



Por un Desarrollo Agrario
Integral y Sostenible"

**Universidad Nacional Agraria
Facultad de Recursos Naturales y del
ambiente**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

**Pérdida de biomasa en *Eucalyptus
camaldulenses* dehn en el proceso de
campo, patio de acopio y astillero en el
Ingenio San Antonio, Chinandega**

AUTOR

Br. Lester Alfonso Zavala Rodríguez

Asesor

Ing. Claudio Calero

Managua, Nicaragua

Agosto 2016.



Por un Desarrollo Agrario
Integral y Sostenible"

**Universidad Nacional Agraria
Facultad de Recursos Naturales y del
ambiente**

TRABAJO DE GRADUACION

**Pérdida de biomasa en *Eucalyptus
camaldulenses* dehn en el proceso de
campo, patio de acopio y astillero en
el Ingenio San Antonio, Chinandega**

AUTOR

Br. Lester Alfonso Zavala Rodríguez

Asesor

Ing. Claudio Calero

Managua, Nicaragua

Agosto 2016

Índice de contenido

	DEDICATORIA	i
	AGRADECIMIENTO	ii
	ÍNDICE DE CUADROS	iii
	ÍNDICE DE FIGURAS	iv
	ÍNDICE DE ANEXOS	v
	RESUMEN	vi
	SUMMARY	vii
I	INTRODUCCIÓN	1
II	OBJETIVOS	2
III	MATERIALES Y MÉTODOS	3
3.1	Localización	3
3.2	Características biofísicas	4
3.3	Diseño metodológico	5
3.3.1	Descripción del diseño	5
3.3.2	Toma de datos	9
3.3.3	Variables evaluadas	10
3.3.4	Procesamiento y análisis de la información	10
IV	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	18
4.1	Cuantificación de Biomasa	18
4.1.1	Determinación de la biomasa total	18
4.1.2	Medición de Biomasa en el Follaje	19
4.1.3	Medición de Biomasa en Ramas Grandes	19
4.1.4	Medición de Biomasa en Ramas Pequeñas	20
4.1.5	Medición de Biomasa en Fuste	21
4.1.6	Medición de biomasa en el sistema radicular	21
4.2	Contenido de Biomasa por Parcela	20
4.3	Evaluación de Pérdida de Humedad de fuste en el Patio de Acopio.	21
4.3.1	Medición a los cinco días	21
4.3.2	Medición a los quince días	21
4.3.3	Medición de la troza a los veinte días	21
4.4	Biomasa que pierde el fuste en la Astilladora	22
V	CONCLUSIONES	23
VI	RECOMENDACIONES	24
VII	BIBLIOGRAFIA	25
VIII	ANEXOS	27

DEDICATORIA

En primer lugar a Dios, por la vida que me ha prestado hasta este momento, y todo lo que he logrado alcanzar en mi vida como persona.

Dedico este trabajo con mucho cariño a mis padres, en especial a mi madre querida Magdalia del Socorro Rodríguez por facilitarme la oportunidad de culminar mi carrera y apoyarme en mis decisiones y necesidades.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios ante todo por ayudarme, iluminar mis pasos y darme las fuerzas a cada momento de mi vida y culminar mi carrera.

A mi madre Magdalia del Socorro Rodríguez, por apoyarme con gran esfuerzo y confianza en terminar mi carrera y ser profesional.

A mi novia, que amo y adoro mucho Gloria María Espinoza Canales y familia, por sus consejos, confianza y palabras llenas de ánimos que contribuyeron en gran medida en formarme como profesional.

A mi padre, José Alfonso Zavala Briseño por apoyarme con sus consejos y conversaciones de cómo sobresalir adelante.

A mis amigos de carrera, en especial a mi casi hermano Bismar A. Urbina Rodríguez, Onrys G. Contreras Rodríguez, Wagner Talavera por ser grandes amigos y brindarme sus consejos.

