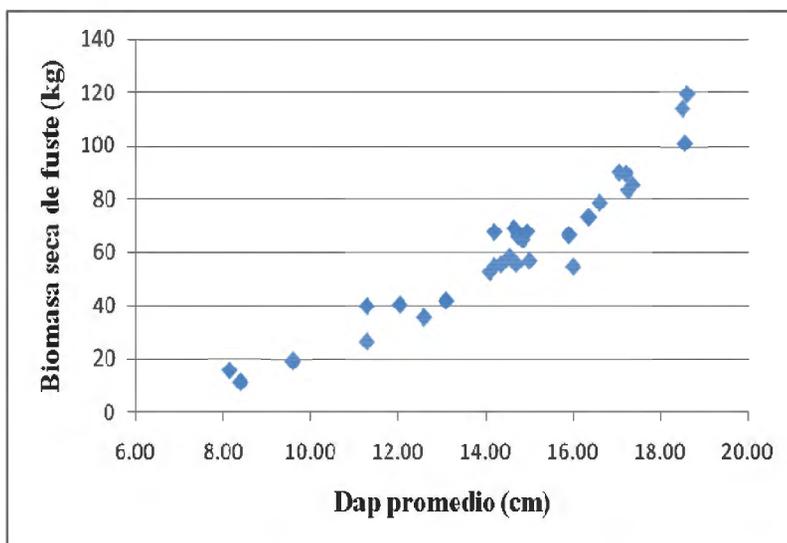


Figura 31 Biomasa seca de fuste según el dap

La biomasa seca de cada uno de los componentes y la total se observan en el cuadro 24 un árbol tiene en promedio 68,484 kg de biomasa seca total.

Cuadro 25 Biomasa seca total y de los componentes del árbol.

ARBOL	BS (Hojas) kg	BS (Ramas) kg	BS FUSTE (kg)	BS TOTAL (kg)
A1	1.978	10.639	89.643	102.26
A2	0.052	0.301	11.541	11.895
A3	0.808	8.854	44.577	54.239
A4	0.412	5.727	35.782	41.921
A5	0.507	7.762	54.733	63.002
A6	0.49	2.613	55.725	58.828
A7	0.448	2.768	26.607	29.823
A8	1.421	10.522	78.622	90.565
A9	0.526	5.793	66.236	72.555

ÁRBOL	BS (Hojas) kg	BS (Ramas) kg	BS FUSTE (kg)	BS TOTAL (kg)
A10	0.873	3.615	54.935	59.423
A11	1.115	8.961	114.045	124.122
A12	1.221	9.942	56.942	68.106
A13	1.327	6.335	66.634	74.296
A14	1.454	9.051	64.92	75.426
A15	1.653	14.595	83.302	99.549
A16	0.123	2.394	39.965	42.482
A17	0.771	6.742	67.789	75.301
A18	0.363	8.621	119.465	128.449
A19	0.113	1.21	19.422	20.744
A20	0.826	6.457	58.385	65.668
A21	0.909	4.353	55.481	60.742
A22	0.987	8.469	73.32	82.777
A23	0.524	1.821	40.451	42.796
A24	1.461	15.372	101.187	118.02
A25	0.182	0.691	15.811	16.684
A26	0.266	9.154	85.445	94.865
A27	0.707	6.211	67.892	74.809
A28	0.211	5.956	90.086	96.253
A29	0.203	6.055	41.964	48.221
A30	0.105	7.878	52.718	60.702
Promedio	0.735	6.629	61.939	68.484

En la figura 32 se observa la biomasa seca de los componentes del árbol según el diámetro del mismo. En la figura 33 se observa la misma relación en porcentaje respecto al total de biomasa, como se observa todos los árboles evaluados tienen un porcentaje mayor al 80% de biomasa seca en su fuste.

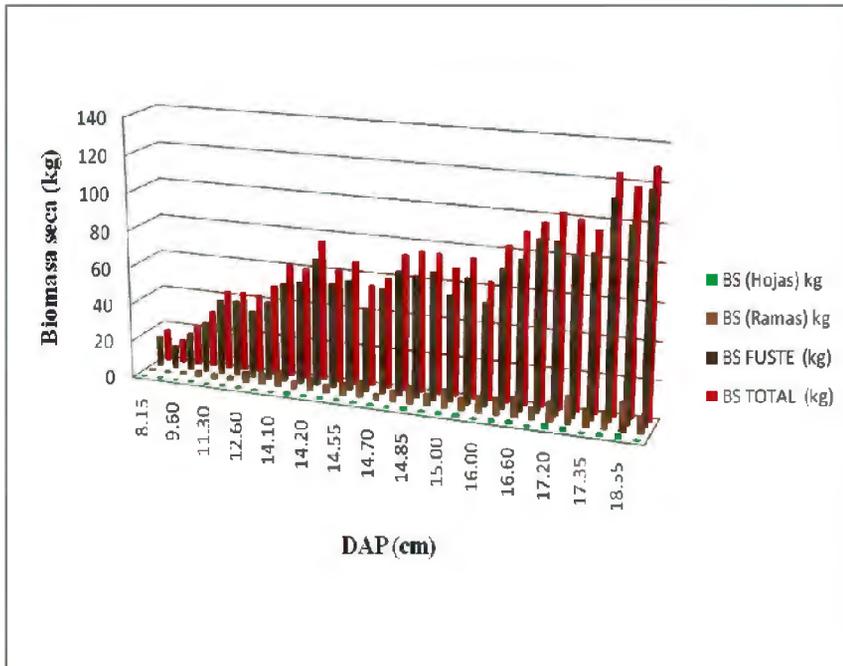


Figura 32 Biomasa seca de los componentes del árbol (kg) según el diámetro

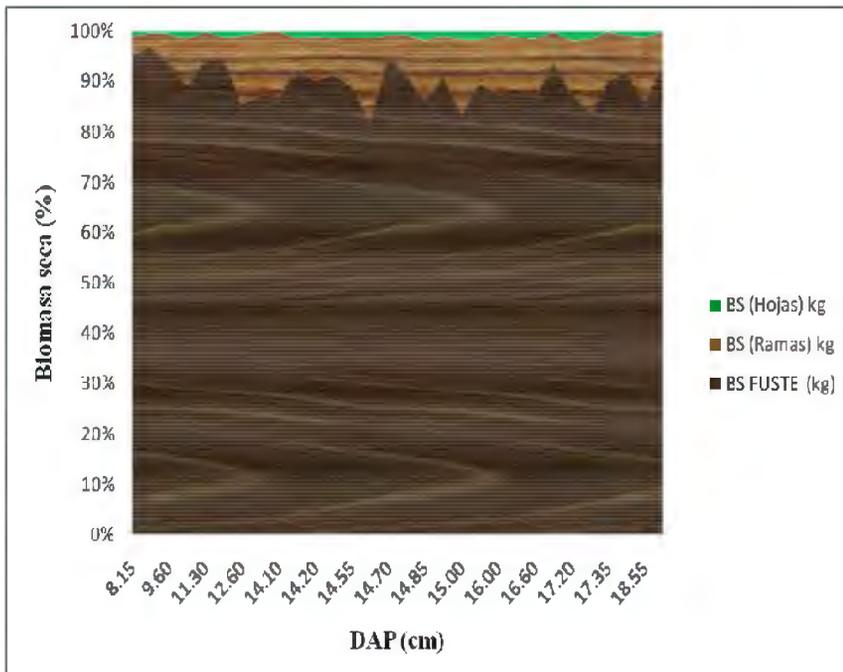


Figura 33 Biomasa seca de los componentes del árbol (%) respecto al total.

4.6 DETERMINACIÓN DE LA FRACCIÓN DE CARBONO

Para determinar la fracción de carbono primero se halló el Poder Calorífico Inferior de las sub muestras y con el dato de Contenido de humedad de las mismas se halló el Poder Calorífico Superior, con los cuales se obtienen las fracciones de carbono de las sub muestras, los resultados se observan en los cuadros 25 y 26.

Cuadro 26 Fracción de carbono de las sub muestras de fustes

Submuestra		Rango de Dap (cm)	Contenido de Humedad de submuestra (%)	PCI (cal/g)	PCS (cal/g)	Fracción de Carbono
Categoría Diamétrica	1	8,15-9,60	17.89	4472.13	4473.43	0.468
Categoría Diamétrica	1	8,15-9,60	17.89	4435.43	4436.74	0.464
Categoría Diamétrica	1	8,15-9,60	20.77	4388.81	4390.38	0.46
Categoría Diamétrica	1	8,15-9,60	16.54	4340.69	4341.88	0.454
Categoría Diamétrica	1	8,15-9,60	20.77	4330.47	4332.04	0.453
Categoría Diamétrica	1	8,15-9,60	16.54	4 83.72	4284.91	0.449
Categoría Diamétrica	2	11,30-13,10	23.6	4478.85	4480.7	0.469
Categoría Diamétrica	2	11,30-13,10	18.78	4433.44	4434.83	0.464
Categoría Diamétrica	2	11,30-13,10	23.6	4422.55	4424.4	0.463
Categoría Diamétrica	2	11,30-13,10	23.98	4380.18	4382.07	0.459
Categoría Diamétrica	2	11,30-13,10	23.98	4379.58	4381.47	0.459
Categoría Diamétrica	2	11,30-13,10	18.78	4379.48	4380.87	0.459
Categoría Diamétrica	3	14,10-16,60	16.7	4489.38	4490.58	0.47
Categoría Diamétrica	3	14,10-16,60	16.7	4426.5	4427.7	0.463
Categoría Diamétrica	3	14,10-16,60	21.1	4398.75	4400.36	0.461
Categoría Diamétrica	3	14,10-16,60	21.1	4349.86	4351.46	0.455
Categoría Diamétrica	3	14,10-16,60	19.55	4330.27	4331.73	0.453
Categoría Diamétrica	3	14,10-16,60	19.55	4307.9	4309.36	0.451
Categoría Diamétrica	4	17,05-18,60	18.16	4492.09	4493.42	0.47
Categoría Diamétrica	4	17,05-18,60	18.16	4481.62	4482.96	0.469
Categoría Diamétrica	4	17,05-18,60	20.02	4473.22	4474.73	0.468
Categoría Diamétrica	4	17,05-18,60	21.92	4434.56	4436.25	0.464
Categoría Diamétrica	4	17,05-18,60	20.02	4412.75	4414.25	0.462
Categoría Diamétrica	4	17,05-18,60	21.92	4407.67	4409.36	0.462

Cuadro 27 Fracción de carbono de las sub muestras de hojas y ramas.

Submuestra	Contenido de Humedad de submuestra (%)	PCI (cal/g)	PCS (cal/g)	Fracción de Carbono
Hojas	9.62	4658.02	4658.66	0.488
Hojas	9.62	4647.61	4648.25	0.487
Hojas	10.8	4708.20	4708.92	0.493
Hojas	10.8	4684.36	4685.08	0.490
Hojas	10.01	4635.45	4636.12	0.485
Hojas	10.01	4612.75	4613.41	0.483
Ramas	18.39	4376.01	4377.37	0.458
Ramas	18.39	4307.87	4309.22	0.451
Ramas	18.25	4434.46	4435.80	0.464
Ramas	18.25	4405.62	4406.96	0.461
Ramas	20.19	4308.88	4310.40	0.451

Para el caso de ramas y hojas se tienen seis resultados del cálculo de fracción de carbono, el dato promedio de los mismos para cada caso es el valor final. La fracción de carbono para hojas es de 0,4876, la fracción de carbono de ramas es de 0,4555. La fracción de carbono en las hojas es mayor a la de las ramas, resultado similar al citado por Ruiz García (2002) para *Guazuma ulmifolia*, en donde la fracción de carbono para hojas es mayor que la fracción de carbono para ramas y fustes.

En el caso de los fustes tenemos valores calculados para las distintas categorías diamétrica, con las cuales se realizaron las ecuaciones de la fracción de carbono señaladas en el cuadro 28.

Para estudios similares a este es mejor obtener los valores caloríficos de la especie, para luego generar la fracción de carbono, ya que como se confirma en este estudio las fracciones de carbono para *Guazuma crinita* son superiores al 0.45, y esa diferencia llevada a hectáreas puede significar una fuerte cantidad de carbono.

Cuadro 28 Ecuaciones de Fracción de carbono

<i>Modelo</i>	<i>b0</i>	<i>b1</i>	<i>b2</i>	<i>CME</i>
$FC_{fuste} = b0 + b1 \times dap^2 \times h_{fuste}$	0,4568	0,0149	--	3.54E-05
$FC_{fuste} = b0 - b1 \times dap + b2 \times dap^2$	0,4673	0,1684	0,8471	3.67E-05

Para estimar la Fracción de carbono del fuste de cada árbol se escogió la ecuación con el menor cuadrado medio del error.

$$FC_{fuste} = 0,4568 + 0,0149 \times dap^2 \times h_{fuste}$$

Donde:

FCfuste: Fracción de carbono de fuste.

Dap² : dap en metros.

H fuste: altura de fuste en metros.

4.7 DETERMINACIÓN DE LA CANTIDAD DE CARBONO

Para la determinación de la biomasa de carbono es necesario trabajar con los resultados de biomasa seca y con la fracción de carbono, los resultados se muestran en el cuadro 29. En promedio un árbol tiene 31,644 kg de carbono. En las hojas tiene en promedio 0,3581 kg de carbono, en las ramas tiene en promedio 3,0197 kg de carbono y en el fuste 28,6427 kg de carbono.

Cuadro 29 Cantidad de carbono en los componentes del árbol y el total

ÁRBOL	Hojas			Ramas			Fuste			CC Total (kg)
	FC	BS (kg)	CC (kg)	FC	BS (kg)	CC (kg)	FC ecuación	BS (kg)	CC (kg)	
A1	0.4876	1.9779	0.9644	0.4555	10.6387	4.8464	0.4638	89.6432	41.5755	47.3863
A2	0.4876	0.0519	0.0253	0.4555	0.3013	0.1373	0.4581	11.5415	5.2869	5.4495
A3	0.4876	0.8077	0.3938	0.4555	8.8538	4.0333	0.4608	44.5774	20.5413	24.9684
A4	0.4876	0.4121	0.2009	0.4555	5.7273	2.6091	0.4597	35.7819	16.4495	19.2595
A5	0.4876	0.5071	0.2473	0.4555	7.7619	3.5359	0.4618	54.7326	25.2747	29.0579
A6	0.4876	0.4905	0.2392	0.4555	2.6130	1.1903	0.4620	55.7245	25.7435	27.1730
A7	0.4876	0.4477	0.2183	0.4555	2.7681	1.2610	0.4591	26.6069	12.2155	13.6949
A8	0.4876	1.4213	0.6930	0.4555	10.5221	4.7933	0.4634	78.6220	36.4329	41.9193
A9	0.4876	0.5264	0.2567	0.4555	5.7931	2.6390	0.4622	66.2357	30.6125	33.5082
A10	0.4876	0.8732	0.4258	0.4555	3.6149	1.6468	0.4616	54.9347	25.3597	27.4322
A11	0.4876	1.1153	0.5438	0.4555	8.9613	4.0823	0.4669	114.0451	53.2495	57.8757
A12	0.4876	1.2213	0.5955	0.4555	9.9423	4.5292	0.4615	56.9424	26.2800	31.4047
A13	0.4876	1.3267	0.6469	0.4555	6.3346	2.8857	0.4636	66.6345	30.8920	34.4246
A14	0.4876	1.4544	0.7091	0.4555	9.0512	4.1233	0.4617	64.9203	29.9708	34.8032
A15	0.4876	1.6526	0.8058	0.4555	14.5952	6.6488	0.4635	83.3015	38.6081	46.0627
A16	0.4876	0.1233	0.0601	0.4555	2.3941	1.0906	0.4597	39.9648	18.3711	19.5219
A17	0.4876	0.7705	0.3757	0.4555	6.7422	3.0714	0.4613	67.7885	31.2731	34.7202
A18	0.4876	0.3634	0.1772	0.4555	8.6205	3.9270	0.4660	119.4649	55.6702	59.7744
A19	0.4876	0.1130	0.0551	0.4555	1.2096	0.5510	0.4586	19.4216	8.9065	9.5127
A20	0.4876	0.8257	0.4026	0.4555	6.4568	2.9414	0.4612	58.3853	26.9298	30.2737
A21	0.4876	0.9086	0.4430	0.4555	4.3525	1.9828	0.4614	55.4807	25.5970	28.0228
A22	0.4876	0.9875	0.4815	0.4555	8.4689	3.8580	0.4623	73.3203	33.8976	38.2371
A23	0.4876	0.5237	0.2554	0.4555	1.8207	0.8294	0.4602	40.4513	18.6150	19.6997
A24	0.4876	1.4608	0.7123	0.4555	15.3724	7.0029	0.4630	101.1865	46.8471	54.5622
A25	0.4876	0.1818	0.0886	0.4555	0.6910	0.3148	0.4579	15.8113	7.2403	7.6437
A26	0.4876	0.2657	0.1295	0.4555	9.1541	4.1701	0.4630	85.4447	39.5621	43.8618
A27	0.4876	0.7069	0.3447	0.4555	6.2109	2.8293	0.4612	67.8917	31.3109	34.4849
A28	0.4876	0.2106	0.1027	0.4555	5.9560	2.7132	0.4629	90.0863	41.6999	44.5158
A29	0.4876	0.2026	0.0988	0.4555	6.0547	2.7582	0.4597	41.9640	19.2916	22.1486
A30	0.4876	0.1052	0.0513	0.4555	7.8781	3.5889	0.4604	52.7184	24.2706	27.9108
Promedio	0.4876	0.7345	0.3581	0.4555	6.6287	3.0197	0.4616	61.9387	28.6427	31.6437

En el cuadro 30 se muestran los resultados de Dap, altura de fuste, volumen total, biomasa seca total y cantidad de carbono total para los 30 árboles evaluados. La cantidad de carbono total es desde 5,4495 kg (A2) hasta 59,7744 kg (A18).

Cuadro 30 Dap, altura de fuste, volumen total, biomasa seca total y cantidad de carbono total para los 30 árboles evaluados.

N	Árbol	DAP PROMEDIO (cm)	ALTURA fuste (m)	Volumen (m3) TOTAL	BS TOTAL (kg)	CC TOTAL (kg)
1	A1	17.2	15.8	0.234	102.26	47.386
2	A2	8.4	11.9	0.035	11.895	5.450
3	A3	14.65	12.4	0.141	54.239	24.968
4	A4	12.6	12.2	0.102	41.921	19.260
5	A5	16	13	0.143	63.002	29.058
6	A6	14.7	16	0.15	58.828	27.173
7	A7	11.3	12	0.081	29.823	13.695
8	A8	16.6	16	0.196	90.565	41.919
9	A9	14.75	16.5	0.176	72.555	33.508
10	A10	14.2	16	0.147	59.423	27.432
11	A11	18.5	19.8	0.3	124.122	57.876
12	A12	15	14	0.16	68.106	31.405
13	A13	15.9	18	0.212	74.296	34.425
14	A14	14.85	14.7	0.178	75.426	34.803
15	A15	17.25	15	0.221	99.549	46.063
16	A16	11.3	15	0.095	42.482	19.522
17	A17	14.2	15	0.168	75.301	34.720
18	A18	18.6	17.8	0.318	128.449	59.774
19	A19	9.6	12.8	0.054	20.744	9.513
20	A20	14.55	14	0.145	65.668	30.274
21	A21	14.35	14.8	0.154	60.742	28.023
22	A22	16.35	13.8	0.189	82.777	38.237
23	A23	12.05	15.5	0.113	42.796	19.700
24	A24	18.55	12	0.237	118.02	54.562
25	A25	8.15	11	0.041	16.684	7.644
26	A26	17.35	13.8	0.211	94.865	43.862
27	A27	14.95	13.1	0.166	74.809	34.485
28	A28	17.05	14	0.215	96.253	44.516
29	A29	13.1	11.3	0.108	48.221	22.149
30	A30	14.1	12	0.132	60.702	27.911

Como se observa en el cuadro 31, el árbol que posee los menores valores en dap, altura total y altura de fuste es el árbol 25 (A25), el árbol 2 (A2) es el que posee los valores más bajos en casi todas las otras variables, excepto la de contenido de humedad de las hojas. El árbol 1 (A1) es el que tiene mayor biomasa fresca y seca de hojas, el de mayor cantidad de carbono en hojas y es el que posee el menor valor de contenido de humedad de las mismas. Para el caso de los valores máximos hay una mayor variabilidad, sin embargo el árbol 18 (A18) es el que posee el mayor dap, mayor volumen, mayor contenido de biomasa seca en el fuste y en el total, así como la mayor cantidad de carbono en el fuste y en el total. Los árboles que poseen los datos máximos en biomasa fresca, son los mismos que poseen los datos máximos en biomasa seca y en cantidad de carbono, (A1 para hojas y A24 para ramas). EL árbol que solo posee un dato máximo es el 29, que tiene el máximo valor en contenido de humedad de hojas.

Cuadro 31 Promedio, máximo, mínimo, desviación estándar y Coeficiente de variabilidad de las variables estudiadas

<i>Variable</i>		<i>Promedio</i>	<i>Máximo</i>		<i>Mínimo</i>		<i>Desviación estándar</i>	<i>Cv (%)</i>
<i>Nombre</i>	<i>Unidad</i>		<i>Dato</i>	<i>Árbol</i>	<i>Dato</i>	<i>Árbol</i>		
Dap	cm	14.54	18.6	18	8.15	25	2.79	19.17
Altura Total	m	18.47	24	8	12.5	25	2.9	15.69
Altura fuste	m	14.31	19.8	11	11	25	2.13	14.85
Biomasa fresca ramas	kg	15.41	34.2	24	0.6	2	8.52	55.31
Biomasa fresca hojas	kg	2.23	4.8	1	0.23	2	1.36	60.96
Volumen total del fuste	m ³	0.16	0.32	18	0.04	2	0.07	42.01
Contenido de Humedad hojas	%	69.38	82.23	29	58.79	1	5.45	7.85
Contenido de Humedad ramas	%	59.04	62.75	17	49.78	2	2.93	4.96
Biomasa seca hojas	kg	0.74	1.98	1	0.05	2	0.53	71.44
Biomasa seca ramas	kg	6.63	15.37	24	0.3	2	3.75	56.62
Biomasa seca fuste	kg	61.12	119.47	18	11.54	2	26.91	44.02
Biomasa seca total	kg	68.48	128.45	18	11.9	2	14.01	20.45
Cantidad de carbono hojas	kg	0.36	0.96	1	0.03	2	0.26	71.5
Cantidad de carbono ramas	kg	3.02	7	24	0.14	2	1.71	56.62
Cantidad de carbono fuste	kg	28.64	55.67	18	5.29	2	12.55	43.83
Cantidad de carbono total	kg	31.64	59.77	18	5.45	2	14.01	44.26

Con los datos de Cantidad de carbono se realizaron las ecuaciones que se muestran en el cuadro 32.

Cuadro 32 Ecuaciones de Cantidad de Carbono propuestas para los diferentes componentes del árbol.

Componente	Modelo	b0	b1	b2	CME	R ²
Árbol	$CC_{\text{árbol}} = b0 + b1 \times Dap^2 \times H_{\text{fuste}}$	2,060	93,236	–	25,192	0,875
Árbol	$CC_{\text{árbol}} = b0 + b1 \times dap + b2 \times dap^2$	8,064	-226,127	2595,54	10,238	0,951
Fuste	$CC_{\text{fuste}} = b0 + b1 \times Dap^2 \times H_{\text{fuste}}$	1,604	84,144	–	17,260	0,893
Fuste	$CC_{\text{fuste}} = b0 + b1 \times dap + b2 \times dap^2$	10,934	-253,338	2,491,808	10,620	0,937
Ramas	$CC_{\text{ramas}} = b0 + b1 \times Dap^2 \times H_{\text{fuste}}$	0,439	8,081	–	1,699	0,439
Ramas	$CC_{\text{ramas}} = b0 + b1 \times dap + b2 \times dap^2$	-2,227	18,377	117,636	1,006	0,680
Hojas	$CC_{\text{hojas}} = b0 + b1 \times Dap^2 \times H_{\text{fuste}}$	0,033	1,011	–	0,0471	0,306
Hojas	$CC_{\text{hojas}} = b0 + b1 \times dap + b2 \times dap^2$	-644	8,838	-12,916	0,0466	0,338

Donde:

CCi: Cantidad de carbono (kg)

Hfuste: Altura de fuste (m)

Dap: Diámetro a la altura de pecho (m)

Las ecuaciones elegidas son las que tienen menor cuadrado medio del error.

Cuadro 33 Ecuaciones elegidas

Componente	Ecuación	CME	R ²
Árbol	$CC_{\text{árbol}} = 8,064 - 226,127 \times dap + 2596,54 \times dap^2$	10,238	0,951
Fuste	$CC_{\text{fuste}} = 10,934 - 253,338 \times dap + 2491,808 \times dap^2$	10,620	0,937
Ramas	$CC_{\text{ramas}} = -2,227 + 18,377 \times dap + 117,636 \times dap^2$	1,006	0,680
Hojas	$CC_{\text{hojas}} = 0,033 + 1,011 \times Dap^2 \times H_{\text{fuste}}$	0,047	0,306

Donde:

CCi: Cantidad de carbono (kg)

Hfuste: Altura de fuste (m)

Dap: Diámetro a la altura de pecho (m)

Estas ecuaciones podrán ser usadas para la estimación de la cantidad de carbono capturado por la plantación de *Guazuma crinita*, para lo cual es necesario contar con el censo, o en su defecto el inventario, de los árboles vivos de la plantación, que cuenten con los datos de altura de fuste (m) y diámetro a la altura de pecho (m).

En las Figuras 34, 35, 36 y 37 podemos observar la cantidad de carbono estimada con las ecuaciones elegidas, según el dap en las hojas, ramas, fuste y árbol respectivamente. Para todos los casos se observa una tendencia marcadamente exponencial.

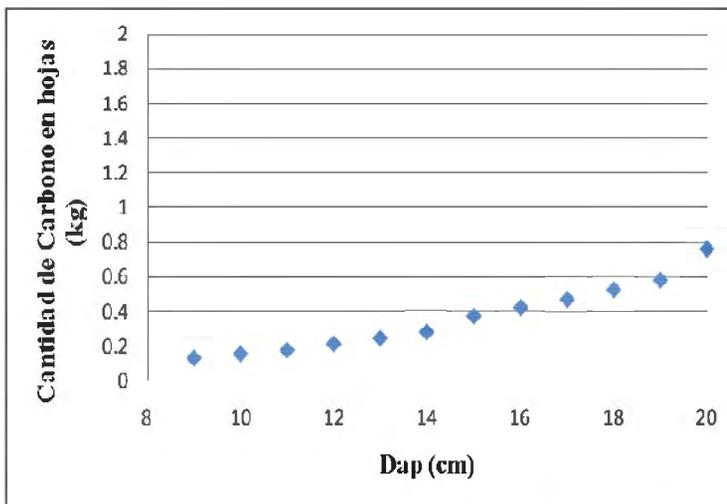


Figura 34 Cantidad de Carbono en hojas (kg) según el Dap.