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro		PÁGINA
1	Contenido de biomasa total encontrada en el lote evaluado. Ingenio San Antonio, 2009.	18
2	Contenido de biomasa en cada sección de los árboles	19
3	Contenido de biomasa por parcela	20
4	Perdida de humedad en el patio de acopio	20
5	Contenido de biomasa en el fuste, Ingenio San Antonio, 2009.	21
6	Contenido de biomasa en el sistema radicular, Ingenio San Antonio, 2009.	22
7	Contenido de biomasa en cada sección de los árboles, Ingenio San Antonio, 2009.	22
8	Contenido de biomasa por parcela, Ingenio San Antonio, 2009.	23
9	Contenido de humedad en el fuste a los cinco días, Ingenio San Antonio, 2009.	24
10	Contenido de humedad en el fuste a los quince días, Ingenio San Antonio, 2009.	24
11	Contenido de humedad en el fuste a los quince días, Ingenio San Antonio, 2009.	25
12	Perdida de humedad de las trozas en el patio de acopio, Ingenio San Antonio, 2009.	26
13	Pérdida de biomasa de las trozas en la astilladora, Ingenio San Antonio, 2009.	27

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA		PAGINA
1	Ubicación del área de estudio Ingenio San Antonio, Chichigalpa, Chinandega, 2009.	3
2	Establecimiento de las parcelas de muestreo en la zona de extracción de la madera, Ingenio San Antonio, Chichigalpa, 2009.	6
3	Ejemplo de la parcela de muestreo en el campo, Ingenio San Antonio, Municipio de Chichigalpa, dpto. Chinandega, 2009	7
4	Seccionamiento de los árboles seleccionados para la toma de muestras de las partes del árbol (follaje, ramas grandes, ramas pequeñas, fuste limpio y raíz) Ingenio San Antonio, Municipio de Chichigalpa, dpto. Chinandega, 2009	8
5	Seccionamiento del sistema radicular del árbol (Tocón) para la toma de muestras y obtención del peso total en verde, después de ser aprovechado el árbol en el terreno. Ingenio San Antonio, municipio de Chichigalpa, dpto. Chinandega, (2009).	9

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXOS		PAGINA
1	Formato: Registro de datos en la plantación.	33
2	Formato de registro para Patio de Acopio y Astillero.	35
3	Formato de Control de Pérdida de peso a los 5, 10, 15,20 días que pasa la troza en el Patio de Acopio.	35
4	Medición de la biomasa acumulada en el árbol, Follaje, ramas grandes, ramas pequeñas, fuste limpio y raíz.	36
5	Formato de registros para Patio de Acopio y Astillero. Contenido de biomasa perdida y biomasa aprovechada por Astilladora de la empresa. Ingenio San Antonio, Chichigalpa. 2009.	37
6	Volumen en m ³ por Parcela, Ingenio San Antonio, Chichigalpa, 2009.	38
7	Biomasa contenida en los árboles por parcelas. Ingenio San Antonio, Chichigalpa. 2009.	39
8	Pérdida de Peso de Humedad y Porcentaje de Pérdida de Peso Húmedo.	39
9	Pérdida de Peso de Humedad y Porcentaje de Pérdida de Peso Húmedo.	40

RESUMEN

En los años 80 se creó dentro en el Ingenio San Antonio el Proyecto Forestal, en el municipio de Chichigalpa, departamento de Chinandega; y es así como inician las primeras actividades de producir madera de *Eucalipto camaldulenses Dehnh*.

Actualmente en el Proyecto Forestal del Ingenio San Antonio, se carece de datos cuantitativos que representen porcentualmente la pérdida de biomasa que sufre la madera en el lapso de tiempo desde su corta, hasta su fundición en las calderas. El propósito de este estudio es proveer información de las cantidades de biomasa que se pierde en la madera de *Eucaliptus camaldulenses Dehnh* desde la etapa de corta en la plantación, hasta el patio de acopio y astilladora del Ingenio.