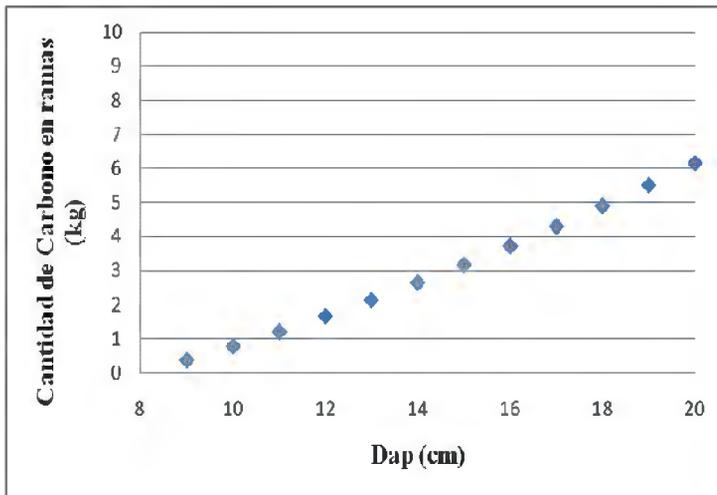


Figura 35 Cantidad de Carbono en ramas (kg) según el Dap.

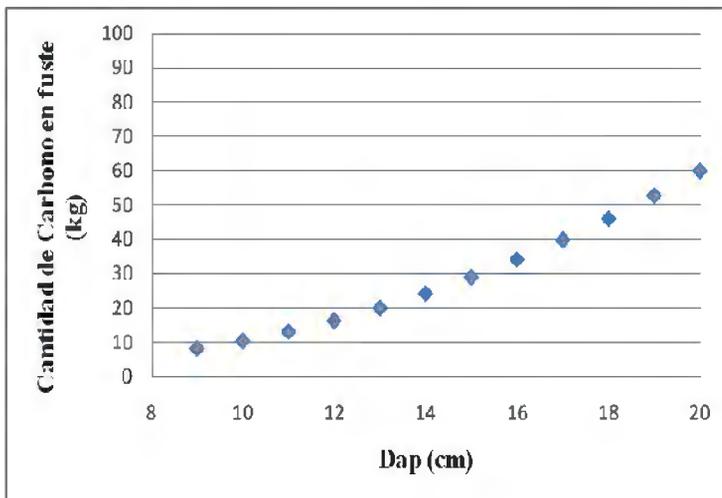


Figura 36 Cantidad de Carbono en fuste (kg) según el Dap.

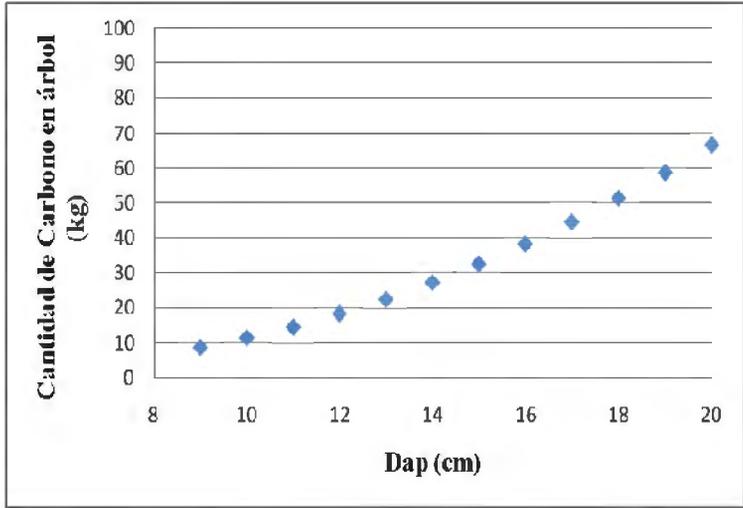


Figura 37 Cantidad de Carbono en el árbol (kg) según el Dap.

5. CONCLUSIONES

- La biomasa aérea seca de un árbol de *Guazuma crinita* en promedio tiene 68,484 kg. Se determinó además que esta variable tiene una relación directa positiva con el Volumen del fuste y con el Dap.

- La fracción de carbono para las hojas de *Guazuma crinita* es de 0,4876, la fracción de carbono de ramas es de 0,4555. La ecuación para hallar la fracción de carbono del fuste es:

$$FC_{fuste} = 0,4568 + 0,0149 \times dap^2 \times h_{fuste}$$

. En donde el dap (metros) y la altura de fuste (metros).

- Las ecuaciones que mejor estiman la Cantidad de Carbono para las hojas, ramas, fuste y árbol son las siguientes:

$$CC_{hojas} = 0,033 + 1,011 \times Dap^2 \times H_{fuste}$$

$$CC_{ramas} = -2,227 + 18,377 \times dap + 117,636 \times dap^2$$

$$CC_{fuste} = 10,934 - 253,338 \times dap + 2491,808 \times dap^2$$

$$CC_{arbol} = 8,064 - 226,127 \times dap + 2596,54 \times dap^2$$

En donde el Dap y la altura de fuste (Hfuste) están en metros.

- La metodología usada se mostro apropiada para determinar la cantidad de carbono de cada componente del árbol.
- La fracción de carbono para las hojas de *Guazuma crinita* es mayor que la fracción de carbono para sus ramas, y esta es mayor a la fracción obtenida al aplicar la fórmula propuesta para fustes. Los tres datos son mayores al 0,45 usado en diversas investigaciones.

6. RECOMENDACIONES

- Es recomendable contar con estudios de valor calorífico, ya que en la fracción de carbono de 0,45 puede subestimar o sobrestimar la cantidad de carbono real.
- Para una mejor evaluación de la plantación se recomienda generar funciones para ver como varía la fracción de carbono cada año, de esa manera los estudios detallados pueden ser más precisos.
- Es importante seleccionar bien los árboles que conformarán la muestra, para esta investigación se contaba con un censo constante, si no se tuviera esta clase de datos es necesario generar la información adecuada para seleccionar una muestra representativa de la plantación a estudiar.
- Se recomienda a ICRAF realizar un nuevo censo en las plantaciones de los agricultores, para poder aplicar las fórmulas propuestas y determinar el stock de carbono de toda la plantación instalada en el año 2001.

BIBLIOGRAFÍA

- Alder, D. 1980. Estimación del volumen forestal y predicción del rendimiento con referencia especial a los trópicos. Predicción del rendimiento. Roma, IT, FAO. (Forestry Paper 22/2).
- Arévalo, L.; Alegre, J. y Palm, C. 2003. Manual de determinación de las reservas de carbono en los diferentes sistemas de uso de tierras en Perú. Lima, PE, ICRAF, CODESU, INIA, INRENA. 24 p.
- Ares. A; Boniche, J; Quesada, J; Yost, R; Molina, E. 2002. Estimación de biomasa por métodos alométricos, nutrientes y carbono en plantaciones de palmito en Costa Rica. Costa Rica. Agronomía costarricense 26(2): 19-30
- Aróstegui, A. 1982. Recopilación y análisis de estudios tecnológicos de maderas peruanas. Proyecto PNUD/FAO/PER/81/002 Fortalecimiento de los programas de desarrollo forestal en la selva Central. Ministerio de Agricultura, Instituto Nacional Forestal y de Fauna, Lima. 57 p. (Documento de trabajo Nro 2.)
- Baldoceda, R.; Pinedo, J.; Castillo, A.; Vidaurre, H. 1991. Silvicultura de la bolaina blanca.. INIA (Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias). Pucallpa, PE. 38 p. (Temas forestales no. 10)
- Blanco, J. 1986. Diagnóstico de la Actividad Forestal del Departamento de Ucayali. Lima, PE. 273 p.
- Brown, S., J. R. Gillespe A. and A. E. Lugo. 1989. Biomass estimation for tropical forest with applications to forest inventory data. Forest Science 35(4): 881-902.
- Capoor, K; Ambrossi, P. 2008. State and Trends of The Carbon Markets 2008. World Bank Institute. Washington Dc. 78p.
- Carazo, A. 2006. Cifras básicas de la relación de Madera-Fijación de Carbono-CO2 atmosférico. ES. 5p.
- Carreras, J; Aladro, A; Martín, L; Rosemberg, A. 2007. Consecuencias del Cambio Climático: El contexto Andaluz. ES. 29p.
- Centeno, J. 1992. EL efecto Invernadero. PLANIUC. 18/19: 75-96.

- Cero Co2, 2008. Los mercados voluntarios de carbono, una herramienta contra el Cambio Climático y por el desarrollo de las comunidades locales. En: Encuentro de Analistas INET 2008: Cambio Climático, Políticas de tratamiento efectivo. Córdoba, AR.
- Chambi, P. 2001. Valoración económica del secuestro de carbono mediante simulación aplicada a la zona boscosa del río Inambari y Madre de Dios. IICFOE, 2001.
- Chidiak, M; Moreyra A; Greco, C; Chudnovsky, 2003. Captura del carbono y desarrollo forestal sustentable en la Patagonia Argentina; sinergias y desafíos. Universidad de San Andrés. Centro de Investigaciones para la Transformación. Buenos Aires, AR. 91p.
- CONAM, IIAP. 1999. Ucayali: Estrategia Regional para la Conservación y Utilización Sostenible de la Diversidad biológica. Punto Focal Regional de Ucayali. Lima, PE. 125 p.
- CONAM; CODESU; UNU; IIAP; CTARU. 1998. Plan Estratégico para la Conservación y Utilización Sostenible de la Diversidad Biológica de la Región Ucayali. Informe elaborado por Ing. Jorge Vela Alvarado. Pucallpa, PE. 146 p.
- Concha, J; Alegre, J. Pocomucha, V. 2007. Determinación de las reservas de Carbono en la biomasa aérea de sistemas agroforestales de *Theobroma cacao* en el departamento de San Martín, Perú. *Ecología Aplicada*, 6: 75-82.
- Cubero, J; Rojas, S.1999 Fijación de carbono en plantaciones de melina (*Gmelina arborea* Roxb.), teca (*Tectona grandis* L.f.) y pochote (*Bombacopsis quinata* Jacq.) en los cantones de Hojancha y Nicoya, Guanacaste, Costa Rica. Tesis (Ingeniero Forestal). Universidad Nacional Heredia. CR. 94p.
- Dávalos, R; Sotelo, E; Martinez, M. 2008. Almacenamiento de Carbono. Instituto Nacional de Ecología. MX. 11 p.
- De la Vega, J. 2007. Captura de Carbono. MX. 6p.
- Echagüe, G. 2006. Cambio climático: Hacia un nuevo modelo energético. Colegio Oficial de Físicos. ES. 116 p.
- Eduarte, E.; Segura, M. 1998. Determinación de carbono utilizando la calorimetría. *Ciencias Ambientales*. (15): 54-55.

- Empresas Públicas de Medellín (EPM). 2008. EL ciclo del carbono.(en línea). Consultado en Noviembre del 2008. Disponible en: http://www2.eppm.com/bibliotecaepm/biblioteca_virtual/ciclo_carbono.htm
- FAO. 2004. Unified Bioenergy Terminology (UBET) 2004. 58 pp.
- FONAM, 2008. ¿Qué es el Mecanismo de Desarrollo Limpio?. (en línea) Consultado en Noviembre 2008 en su pagina web: <http://www.fonamperu.org/general/mdl/que.php>
- Fucaraccio, F; Staffieri, G. 1999. Desarrollo y uso de Ecuaciones de Volumen y tablas de Volumen en la República Argentina. Universidad Nacional de La Plata. AR 29 p.
- Gayoso J, Guerra J, Alarcón D. 2002. Contenido de carbono y funciones de biomasa en especies nativas y exóticas. Medición de la capacidad de captura de carbono en bosques de Chile y promoción en el mercado mundial. Universidad Austral de Chile. Valdivia, CL. 157 p.
- Gobierno Regional de Ucayali (GOREU), IIAP, BIODAMAZ, CONAM. 2005. Estrategia regional de la diversidad biologica de Ucayali. Ucayali, PE. 92p
- Gobierno Regional de Ucayali (GOREU). 2004. Perfil Ambiental de la Región Ucayali. Gerencia Recursos Naturales y Gestión del Medio Ambiente GRNGMA. Pucallpa, PE. GRNGMA. 38 p.
- Gobierno Regional de Ucayali (GOREU).. 2004. Diagnóstico de Recursos Naturales de la Región Ucayali. Pucallpa, PE. GRNGMA. 278 p.
- Gobierno Vasco. 2005. Inventario de Carbono Orgánico en Suelos y Biomasa de la Comunidad Autónoma del País Vasco. ES. (Serie Programa Marco Ambiental N° 48).
- Greenpeace. 2006. Guía básica sobre Cambio Climático y Cooperación para el Desarrollo. (en línea). Consultado en Diciembre del 2008. Disponible en: <http://www.greenpeace.org/raw/content/espana/reports/gu-a-basica-sobre-cambio-clima.pdf>
- Guerra, W. 2002 Elaboración de Tabla de volumen comercial con y sin corteza, realizado en la estación experimental Alexander Von Humboldt, Ucayali,Perú. Tesis (Ingeniero Forestal) Universidad Nacional De Ucayali. PE. 85p.