En este estudio se establecieron parcelas de 20 m x 10 m (200 m²) dispersas en el lote próximo a aprovechamiento; dentro de estas parcelas se establecieron parcelas útiles de 16 m x 8 m (128 m²), abarcando un total de 8 árboles y seleccionar 2 árboles para seccionarlos en: Follaje, ramas grandes, ramas pequeñas, fuste y sistema radicular, de cada uno se obtuvo el peso verde, se extrajeron muestras de 500 gr de cada sección, con el fin de determinar el contenido de biomasa seca de la madera de *Eucaliptus camaldulenses Dehnh*. Se pretendió de igual manera, a través de mediciones de peso a los 5, 10, y 20 días evaluar la pérdida de humedad que experimenta la madera durante 20 días que es depositada en el patio de acopio y con el análisis del peso de las trozas después de los 20 días y el peso de los residuos de estas, determinar en contenido de biomasa perdida en la astilladora.

En este estudio se encontró que el contenido de biomasa total en promedio sumando el follaje, ramas grandes, ramas pequeñas, fuste y sistema radicular de los árboles estudiados en la plantación fue de 0.07040 ton, lo que equivale a (0.19556 ton/ha). En promedio la pérdida de humedad que sufren las trozas a la entrada al patio de acopio a los veinte días es de 24.59 kg (0.02459 ton), lo que equivale a 28.90 % del peso original de cada troza. La pérdida de biomasa en el astillado, en promedio se encontró que fue de 2 kg (0.002 ton), en porcentaje de biomasa equivale a 5.43 % del peso original.

ABSTRACT

In the 1980s was created inside at the Ingenio San Antonio forest project in the municipality of Chichigalpa, Chinandega Department; and is as well as initiate the first activities of producing wood of eucalyptus camaldolese Dehnh.

Currently in the project forest wit San Antonio, is a lack of quantitative data that represent percentage loss of biomass that suffers the wood in the lapse of time since his short, until his cast iron boilers. The purpose of this study is to provide information on the amounts of biomass that is lost in the camaldolese eucalyptus wood Dehnh from the stage of short on the plantation, to the courtyard collection and Chipper wit.

In this study scattered plots of 20 m x 10 m (200 m²) were established in the lot next to use; within these plots were established useful plots of 16 m x 8 m (128 m²), covering a total of 8 trees and select 2 trees to hamstring them in: foliage, large branches, twigs, Bole and root system, the Green weight was obtained from each, were extracted samples of 500 g of each section, in order to determine the content of dry biomass of the camaldolese eucalyptus wood Dehnh.

It was intended in the same way, through measurements of weight to the 5, 10, and 20 days to assess moisture loss experienced wood for 20 days, which is deposited in the courtyard collection and the analysis of the weight of the logs after 20 days and the weight of the waste, to determine content of biomass lost in the chipper.

This study found that on average total biomass content adding large branches, twigs, foliage, shaft and root systems of the trees studied at the plantation was 0.07040 tons, which is equivalent to (0.19556 ton / has). Average moisture loss suffering the logs at the entrance to the courtyard of collection on the 20th day is 24.59 kg (0.02459 tons), which is equivalent to 28.90% of the original weight of each log. The loss of biomass in splintering, on average was found was 2 kg (0.002 ton), in percentage of biomass is equivalent to 5.43% of the original weight.

I. INTRODUCCION

En base a la demanda de energía en los últimos años, ha provocado que a nivel mundial muchas empresas privadas opten por nuevas tecnologías para generar energía para el funcionamiento y producción. En muchos casos a partir de la quema de madera de árboles que presentan cualidades apropiadas para este proceso; entre estas se encuentra el Eucalipto, el que actualmente es utilizado para tal fin en muchos países a nivel mundial.

En los años 80 se crea dentro del Ingenio San Antonio el Proyecto Forestal y es así como inician las primeras actividades de cultivar y producir madera de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh.

Durante las últimas décadas se ha producido la madera de esta especie como materia prima para generar energía y aportar a la producción de (Rones, Azúcar, Etanol, etc.); actualmente no hay estudios cuantitativos en las pérdidas porcentuales que sufre la madera al llevarse desde el campo hasta su incineración en las calderas. Careciendo de datos en el estimado de producción al igual que en los ingresos del proyecto forestal.

Para satisfacer la demanda de energía en esta empresa, se tiene que producir cantidades considerables de madera de eucalipto, que presenten cualidades físicas necesarias para ser utilizada en esta operación.

Es necesario mencionar que la madera después de su corta solo se aprovecha la parte fustal; de igual manera después de su corta el fuste es depositado aproximadamente por 20 días en un patio de acopio, y es ahí donde esta sufre pérdidas en su volumen y degradación física en su estructura; igualmente obteniéndose pérdidas volumétricas en el proceso de astillado utilizada por la misma empresa.

El propósito de este estudio determinar cuantitativamente y porcentualmente de biomasa que se pierde en la madera de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh en la etapa de corta en la plantación, patio de acopio y astilladora del Ingenio San Antonio.

II. OBJETIVOS

General

Determinar las pérdidas de biomasa en la madera de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh, desde la Plantación, Patio de acopio y el astillero del Proyecto Forestal, Ingenio San Antonio, Chichigalpa, Chinandega.

Específicos

- ❖ Determinar la biomasa total, expresada por la biomasa radicular, fuste, ramas y follaje en los árboles de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh, al momento de su extracción.
- ❖ Evaluar las pérdidas de humedad que sufre el fuste (parte aprovechable por la empresa), relacionando la humedad inicial y final de la madera de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh, en el patio de acopio.
- ❖ Determinar la pérdida de biomasa durante el proceso del astillado y de biomasa neta aprovechada en las calderas.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Localización

Este trabajo se realizó en el Ingenio San Antonio, localizado a 6 km. del casco urbano, hacia el sur de la ciudad de Chichigalpa del departamento de Chinandega en Nicaragua. La localización geográfica del Ingenio San Antonio puede referirse a la ubicación de su estación meteorológica, la cual se encuentra a los $13^{\circ} 32'$ de Latitud norte y $87^{\circ} 03'$ de Longitud oeste (Figura 1).