- Holdrige, L. R. 1982. Ecología Basada en Zonas de Vida. (Traducción del inglés por Humberto Jiménez Saa). San José, CR, IICA.
- ICBE. International Carbon Bank Exchange. 2009. CO2 Volume calculation. (en línea) consultado en noviembre del 2008. Disponible en: <http://www.icbe.com/carbondatabase/CO2volumecalculacion.asp>
- ICRAF. 2008. Inventario continuo de Guazuma crinita . Ucayali, PE
- ICRAF. 2001. Resultados de caracterización de suelos, de ensayo de bolaina-98. 15p.
- IIAP, CONAM. 1999. Diversidad biológica estrategia Perú. Ucayali: Estrategia Regional para la Conservación y utilización sostenible de la Diversidad Biológica. Lima. 125 p.
- INIA-OIMT. 1996. Manual de identificación de especies forestales de la subregión Andina. Instituto Nacional de Investigación Agraria Perú y Organización Internacional de las Maderas Tropicales, Proyecto PD 150/91. Lima PE 489 p.
- INRENA. 1997. Estudio Nacional de la Diversidad Biológica: Diagnóstico Nacional. Dirección General de Áreas Naturales Protegidas y Fauna Silvestre. Volumen I. Lima, Perú. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente- PNUMA. 407 p.
- IPCC. 1994. The Supplementary Report to the IPPCC Scientific Assessment. Cambridge University Press, Cambridge. 205 p.
- IPCC 1995.. The Science of Climate Change. Cambridge University Press. Inglaterra
- IPCC. 2000. Uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura. Informe especial del Grupo de trabajo III. Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. 29 p.
- IPCC. 2007. Climate Change 2007. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. IPCC WG1 AR4 Final Report. 996 p.
- Jaramillo, V.J. 2004. El ciclo global del carbono. En: Martínez, J. & Fernández, A. (Comps.). Cambio Climático: una visión desde México. Instituto Nacional de Ecología, SEMARNAT. México, D.F: 77-85

- Lapeyre, T; Alegre, J; Arévalo, L. 2004. Determinación de las Reservas de Carbono en la biomasa aérea de diferentes sistemas de Uso de la Tierra en San Martín, Perú. *Ecología aplicada*, volumen 3: 35-44
- La Republica. 2003. Atlas Departamental del Perú: Madre de Dios/Ucayali. Tomo 7. Lima. Diario La Republica en coedición con PEISA SAC, Quebecord World PERU SAC. 162 p.
- Marcos Martín F. 2001. Biocombustibles sólidos de origen forestal. AENOR. Madrid. ES. 300p
- Masera O, De Jong B, Ricalde I; Ordoñez, J. 2000. Consolidación de la oficina mexicana para la mitigación de gases de efecto invernadero. Reporte Final. IdeE-UNAM. 168 p.
- Norberto, C. 2002 . El cambio climático: ¿Principio y fin del hombre?. Argentina. Proyecto Forestal de Desarrollo (SAGPyA-BIRF) de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos (SAGPyA).
- Norma técnica peruana (NTP). 2004. NTP 251.130:2004: MADERA. Secado de la madera. Terminología y definiciones. Lima
- ONERN. 1978. Evaluación e Integración de los recursos naturales de la zona Pucallpa-Abujao. Lima, PE. 262 p.
- Pimienta de la Torre, D; Dominguez, G; Aguirre, O; Hernández, F; Jiménez, F. 2007. Estimación de biomasa y contenido de carbono de *Pinus cooperi* Blanco, en Pueblo Nuevo, Durango. *Revista Madera y Bosques* 13(1), 2007:35-46
- Polzot C. 2004. Carbon storage in coffee agroecosystems of southern Costa Rica: Potential applications for the Clean Development Mechanism. Thesis (Master in Environmental Studies), Toronto, Ontario, CA. York University, Faculty of Environmental Studies, 149 p.
- PROMPEX. 2004 Maderas del Perú (en línea). Consultado en noviembre del 2008. Disponible en: http://www.prompex.gob.pe/prompex/documents/maderas_catalogoperumaderas.pdf
- Reynel, C; Pennington, T.D; Pennington, R.T; Flores, C; Daza, A. 2003. Árboles útiles de la Amazonía peruana y sus usos. Darwin Initiative, ICRAF. Lima, PE. 509p.

- Rügnitz, M. T.; Chacón, M. L.; Porro R. 2008. Guia para Determinação de Carbono em Pequenas Propriedades Rurais -- 1. ed. -- Belém, Brasil.: Consórcio Iniciativa Amazônica (IA) e Centro Mundial Agroflorestal (ICRAF).73 p.
- Ruiz García, A. 2002. Fijación y almacenamiento de carbon en sistemas silvopastoriles y competitividad económica en Matiguás, Nicaragua. Tesis (Master) . CATIE. Turrialba, CR. 111 p.
- Sanquetta C., R., L. Watzlawick, F. y. Arce J.E. 2002. Ecuaciones de biomasa aérea y subterránea en plantaciones de Pinus taeda en el sur del Estado de Paraná, Brasil. Patagonia Forestal. Volumen 3: 1-9.
- Segura, M. 1999 Almacenamiento y fijación de carbono en Quercus costaricensis, en un bosque de altura en la Cordillera de Talamanca, Costa Rica Tesis (Ingeniero Forestal). Universidad Nacional. Heredia, CR. 127 p
- Trujillo, R. Introducción al desarrollo de proyectos MDL. Sector Energía Oficina de Desarrollo Limpio
- Schlegel, B. Ganoso, J; Guerra, J. Manual de procedimientos para Inventarios de Carbono en Ecosistemas Forestales. 2001 Valdivia CL
- Universidad Austral de Chile (UACH). 2008. Captura de carbono. (en línea). Consultado en Noviembre del 2008. Disponible en: http://www.capturacarbono.co.cl/fondef_1.htm
- Ugarte, L; Revilla, J; Lopez, E. 2003. Programa de Domesticación de Arboles Agroforestales del World Agroforestry Centre. Pucallpa PE.
- Villachica, H.; Julca, A.; Alván, G.; Canchucaja, J.; Parraga, R. 1993. Evaluación de tres especies forestales de rápido crecimiento para embalaje de frutas. *In* Resumen de investigaciones apoyadas por FUNDEAGRO 1988-1992. Lima, PE. pt 2, p 167-169.
- Vivanco, L. 2002. Gran Enciclopedia de la Región Ucayali: Identidad Regional. Séptima edición Lima, PE. 303 p.
- Witghtman, K.; Cornelius, J.; Ugarte, L. 2006. Plantemos Madera. ICRAF technical manual no 4. PE. 193 p

ANEXO 1

LONGITUDES Y DIÁMETROS DE LAS SECCIONES DE LOS FUSTES EVALUADOS

ARBOL	Sección de Fuste	Tercio	Longitud	Diámetro 1 (cm)	Diámetro 2 (cm)
A1	S1	1	1.30	18.60	17.20
A1	S2	1	1.50	17.20	16.80
A1	S3	1	2.80	16.80	14.00
A1	S4	2	2.80	14.00	12.9
A1	S5	2	2.80	12.90	11.40
A1	S6	3	2.30	11.40	11.30
A1	S7	3	2.30	11.30	9.20
A2	S1	1	1.30	10.40	8.40
A2	S2	1	0.70	8.40	7.00
A2	S3	1	2.00	7.00	6.30
A2	S4	2	2.00	6.30	5.90
A2	S5	2	2.00	5.90	5.20
A2	S6	3	1.95	5.20	3.70
A2	S7	3	1.95	3.70	3.80
A3	S1	1	1.30	18.00	14.65
A3	S2	1	0.70	14.65	14.00
A3	S3	1	2.00	14.00	12.20
A3	S4	2	2.00	12.20	11.60
A3	S5	2	2.00	11.60	10.60
A3	S6	3	2.20	10.60	9.75
A3	S7	3	2.20	9.75	9.00
A4	S1	1	1.30	12.80	12.60
A4	S2	1	0.70	12.60	12.10
A4	S3	1	2.00	12.10	10.20
A4	S4	2	2.00	10.20	10.40
A4	S5	2	2.00	10.40	9.80
A4	S6	3	2.10	9.80	8.50
A4	S7	3	2.10	8.50	8.00
A5	S1	1	1.30	17.40	16.00
A5	S2	1	0.95	16.00	14.10
A5	S3	1	2.25	14.10	12.40
A5	S4	2	2.25	12.40	11.00
A5	S5	2	2.25	11.00	9.60
A5	S6	3	2.00	9.60	8.50

A5	S7	3	2.00	8.50	7.80
A6	S1	1	1.30	17.00	14.70
A6	S2	1	1.45	14.70	13.50
A6	S3	1	2.75	13.50	11.00
A6	S4	2	2.75	11.00	10.35
A6	S5	2	2.75	10.35	9.00
A6	S6	3	2.50	9.00	7.85
A6	S7	3	2.50	7.85	6.20
A7	S1	1	1.30	14.50	11.30
A7	S2	1	0.70	11.30	10.85
A7	S3	1	2.00	10.85	9.40
A7	S4	2	2.00	9.40	8.75
A7	S5	2	2.00	8.75	8.50
A7	S6	3	2.00	8.50	6.80
A7	S7	3	2.00	6.80	6.8
A8	S1	1	1.30	18.00	16.60
A8	S2	1	1.20	16.60	14.50
A8	S3	1	2.50	14.50	13.20
A8	S4	2	2.50	13.20	12.10
A8	S5	2	2.50	12.10	11.80
A8	S6	3	3.00	11.80	9.50
A8	S7	3	3.00	9.50	8.00
A9	S1	1	1.30	18.20	14.75
A9	S2	1	1.45	14.75	13.50
A9	S3	1	2.75	13.50	12.60
A9	S4	2	2.75	12.60	11.00
A9	S5	2	2.75	11.00	10.00
A9	S6	3	2.75	10.00	8.80
A9	S7	3	2.75	8.80	8.20
A10	S1	1	1.30	16.60	14.20
A10	S2	1	1.20	14.20	12.85
A10	S3	1	2.50	12.85	11.60
A10	S4	2	2.50	11.60	10.50
A10	S5	2	2.50	10.50	9.60
A10	S6	3	3.00	9.60	8.30
A10	S7	3	3.00	8.30	6.30
A11	S1	1	1.30	19.20	18.50
A11	S2	1	2.20	18.50	16.60
A11	S3	1	3.50	16.60	14.20
A11	S4	2	3.50	14.20	13.60
A11	S5	2	3.50	13.60	12.10
A11	S6	3	2.90	12.10	9.65
A11	S7	3	2.90	9.65	8.30
A12	S1	1	1.30	16.20	15.00
A12	S2	1	1.20	15.00	13.90

A12	S3	1	2.50	13.90	12.80
A12	S4	2	2.50	12.80	11.50
A12	S5	2	2.50	11.50	10.40
A12	S6	3	2.00	10.40	9.10
A12	S7	3	2.00	9.10	8.60
A13	S1	1	1.30	17.20	16.90
A13	S2	1	1.70	16.90	14.75
A13	S3	1	3.00	14.75	13.20
A13	S4	2	3.00	13.20	11.70
A13	S5	2	3.00	11.70	10.60
A13	S6	3	3.00	10.60	8.95
A13	S7	3	3.00	8.95	6.40
A14	S1	1	1.30	18.00	14.85
A14	S2	1	1.20	14.85	13.90
A14	S3	1	2.50	13.90	14.0
A14	S4	2	2.50	14.00	11.40
A14	S5	2	2.50	11.40	11.20
A14	S6	3	2.35	11.20	9.80
A14	S7	3	2.35	9.80	8.40
A15	S1	1	1.30	17.80	17.75
A15	S2	1	1.20	17.75	15.50
A15	S3	1	2.50	15.50	14.70
A15	S4	2	2.50	14.70	12.75
A15	S5	2	2.50	12.75	12.20
A15	S6	3	2.50	12.20	11.10
A15	S7	3	2.50	11.10	10.60
A16	S1	1	1.30	16.30	11.30
A16	S2	1	1.20	11.30	9.95
A16	S3	1	2.50	9.95	9.20
A16	S4	2	2.50	9.20	8.45
A16	S5	2	2.50	8.45	8.00
A16	S6	3	2.50	8.00	6.75
A16	S7	3	2.50	6.75	5.20
A17	S1	1	1.30	16.10	14.20
A17	S2	1	1.20	14.20	13.05
A17	S3	1	2.50	13.05	13.20
A17	S4	2	2.50	13.20	11.60
A17	S5	2	2.50	11.60	11.10
A17	S6	3	2.50	11.10	9.55
A17	S7	3	2.50	9.55	8.60
A18	S1	1	1.30	22.60	18.60
A18	S2	1	1.70	18.60	17.40
A18	S3	1	3.00	17.40	15.90
A18	S4	2	3.00	15.90	14.60
A18	S5	2	3.00	14.60	13.20

A18	S6	3	2.90	13.20	11.80
A18	S7	3	2.90	11.80	11.00
A19	S1	1	1.30	11.30	9.60
A19	S2	1	0.70	9.60	9.20
A19	S3	1	2.00	9.20	8.20
A19	S4	2	2.00	8.20	5.05
A19	S5	2	2.00	5.05	7.00
A19	S6	3	2.40	7.00	5.90
A19	S7	3	2.40	5.90	4.30
A20	S1	1	1.30	16.20	14.55
A20	S2	1	1.20	14.55	13.15
A20	S3	1	2.50	13.15	12.00
A20	S4	2	2.50	12.00	11.15
A20	S5	2	2.50	11.15	9.90
A20	S6	3	2.00	9.90	8.0
A20	S7	3	2.00	8.05	8.40
A21	S1	1	1.30	16.20	14.35
A21	S2	1	1.20	14.35	14.50
A21	S3	1	2.50	14.50	12.90
A21	S4	2	2.50	12.90	10.95
A21	S5	2	2.50	10.95	9.60
A21	S6	3	2.40	9.60	7.65
A21	S7	3	2.40	7.65	6.80
A22	S1	1	1.30	18.60	16.35
A22	S2	1	1.20	16.35	15.75
A22	S3	1	2.50	15.75	14.20
A22	S4	2	2.50	14.20	12.10
A22	S5	2	2.50	12.10	11.30
A22	S6	3	1.90	11.30	9.05
A22	S7	3	1.90	9.05	9.10
A23	S1	1	1.30	14.70	12.05
A23	S2	1	1.20	12.05	11.30
A23	S3	1	2.50	11.30	10.60
A23	S4	2	2.50	10.60	9.85
A23	S5	2	2.50	9.85	8.60
A23	S6	3	2.75	8.60	6.95
A23	S7	3	2.75	6.95	4.60
A24	S1	1	1.30	25.10	18.55
A24	S2	1	0.70	18.55	17.35
A24	S3	1	2.00	17.35	17.10
A24	S4	2	2.00	17.10	14.90
A24	S5	2	2.00	14.90	13.70
A24	S6	3	2.00	13.70	12.00
A24	S7	3	2.00	12.00	13.00
A25	S1	1	1.30	11.20	8.15

A25	S2	1	0.70	8.15	7.80
A25	S3	1	2.00	7.80	7.40
A25	S4	2	2.00	7.40	6.40
A25	S5	2	2.00	6.40	5.70
A25	S6	3	1.50	5.70	4.30
A25	S7	3	1.50	4.30	4.00
A26	S1	1	1.30	22.80	17.35
A26	S2	1	0.70	17.35	15.85
A26	S3	1	2.00	15.85	14.70
A26	S4	2	2.00	14.70	13.80
A26	S5	2	2.00	13.80	12.70
A26	S6	3	2.90	12.70	11.25
A26	S7	3	2.90	11.25	9.80
A27	S1	1	1.30	18.80	14.95
A27	S2	1	0.70	14.95	14.3
A27	S3	1	2.00	14.35	13.70
A27	S4	2	2.00	13.70	12.75
A27	S5	2	2.00	12.75	11.50
A27	S6	3	2.55	11.50	10.50
A27	S7	3	2.55	10.50	8.80
A28	S1	1	1.30	23.60	17.05
A28	S2	1	1.20	17.05	16.00
A28	S3	1	2.50	16.00	13.40
A28	S4	2	2.50	13.40	12.95
A28	S5	2	2.50	12.95	11.90
A28	S6	3	2.00	11.90	10.95
A28	S7	3	2.00	10.95	10.60
A29	S1	1	1.30	16.00	13.10
A29	S2	1	0.70	13.10	12.20
A29	S3	1	2.00	12.20	11.50
A29	S4	2	2.00	11.50	10.50
A29	S5	2	2.00	10.50	9.50
A29	S6	3	1.65	9.50	8.50
A29	S7	3	1.65	8.50	8.60
A30	S1	1	1.30	20.00	14.10
A30	S2	1	0.70	14.10	13.40
A30	S3	1	2.00	13.40	12.30
A30	S4	2	2.00	12.30	10.95
A30	S5	2	2.00	10.95	10.20
A30	S6	3	2.00	10.20	9.00
A30	S7	3	2.00	9.00	8.10

ANEXO 2

RESULTADOS OBTENIDOS DE LAS MEDICIONES DE RODAJAS

ARBOL	Tipo de Rodaja	Diámetro (cm)	Espesor (cm)	Peso fresco total (g)
A1	F1	16.80	7.10	1050
A1	F2	12.90	6.05	585
A1	F3	11.30	6.05	455
A2	F1	7.00	5.10	140
A2	F2	5.90	5.60	105
A2	F3	3.70	8.00	70
A3	F1	14.00	5.00	525
A3	F2	11.60	4.60	295
A3	F3	9.75	5.70	300
A4	F1	12.10	4.20	370
A4	F2	10.40	4.70	275
A4	F3	8.50	5.00	210
A5	F1	14.10	6.00	675
A5	F2	11.00	5.50	375
A5	F3	8.50	5.20	245
A6	F1	13.50	4.70	525
A6	F2	10.35	5.25	325
A6	F3	7.85	6.20	235
A7	F1	10.85	5.50	350
A7	F2	8.75	6.90	290
A7	F3	6.80	6.10	170
A8	F1	14.50	6.05	760
A8	F2	12.10	5.40	510
A8	F3	9.50	5.20	290
A9	F1	13.50	4.80	495
A9	F2	11.00	5.20	370
A9	F3	8.80	5.65	245
A10	F1	12.85	5.00	460
A10	F2	10.50	6.10	385
A10	F3	8.30	5.60	235
A11	F1	16.60	5.70	945
A11	F2	13.60	5.80	650
A11	F3	9.65	5.95	310
A12	F1	13.90	6.60	740
A12	F2	11.50	5.80	425
A12	F3	9.10	5.90	275
A13	F1	14.75	6.15	760
A13	F2	11.70	6.10	455
A13	F3	8.95	7.00	340
A14	F1	13.90	5.90	645

A14	F2	11.40	4.60	320
A14	F3	9.80	6.70	400
A15	F1	15.50	7.40	950
A15	F2	12.75	7.55	735
A15	F3	11.10	8.30	595
A16	F1	9.95	5.90	350
A16	F2	8.45	6.20	270
A16	F3	6.75	5.15	145
A17	F1	13.05	5.75	645
A17	F2	11.60	5.95	480
A17	F3	9.55	6.35	310
A18	F1	17.40	6.75	1145
A18	F2	14.60	6.60	730
A18	F3	11.80	7.05	535
A19	F1	9.20	5.10	230
A19	F2	5.05	7.45	140
A19	F3	5.90	6.00	105
A20	F1	13.15	7.65	825
A20	F2	11.15	6.20	420
A20	F3	8.05	4.65	180
A21	F1	14.50	6.50	730
A21	F2	10.95	6.25	425
A21	F3	7.65	4.95	175
A22	F1	15.75	6.30	883
A22	F2	12.10	6.55	555
A22	F3	9.05	6.35	320
A23	F1	11.30	5.20	397
A23	F2	9.85	5.95	307
A23	F3	6.95	5.55	155
A24	F1	17.35	4.65	930
A24	F2	14.90	6.05	860
A24	F3	12.00	4.80	472
A25	F1	7.80	5.05	195
A25	F2	6.40	3.45	85
A25	F3	4.30	4.80	62
A26	F1	15.85	4.30	680
A26	F2	13.80	3.75	450
A26	F3	11.25	4.50	345
A27	F1	14.35	6.05	780
A27	F2	12.75	4.60	455
A27	F3	10.50	4.35	290
A28	F1	16.00	4.50	705
A28	F2	12.95	7.35	770
A28	F3	10.95	5.60	420
A29	F1	12.20	5.25	525
A29	F2	10.50	6.05	360
A29	F3	8.50	5.20	215
A30	F1	13.40	4.75	507
A30	F2	10.95	5.20	360

A30	F3	9.00	6.05	305
-----	----	------	------	-----

ANEXO 3

PESO DE LAS PROBETAS DE LAS RODAJAS

Código de Rodaja		Peso fresco de probetas (g)							
		P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
A1	F1	136	136	138	113	147	131	131	117
A1	F2	133	155	147	150				
A1	F3	104	104	142	104				
A2	F1	72	68						
A2	F2	45	60						
A2	F3	34	36						
A3	F1	111	146	116	151				
A3	F2	68	73	77	77				
A3	F3	79	76	71	74				
A4	F1	92	92	102	85				
A4	F2	81	85	57	52				
A4	F3	41	44	71	55				
A5	F1	76	67	81	86	81	79	98	107
A5	F2	99	90	86	101				
A5	F3	63	60	60	63				
A6	F1	113	127	118	167				
A6	F2	70	84	91	80				
A6	F3	54	63	66	52				
A7	F1	85	71	103	92				
A7	F2	60	62	87	80				
A7	F3	87	83	0	0				
A8	F1	189	184	200	187				
A8	F2	125	139	118	128				
A8	F3	77	72	72	70				
A9	F1	70	59	61	77	56	63	54	56
A9	F2	88	93	90	99				
A9	F3	82	50	59	54				
A10	F1	106	115	106	133				
A10	F2	100	89	89	107				
A10	F3	63	56	60	56				

A11	F1	119	128	126	112	107	102	121	130
A11	F2	164	160	182	144				
A11	F3	64	83	76	88				
A12	F1	93	86	98	81	88	114	88	93
A12	F2	117	98	105	105				
A12	F3	63	68	76	68				
A13	F1	95	100	79	100	92	95	100	100
A13	F2	128	104	104	118				
A13	F3	72	79	86	102				
A14	F1	75	88	99	75	64	88	73	82
A14	F2	76	81	68	95				
A14	F3	98	93	105	105				
A15	F1	108	134	136	114	119	101	136	101
A15	F2	89	106	75	97	91	93	95	89
A15	F3	183	125	143	145				
A16	F1	85	93	91	80				
A16	F2	66	70	68	66				
A16	F3	31	48	31	35				
A17	F1	159	150	153	183				
A17	F2	149	102	123	106				
A17	F3	83	83	69	76				
A18	F1	144	154	135	146	150	152	150	114
A18	F2	92	94	86	92	88	94	88	94
A18	F3	83	60	66	79	68	60	58	60
A19	F1	56	56	60	58				
A19	F2	68	72						
A19	F3	51	54						
A20	F1	102	98	115	98	96	109	94	113
A20	F2	45	52	54	54	65	72	34	43
A20	F3	41	43	50	46				
A21	F1	82	88	88	94	84	111	96	86
A21	F2	97	97	106	124				
A21	F3	43	41	43	48				
A22	F1	111	94	120	115	147	94	94	107
A22	F2	123	146	150	136				
A22	F3	84	79	86	71				
A23	F1	91	91	121	94				
A23	F2	71	75	87	75				
A23	F3	31	46	46	31				

A24	F1	114	114	118	114	132	121	116	101
A24	F2	113	120	126	98	98	102	100	102
A24	F3	133	103	127	109				
A25	F1	47	47	47	55				
A25	F2	43	43						
A25	F3	32	30						
A26	F1	70	94	68	90	84	104	92	78
A26	F2	125	109	113	103				
A26	F3	85	93	81	85				
A27	F1	93	89	113	107	83	91	87	117
A27	F2	58	58	56	62	62	49	58	51
A27	F3	37	44	41	37	31	29	29	43
A28	F1	109	103	81	81	64	105	62	99
A28	F2	99	91	89	93	113	95	83	105
A28	F3	134	93	95	97				
A29	F1	126	144	117	138				
A29	F2	95	95	85	85				
A29	F3	57	56	46	56				
A30	F1	118	124	134	130				
A30	F2	93	89	83	95				
A30	F3	69	79	72	90				

ANEXO 4

PESOS DE LAS PROBETAS Y DE LAS RODAJAS DE LAS RAMAS

Rodaja		Diámetro rodaja (cm)	Espesor rodaja (cm)	PESO FRESCO total (g)	Peso de las probetas (g)			
					P1	P2	P3	P4
A1	R1	7.00	4.90	170.050	39	42	39	
A1	R2	4.60	4.90	72.541	31			
A1	R3	3.60	4.40	32.515	18			
A2	R1	2.80	6.00	25.011	14			
A2	R2	2.00	8.50	25.017	8			
A2	R3	1.00	4.00	7.54	4			
A3	R1	7.15	7.60	225.073	59	47	47	
A3	R2	5.80	6.80	135.036	27	31	41	
A3	R3	3.30	7.10	50.028	23			
A4	R1	8.15	4.50	165.040	45	32	48	
A4	R2	6.30	3.90	95.063	42			
A4	R3	2.50	7.00	35.022	13			
A5	R1	7.20	5.60	175.057	40	40	38	
A5	R2	5.75	5.80	130.029	35	40	26	
A5	R3	3.85	5.90	55.031	24			
A6	R1	5.20	8.45	125.037	33	31	24	
A6	R2	3.60	6.50	55.030	25			
A6	R3	3.00	7.15	45.020	25			
A7	R1	5.40	8.30	125.039	28	31	28	
A7	R2	4.30	9.10	95.050	45			
A7	R3	3.20	9.25	45.024	21			
A8	R1	6.40	7.00	185.048	50	53	34	
A8	R2	4.60	7.40	105.045	60			
A8	R3	3.75	8.10	65.033	33			
A9	R1	4.55	8.65	125.029	38	31	27	
A9	R2	5.05	8.55	105.063	53			
A9	R3	3.15	8.20	50.024	26			
A10	R1	6.15	9.50	220.059	57	70	34	
A10	R2	4.70	7.60	100.051	49			
A10	R3	2.30	12.30	40.016	24			
A11	R1	5.90	7.60	175.091	84			
A11	R2	4.35	7.60	105.053	53			
A11	R3	3.20	7.80	65.040	25			
A12	R1	6.70	8.20	235.061	59	57	59	
A12	R2	4.90	8.60	140.076	64			
A12	R3	3.35	9.00	70.030	40			
A13	R1	5.00	8.10	125.038	38	20	28	

A13	R2	4.15	8.30	95.035	60		
A13	R3	3.50	8.50	75.033	42		
A14	R1	7.25	9.10	275.070	73	62	70
A14	R2	4.75	8.15	110.056	54		
A14	R3	3.80	8.20	75.040	35		
A15	R1	8.85	7.75	385.0112	87	91	96
A15	R2	6.50	7.35	190.030	51	48	61
A15	R3	4.75	8.10	130.072	58		
A16	R1	4.95	7.95	115.059	56		
A16	R2	3.70	7.60	70.035	35		
A16	R3	2.85	8.90	45.023	23		
A17	R1	6.60	6.75	210.048	48	60	55
A17	R2	4.25	8.70	120.060	60		
A17	R3	3.60	8.20	90.047	43		
A18	R1	9.20	8.00	410.093	102	93	122
A18	R2	6.05	7.60	175.038	58	35	45
A18	R3	3.05	9.20	60.025	35		
A19	R1	4.90	6.60	90.038	52		
A19	R2	3.20	8.50	47.021	26		
A19	R3	2.70	9.35	44.023	21		
A20	R1	5.80	7.60	155.044	37	37	37
A20	R2	4.35	7.60	100.049	51		
A20	R3	4.20	7.90	75.032	43		
A21	R1	4.90	8.15	125.060	65		
A21	R2	3.10	9.75	60.034	26		
A21	R3	2.40	9.05	35.016	19		
A22	R1	6.60	6.90	180.046	42	44	48
A22	R2	5.60	7.15	140.038	40	33	29
A22	R3	3.50	8.40	75.036	39		
A23	R1	3.60	8.40	76.043	33		
A23	R2	3.10	9.80	38.022	16		
A23	R3	2.90	9.40	35.018	18		
A24	R1	8.30	7.95	345.0104	95	81	65
A24	R2	6.05	9.00	220.063	48	50	59
A24	R3	5.05	8.10	145.037	33	35	40
A25	R1	3.00	7.40	45.023	23		
A25	R2	2.10	7.00	22.08	14		
A25	R3	1.50	8.30	17.010	7		
A26	R1	7.10	5.60	175.056	44	40	36
A26	R2	5.50	5.25	98.056	42		
A26	R3	4.05	7.50	90.056	34		
A27	R1	7.35	3.45	125.037	25	27	37
A27	R2	5.40	4.55	77.038	39		
A27	R3	3.40	5.20	30.011	19		
A28	R1	7.25	4.95	170.044	52	29	44

A28	R2	5.95	4.95	120.0	64	56		
A28	R3	3.80	5.80	97.0	18	24	29	26
A29	R1	7.55	5.65	195.0	48	46	50	50
A29	R2	6.55	5.75	150.0	31	33	33	53
A29	R3	3.20	9.40	75.0	33	42		
A30	R1	7.25	5.80	205.0	49	53	55	49
A30	R2	6.05	5.15	110.0	33	22	22	33
A30	R3	2.95	7.50	52.0	29	23		

ANEXO 5

PESO HÚMEDO DE LAS MUESTRAS DE HOJAS

Árbol	Muestra	Peso húmedo (g)
A1	H1	756
A1	H2	781
A1	H3	581
A2	H1	41
A2	H2	36
A2	H3	41
A3	H1	201
A3	H2	196
A3	H3	191
A4	H1	251
A4	H2	241
A4	H3	163
A5	H1	261
A5	H2	126
A5	H3	296
A6	H1	158
A6	H2	258
A6	H3	183
A7	H1	171
A7	H2	131
A7	H3	246
A8	H1	351
A8	H2	521
A8	H3	201
A9	H1	196
A9	H2	281
A9	H3	216
A10	H1	461
A10	H2	476
A10	H3	301
A11	H1	346
A11	H2	381
A11	H3	311

A12	H1	281
A12	H2	326
A12	H3	296
A13	H1	301
A13	H2	316
A13	H3	246
A14	H1	446
A14	H2	366
A14	H3	526
A15	H1	396
A15	H2	426
A15	H3	381
A16	H1	91
A16	H2	126
A16	H3	61
A17	H1	166
A17	H2	261
A17	H3	166
A18	H1	161
A18	H2	156
A18	H3	141
A19	H1	96
A19	H2	121
A19	H3	106
A20	H1	296
A20	H2	346
A20	H3	276
A21	H1	101.5
A21	H2	89.5
A21	H3	113.5
A22	H1	113.5
A22	H2	111.5
A22	H3	148.5
A23	H1	71.5
A23	H2	126.5
A23	H3	143.5
A24	H1	161.5
A24	H2	141.5
A24	H3	146.5
A25	H1	117.5

A25	H2	116.5
A25	H3	53.5
A26	H1	191
A26	H2	111
A26	H3	183
A27	H1	281
A27	H2	326
A27	H3	291
A28	H1	201
A28	H2	196
A28	H3	246
A29	H1	341
A29	H2	316
A29	H3	221
A30	H1	171
A30	H2	176
A30	H3	108

ANEXO 6

VOLÚMENES DE LAS SECCIONES DE LOS FUSTES

ARBOL	Sección de Fuste	Tercio	Longitud	Diámetro 1 (cm)	Diámetro 2 (cm)	Volumen (m3)
A1	S1	1	1.30	18.60	17.20	0.0328
A1	S2	1	1.50	17.20	16.80	0.0341
A1	S3	1	2.80	16.80	14.00	0.0526
A1	S4	2	2.80	14.00	12.90	0.0398
A1	S5	2	2.80	12.90	11.40	0.0326
A1	S6	3	2.30	11.40	11.30	0.0233
A1	S7	3	2.30	11.30	9.20	0.0192
A2	S1	1	1.30	10.40	8.40	0.0091
A2	S2	1	0.70	8.40	7.00	0.0033
A2	S3	1	2.00	7.00	6.30	0.0070
A2	S4	2	2.00	6.30	5.90	0.0059
A2	S5	2	2.00	5.90	5.20	0.0049
A2	S6	3	1.95	5.20	3.70	0.0031
A2	S7	3	1.95	3.70	3.80	0.0022
A3	S1	1	1.30	18.00	14.65	0.0275
A3	S2	1	0.70	14.65	14.00	0.0113
A3	S3	1	2.00	14.00	12.20	0.0271
A3	S4	2	2.00	12.20	11.60	0.0223
A3	S5	2	2.00	11.60	10.60	0.0194
A3	S6	3	2.20	10.60	9.75	0.0179
A3	S7	3	2.20	9.75	9.00	0.0152
A4	S1	1	1.30	12.80	12.60	0.0165
A4	S2	1	0.70	12.60	12.10	0.0084
A4	S3	1	2.00	12.10	10.20	0.0197
A4	S4	2	2.00	10.20	10.40	0.0167
A4	S5	2	2.00	10.40	9.80	0.0160
A4	S6	3	2.10	9.80	8.50	0.0139
A4	S7	3	2.10	8.50	8.00	0.0112
A5	S1	1	1.30	17.40	16.00	0.0285
A5	S2	1	0.95	16.00	14.10	0.0170
A5	S3	1	2.25	14.10	12.40	0.0312
A5	S4	2	2.25	12.40	11.00	0.0243
A5	S5	2	2.25	11.00	9.60	0.0188
A5	S6	3	2.00	9.60	8.50	0.0129
A5	S7	3	2.00	8.50	7.80	0.0105
A6	S1	1	1.30	17.00	14.70	0.0258
A6	S2	1	1.45	14.70	13.50	0.0227
A6	S3	1	2.75	13.50	11.00	0.0327

A6	S4	2	2.75	11.00	10.35	0.0246
A6	S5	2	2.75	10.35	9.00	0.0203
A6	S6	3	2.50	9.00	7.85	0.0140
A6	S7	3	2.50	7.85	6.20	0.0098
A7	S1	1	1.30	14.50	11.30	0.0173
A7	S2	1	0.70	11.30	10.85	0.0067
A7	S3	1	2.00	10.85	9.40	0.0162
A7	S4	2	2.00	9.40	8.75	0.0130
A7	S5	2	2.00	8.75	8.50	0.0117
A7	S6	3	2.00	8.50	6.80	0.0093
A7	S7	3	2.00	6.80	6.80	0.0073
A8	S1	1	1.30	18.00	16.60	0.0306
A8	S2	1	1.20	16.60	14.50	0.0229
A8	S3	1	2.50	14.50	13.20	0.0377
A8	S4	2	2.50	13.20	12.10	0.0315
A8	S5	2	2.50	12.10	11.80	0.0280
A8	S6	3	3.00	11.80	9.50	0.0270
A8	S7	3	3.00	9.50	8.00	0.0182
A9	S1	1	1.30	18.20	14.75	0.0280
A9	S2	1	1.45	14.75	13.50	0.0228
A9	S3	1	2.75	13.50	12.60	0.0368
A9	S4	2	2.75	12.60	11.00	0.0302
A9	S5	2	2.75	11.00	10.00	0.0239
A9	S6	3	2.75	10.00	8.80	0.0192
A9	S7	3	2.75	8.80	8.20	0.0156
A10	S1	1	1.30	16.60	14.20	0.0244
A10	S2	1	1.20	14.20	12.85	0.0173
A10	S3	1	2.50	12.85	11.60	0.0294
A10	S4	2	2.50	11.60	10.50	0.0240
A10	S5	2	2.50	10.50	9.60	0.0199
A10	S6	3	3.00	9.60	8.30	0.0190
A10	S7	3	3.00	8.30	6.30	0.0128
A11	S1	1	1.30	19.20	18.50	0.0363
A11	S2	1	2.20	18.50	16.60	0.0534
A11	S3	1	3.50	16.60	14.20	0.0656
A11	S4	2	3.50	14.20	13.60	0.0531
A11	S5	2	3.50	13.60	12.10	0.0455
A11	S6	3	2.90	12.10	9.65	0.0273
A11	S7	3	2.90	9.65	8.30	0.0185
A12	S1	1	1.30	16.20	15.00	0.0249
A12	S2	1	1.20	15.00	13.90	0.0197
A12	S3	1	2.50	13.90	12.80	0.0351
A12	S4	2	2.50	12.80	11.50	0.0291
A12	S5	2	2.50	11.50	10.40	0.0236
A12	S6	3	2.00	10.40	9.10	0.0150

A12	S7	3	2.00	9.10	8.60	0.0123
A13	S1	1	1.30	17.20	16.90	0.0297
A13	S2	1	1.70	16.90	14.75	0.0336
A13	S3	1	3.00	14.75	13.20	0.0462
A13	S4	2	3.00	13.20	11.70	0.0367
A13	S5	2	3.00	11.70	10.60	0.0294
A13	S6	3	3.00	10.60	8.95	0.0227
A13	S7	3	3.00	8.95	6.40	0.0143
A14	S1	1	1.30	18.00	14.85	0.0278
A14	S2	1	1.20	14.85	13.90	0.0195
A14	S3	1	2.50	13.90	14.00	0.0382
A14	S4	2	2.50	14.00	11.40	0.0320
A14	S5	2	2.50	11.40	11.20	0.0251
A14	S6	3	2.35	11.20	9.80	0.0204
A14	S7	3	2.35	9.80	8.40	0.0154
A15	S1	1	1.30	17.80	17.75	0.0323
A15	S2	1	1.20	17.75	15.50	0.0262
A15	S3	1	2.50	15.50	14.70	0.0448
A15	S4	2	2.50	14.70	12.75	0.0372
A15	S5	2	2.50	12.75	12.20	0.0306
A15	S6	3	2.50	12.20	11.10	0.0267
A15	S7	3	2.50	11.10	10.60	0.0231
A16	S1	1	1.30	16.30	11.30	0.0201
A16	S2	1	1.20	11.30	9.95	0.0107
A16	S3	1	2.50	9.95	9.20	0.0180
A16	S4	2	2.50	9.20	8.45	0.0153
A16	S5	2	2.50	8.45	8.00	0.0133
A16	S6	3	2.50	8.00	6.75	0.0108
A16	S7	3	2.50	6.75	5.20	0.0071
A17	S1	1	1.30	16.10	14.20	0.0235
A17	S2	1	1.20	14.20	13.05	0.0175
A17	S3	1	2.50	13.05	13.20	0.0338
A17	S4	2	2.50	13.20	11.60	0.0303
A17	S5	2	2.50	11.60	11.10	0.0253
A17	S6	3	2.50	11.10	9.55	0.0210
A17	S7	3	2.50	9.55	8.60	0.0162
A18	S1	1	1.30	22.60	18.60	0.0437
A18	S2	1	1.70	18.60	17.40	0.0433
A18	S3	1	3.00	17.40	15.90	0.0655
A18	S4	2	3.00	15.90	14.60	0.0549
A18	S5	2	3.00	14.60	13.20	0.0456
A18	S6	3	2.90	13.20	11.80	0.0357
A18	S7	3	2.90	11.80	11.00	0.0296
A19	S1	1	1.30	11.30	9.60	0.0112
A19	S2	1	0.70	9.60	9.20	0.0049

A19	S3	1	2.00	9.20	8.20	0.0119
A19	S4	2	2.00	8.20	5.05	0.0073
A19	S5	2	2.00	5.05	7.00	0.0059
A19	S6	3	2.40	7.00	5.90	0.0079
A19	S7	3	2.40	5.90	4.30	0.0050
A20	S1	1	1.30	16.20	14.55	0.0242
A20	S2	1	1.20	14.55	13.15	0.0181
A20	S3	1	2.50	13.15	12.00	0.0311
A20	S4	2	2.50	12.00	11.15	0.0263
A20	S5	2	2.50	11.15	9.90	0.0218
A20	S6	3	2.00	9.90	8.05	0.0128
A20	S7	3	2.00	8.05	8.40	0.0106
A21	S1	1	1.30	16.20	14.35	0.0239
A21	S2	1	1.20	14.35	14.50	0.0196
A21	S3	1	2.50	14.50	12.00	0.0370
A21	S4	2	2.50	12.90	10.95	0.0281
A21	S5	2	2.50	10.95	9.60	0.0208
A21	S6	3	2.40	9.60	7.65	0.0142
A21	S7	3	2.40	7.65	6.80	0.0099
A22	S1	1	1.30	18.60	16.35	0.0313
A22	S2	1	1.20	16.35	15.75	0.0243
A22	S3	1	2.50	15.75	14.20	0.0441
A22	S4	2	2.50	14.20	12.10	0.0342
A22	S5	2	2.50	12.10	11.30	0.0269
A22	S6	3	1.90	11.30	9.05	0.0156
A22	S7	3	1.90	9.05	9.10	0.0123
A23	S1	1	1.30	14.70	12.05	0.0184
A23	S2	1	1.20	12.05	11.30	0.0129
A23	S3	1	2.50	11.30	10.60	0.0236
A23	S4	2	2.50	10.60	9.85	0.0206
A23	S5	2	2.50	9.85	8.60	0.0168
A23	S6	3	2.75	8.60	6.95	0.0132
A23	S7	3	2.75	6.95	4.60	0.0075
A24	S1	1	1.30	25.10	18.55	0.0497
A24	S2	1	0.70	18.55	17.35	0.0177
A24	S3	1	2.00	17.35	17.10	0.0466
A24	S4	2	2.00	17.10	14.90	0.0404
A24	S5	2	2.00	14.90	13.70	0.0322
A24	S6	3	2.00	13.70	12.00	0.0261
A24	S7	3	2.00	12.00	13.00	0.0246
A25	S1	1	1.30	11.20	8.15	0.0098
A25	S2	1	0.70	8.15	7.80	0.0035
A25	S3	1	2.00	7.80	7.40	0.0091
A25	S4	2	2.00	7.40	6.40	0.0075
A25	S5	2	2.00	6.40	5.70	0.0058

A25	S6	3	1.50	5.70	4.30	0.0030
A25	S7	3	1.50	4.30	4.00	0.0020
A26	S1	1	1.30	22.80	17.35	0.0419
A26	S2	1	0.70	17.35	15.85	0.0152
A26	S3	1	2.00	15.85	14.70	0.0367
A26	S4	2	2.00	14.70	13.80	0.0319
A26	S5	2	2.00	13.80	12.70	0.0276
A26	S6	3	2.90	12.70	11.25	0.0328
A26	S7	3	2.90	11.25	9.80	0.0254
A27	S1	1	1.30	18.80	14.95	0.0295
A27	S2	1	0.70	14.95	14.35	0.0118
A27	S3	1	2.00	14.35	13.70	0.0309
A27	S4	2	2.00	13.70	12.75	0.0275
A27	S5	2	2.00	12.75	11.50	0.0232
A27	S6	3	2.55	11.50	10.00	0.0243
A27	S7	3	2.55	10.50	8.80	0.0188
A28	S1	1	1.30	23.60	17.05	0.0433
A28	S2	1	1.20	17.05	16.00	0.0258
A28	S3	1	2.50	16.00	13.40	0.0428
A28	S4	2	2.50	13.40	12.95	0.0341
A28	S5	2	2.50	12.95	11.90	0.0304
A28	S6	3	2.00	11.90	10.95	0.0205
A28	S7	3	2.00	10.95	10.60	0.0182
A29	S1	1	1.30	16.00	13.10	0.0218
A29	S2	1	0.70	13.10	12.20	0.0088
A29	S3	1	2.00	12.20	11.50	0.0221
A29	S4	2	2.00	11.50	10.50	0.0190
A29	S5	2	2.00	10.50	9.50	0.0157
A29	S6	3	1.65	9.50	8.50	0.0105
A29	S7	3	1.65	8.50	8.60	0.0095
A30	S1	1	1.30	20.00	14.10	0.0306
A30	S2	1	0.70	14.10	13.40	0.0104
A30	S3	1	2.00	13.40	12.30	0.0260
A30	S4	2	2.00	12.30	10.95	0.0213
A30	S5	2	2.00	10.95	10.20	0.0176
A30	S6	3	2.00	10.20	9.00	0.0145
A30	S7	3	2.00	9.00	8.10	0.0115

ANEXO 7

VOLUMEN DE RODAJAS DE FUSTE

ARBOL	Tipo de Rodaja	Diámetro (cm)	Espesor (cm)	Volumen rodaja (m3)
A1	F1	16.8	7.1	0.0016
A1	F2	12.9	6.05	0.0008
A1	F3	11.3	6.05	0.0006
A2	F1	7	5.1	0.0002
A2	F2	5.9	5.6	0.0002
A2	F3	3.7	8	0.0001
A3	F1	14	5	0.0008
A3	F2	11.6	4.6	0.0005
A3	F3	9.75	5.7	0.0004
A4	F1	12.1	4.2	0.0005
A4	F2	10.4	4.7	0.0004
A4	F3	8.5	5	0.0003
A5	F1	14.1	6	0.0009
A5	F2	11	5.5	0.0005
A5	F3	8.5	5.2	0.0003
A6	F1	13.5	4.7	0.0007
A6	F2	10.35	5.25	0.0004
A6	F3	7.85	6.2	0.0003
A7	F1	10.85	5.5	0.0005
A7	F2	8.75	6.9	0.0004
A7	F3	6.8	6.1	0.0002
A8	F1	14.5	6.05	0.0010
A8	F2	12.1	5.4	0.0006
A8	F3	9.5	5.2	0.0004
A9	F1	13.5	4.8	0.0007
A9	F2	11	5.2	0.0005
A9	F3	8.8	5.65	0.0003
A10	F1	12.85	5	0.0006
A10	F2	10.5	6.1	0.0005
A10	F3	8.3	5.6	0.0003
A11	F1	16.6	5.7	0.0012
A11	F2	13.6	5.8	0.0008
A11	F3	9.65	5.95	0.0004
A12	F1	13.9	6.6	0.0010
A12	F2	11.5	5.8	0.0006
A12	F3	9.1	5.9	0.0004
A13	F1	14.75	6.15	0.0011

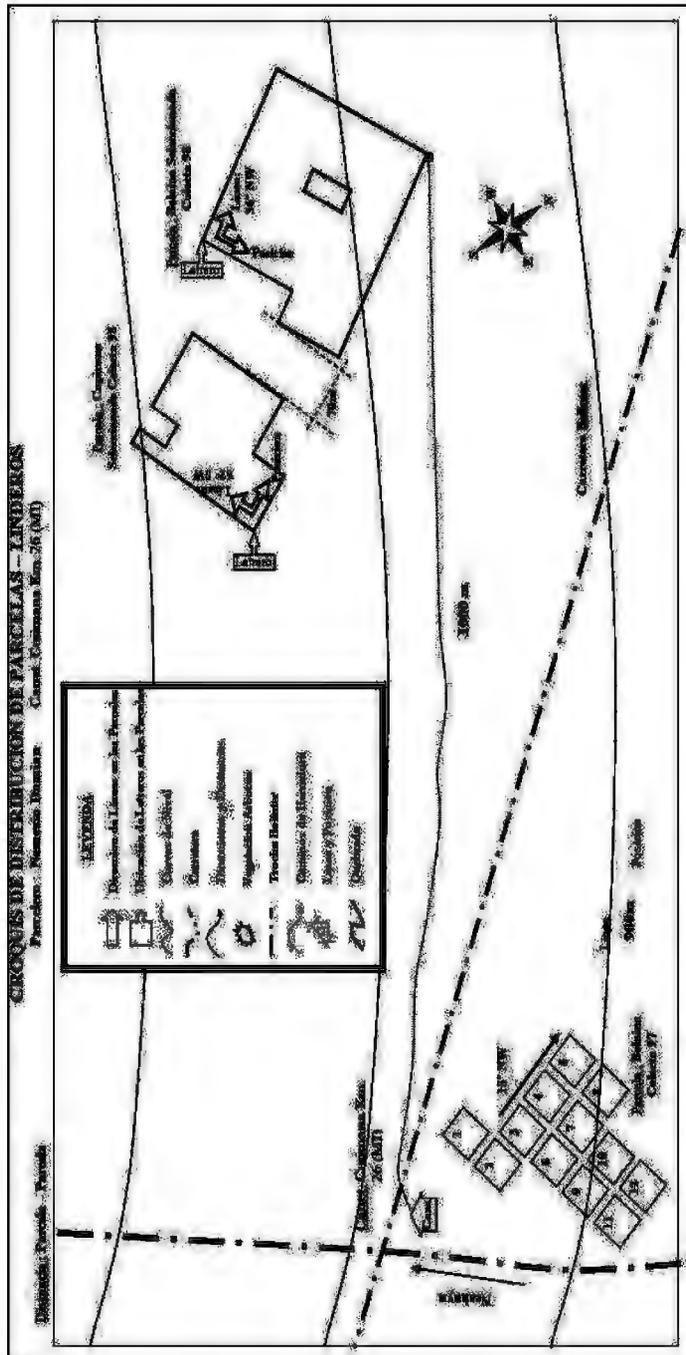
A13	F2	11.7	6.1	0.0007
A13	F3	8.95	7	0.0004
A14	F1	13.9	5.9	0.0009
A14	F2	11.4	4.6	0.0005
A14	F3	9.8	6.7	0.0005
A15	F1	15.5	7.4	0.0014
A15	F2	12.75	7.55	0.0010
A15	F3	11.1	8.3	0.0008
A16	F1	9.95	5.9	0.0005
A16	F2	8.45	6.2	0.0003
A16	F3	6.75	5.15	0.0002
A17	F1	13.05	5.75	0.0008
A17	F2	11.6	5.95	0.0006
A17	F3	9.55	6.35	0.0005
A18	F1	17.4	6.75	0.0016
A18	F2	14.6	6.6	0.0011
A18	F3	11.8	7.05	0.0008
A19	F1	9.2	5.1	0.0003
A19	F2	5.05	7.45	0.0001
A19	F3	5.9	6	0.0002
A20	F1	13.15	7.65	0.0010
A20	F2	11.15	6.2	0.0006
A20	F3	8.05	4.65	0.0002
A21	F1	14.5	6.5	0.0011
A21	F2	10.95	6.25	0.0006
A21	F3	7.65	4.95	0.0002
A22	F1	15.75	6.3	0.0012
A22	F2	12.1	6.55	0.0008
A22	F3	9.05	6.35	0.0004
A23	F1	11.3	5.2	0.0005
A23	F2	9.85	5.95	0.0005
A23	F3	6.95	5.55	0.0002
A24	F1	17.35	4.65	0.0011
A24	F2	14.9	6.05	0.0011
A24	F3	12	4.8	0.0005
A25	F1	7.8	5.05	0.0002
A25	F2	6.4	3.45	0.0001
A25	F3	4.3	4.8	0.0001
A26	F1	15.85	4.3	0.0008
A26	F2	13.8	3.75	0.0006
A26	F3	11.25	4.5	0.0004
A27	F1	14.35	6.05	0.0010
A27	F2	12.75	4.6	0.0006
A27	F3	10.5	4.35	0.0004
A28	F1	16	4.5	0.0009

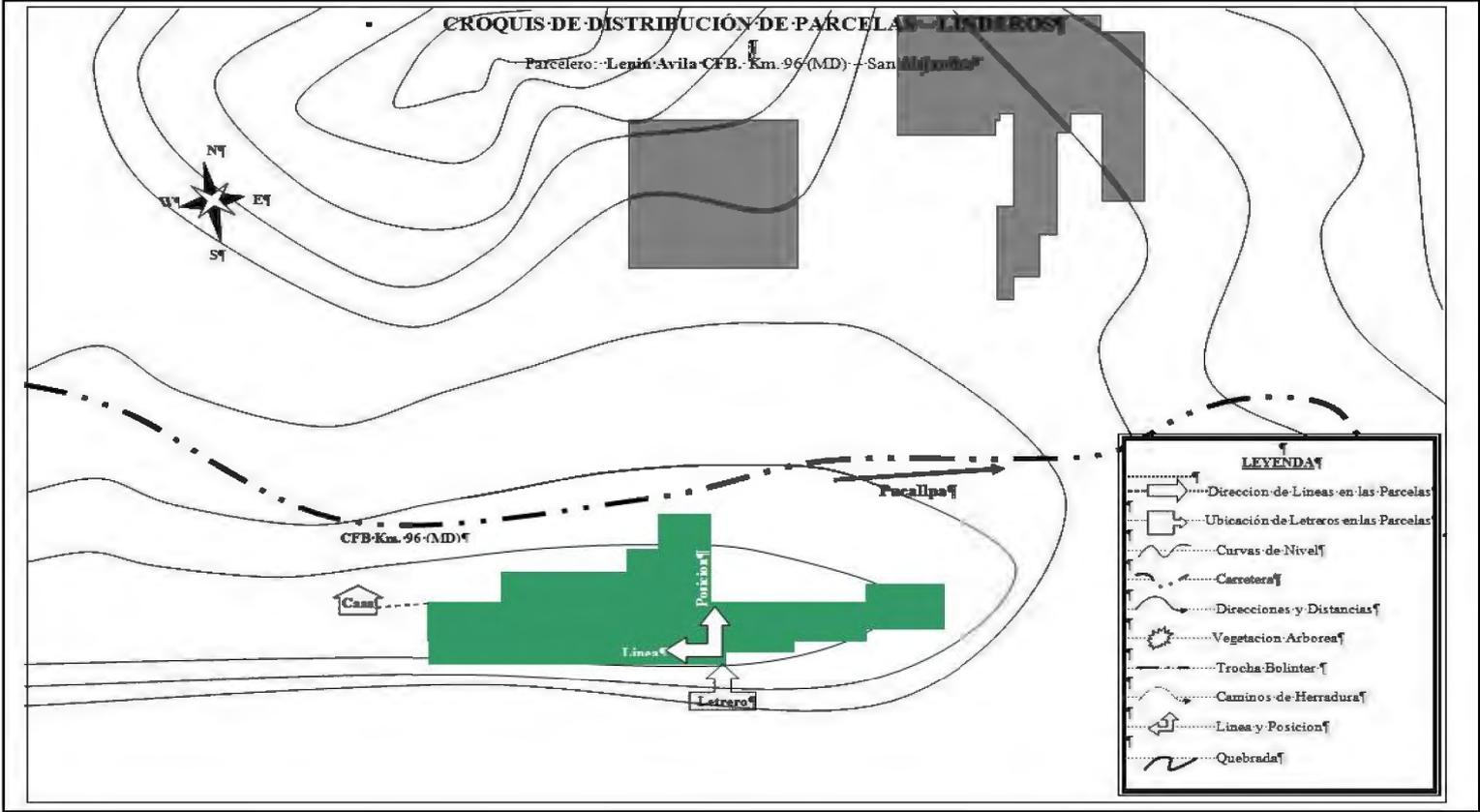
A28	F2	12.95	7.35	0.0010
A28	F3	10.95	5.6	0.0005
A29	F1	12.2	5.25	0.0006
A29	F2	10.5	6.05	0.0005
A29	F3	8.5	5.2	0.0003
A30	F1	13.4	4.75	0.0007
A30	F2	10.95	5.2	0.0005
A30	F3	9	6.05	0.0004

ANEXO 8

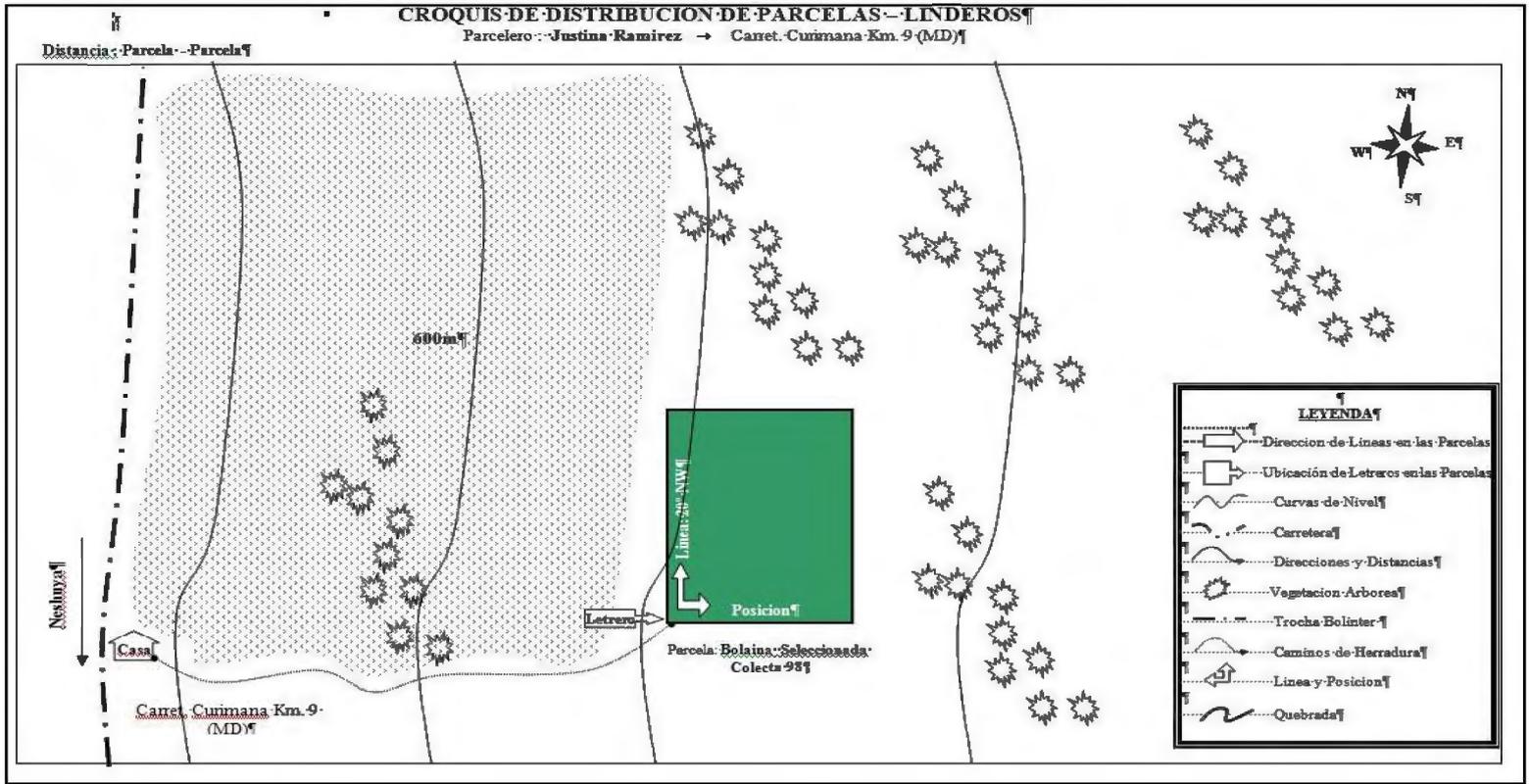
CROQUIS DE DISRIBUCIÓN DE LAS PARCELAS

- Parcela de Demesio Damian

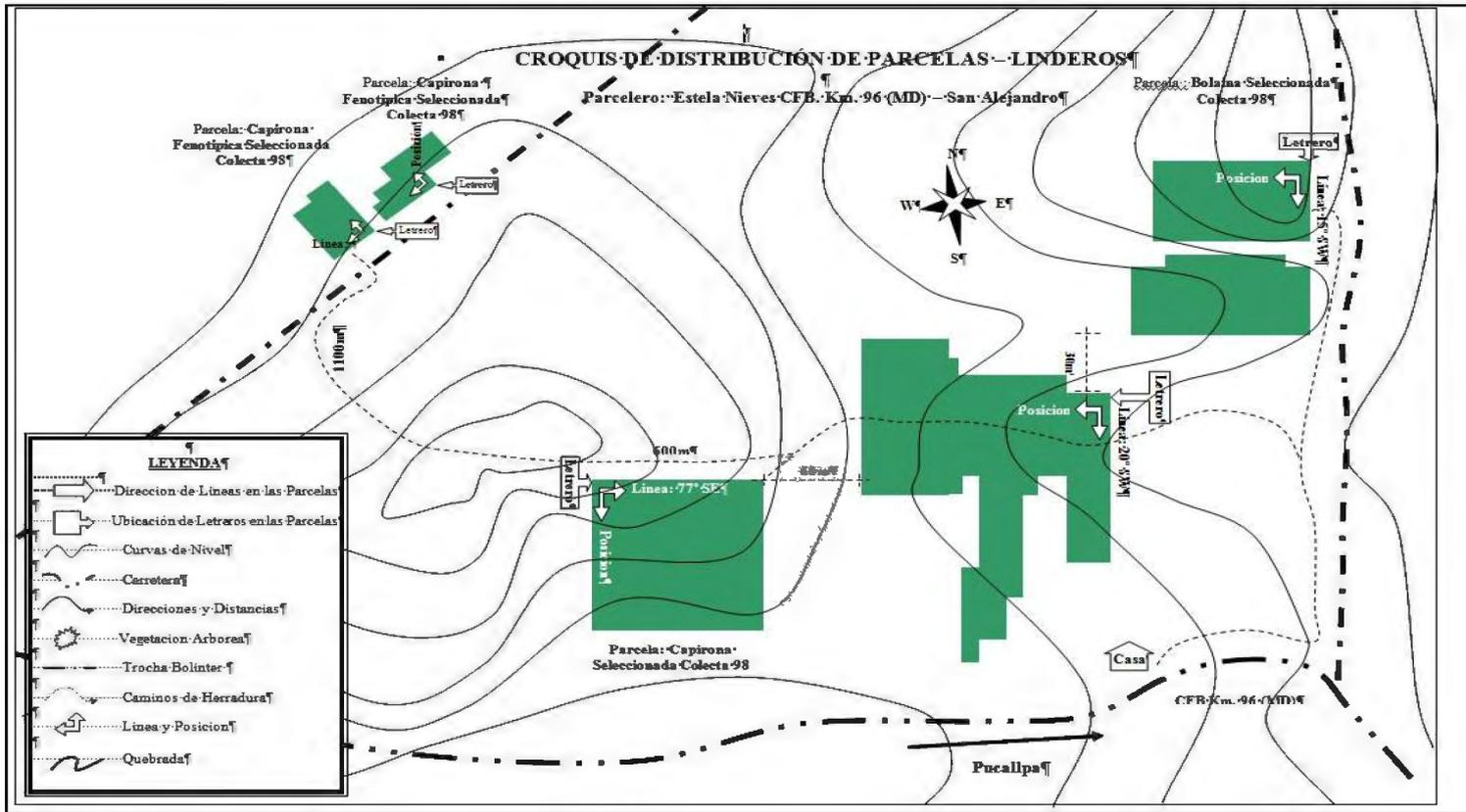




- Parcela de Lenin Ávila



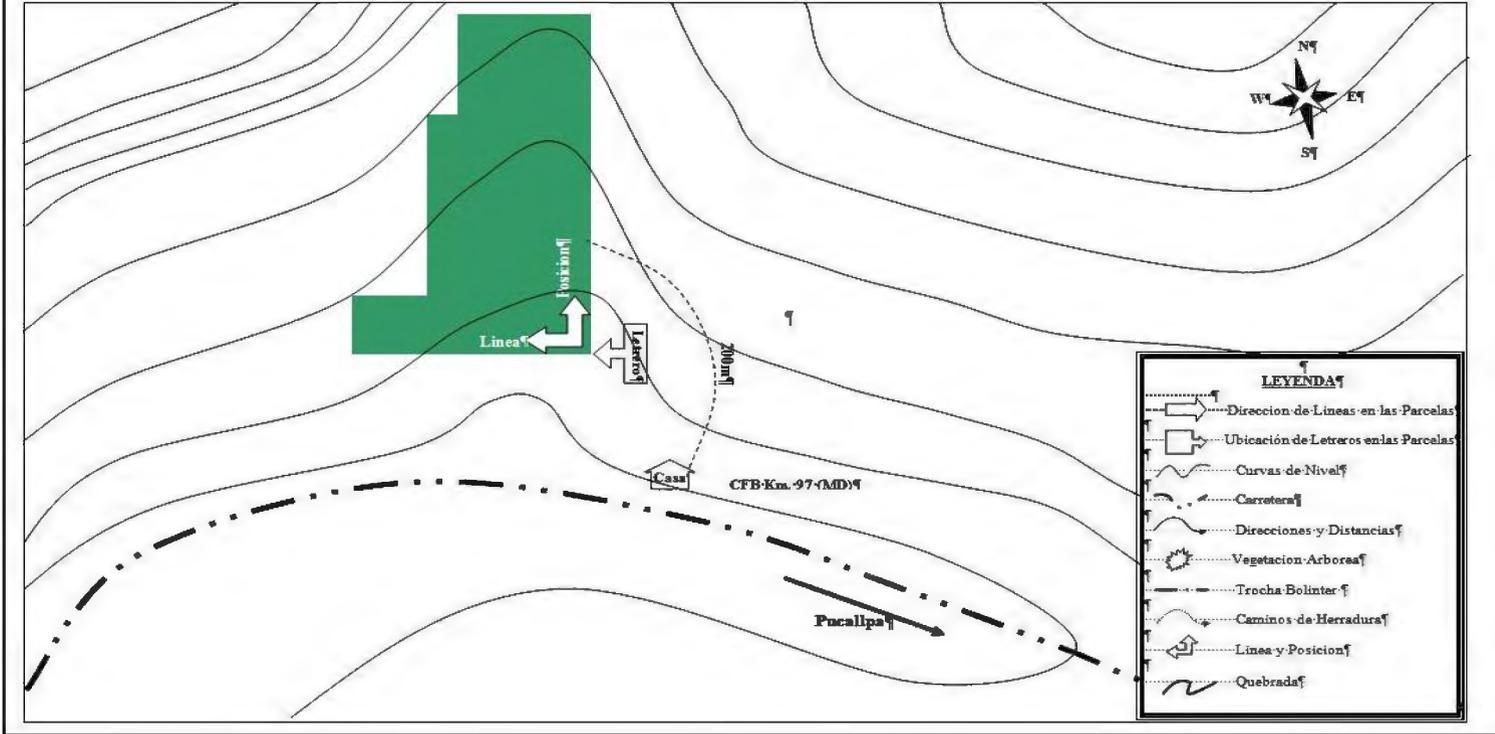
Parcela de Justina Ramirez



- Parcela de Estela Nieves

CROQUIS DE DISTRIBUCION DE PARCELAS - LINDEROS

Parcelero: Agustín Noriega CFB. Km. 97(MD) - San Alejandro



- Parcela de Agustín Noriega

- Parcela de Silensario Romero