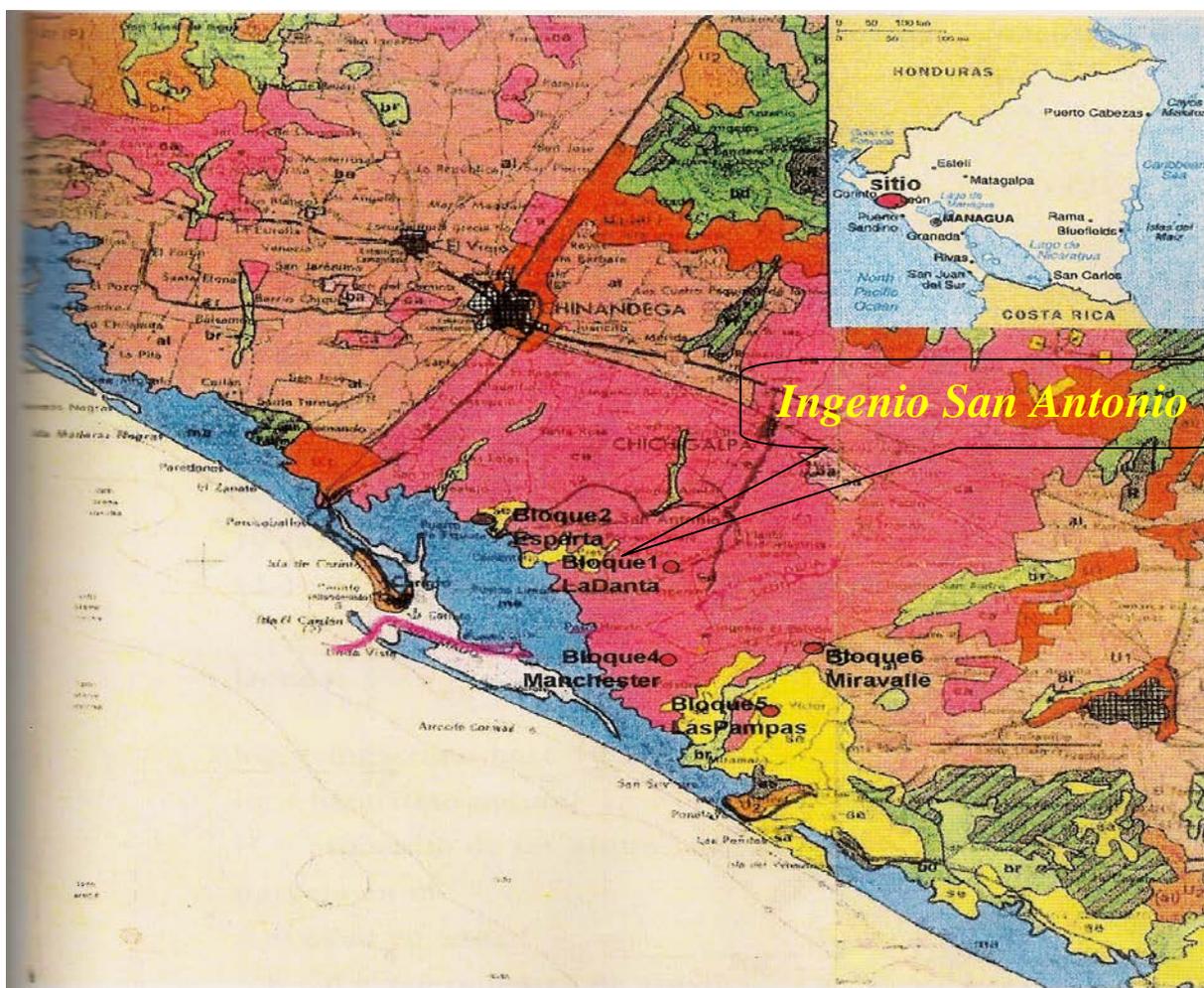


Figura 1. Ubicación del área de estudio Ingenio San Antonio, Chichigalpa, Chinandega, 2009.

3.2 Características biofísicas.

Según Hannover, Singen y Krenzthal (2009), las temperaturas son altas y generalmente uniformes durante todo el año; con máximas y mínimas promedio de 32.1 °C y 20.5 °C. La variación máxima de la temperatura está en el rango de ± 1.20 °C que se presenta de Mayo a Junio, la precipitación media anual en el municipio es de 1,841 mm, en el periodo lluvioso el promedio es de 1,948 mm disminuyendo en la época seca a 109 mm. El rango de oscilación mensual es de 0 a 468 mm y su variación anual oscila entre 1,057 mm a 3,400 mm; siendo el mes más lluvioso Octubre.

Los tipos de suelos presentes en este municipio son de origen volcánico y con características de Franco, Franco arenoso y Arenosos.

La humedad relativa es de 67.5 %, el aire es seco y afectado por los vientos contralisios del Océano Pacífico. Los vientos predominantes son los del norte y su velocidad oscila entre los 1.3 y 2.2 metros por segundo.

Las características climáticas de la zona (I.S.A., 1995) son básicamente: Precipitación Media Anual (PMA) de 1880 mm, Temperatura Media Anual (TMA) de 28 °C, Rango de Altitud de 10 a 250 msnm, Horas de iluminación solar (Promedio anual) de 7.28 horas, Humedad Relativa (% promedio anual) del 87.6%, Evaporación Media Anual de 646 mm y según INTECFOR (1993); citado por Chávez Granera, (2001), corresponde a una Zona de Vida de Bosque Seco Tropical.

3.3. Diseño metodológico

En el levantamiento de la información se consideraron tres etapas, la cual inicia con la información desde la plantación, luego en el patio de acopio y por último en el astillero.

En la plantación se recopila la información relacionada con el diámetro normal, la altura total, el peso de la biomasa en las diferentes partes del árbol.

En el patio de acopio se recopiló la información relacionada con el peso de las trozas en el tiempo que pasa en el patio y determinar la pérdida de peso.

En el astillero la información considerada fue el peso de la biomasa aprovechada y la desperdiciada en los residuos resultantes.

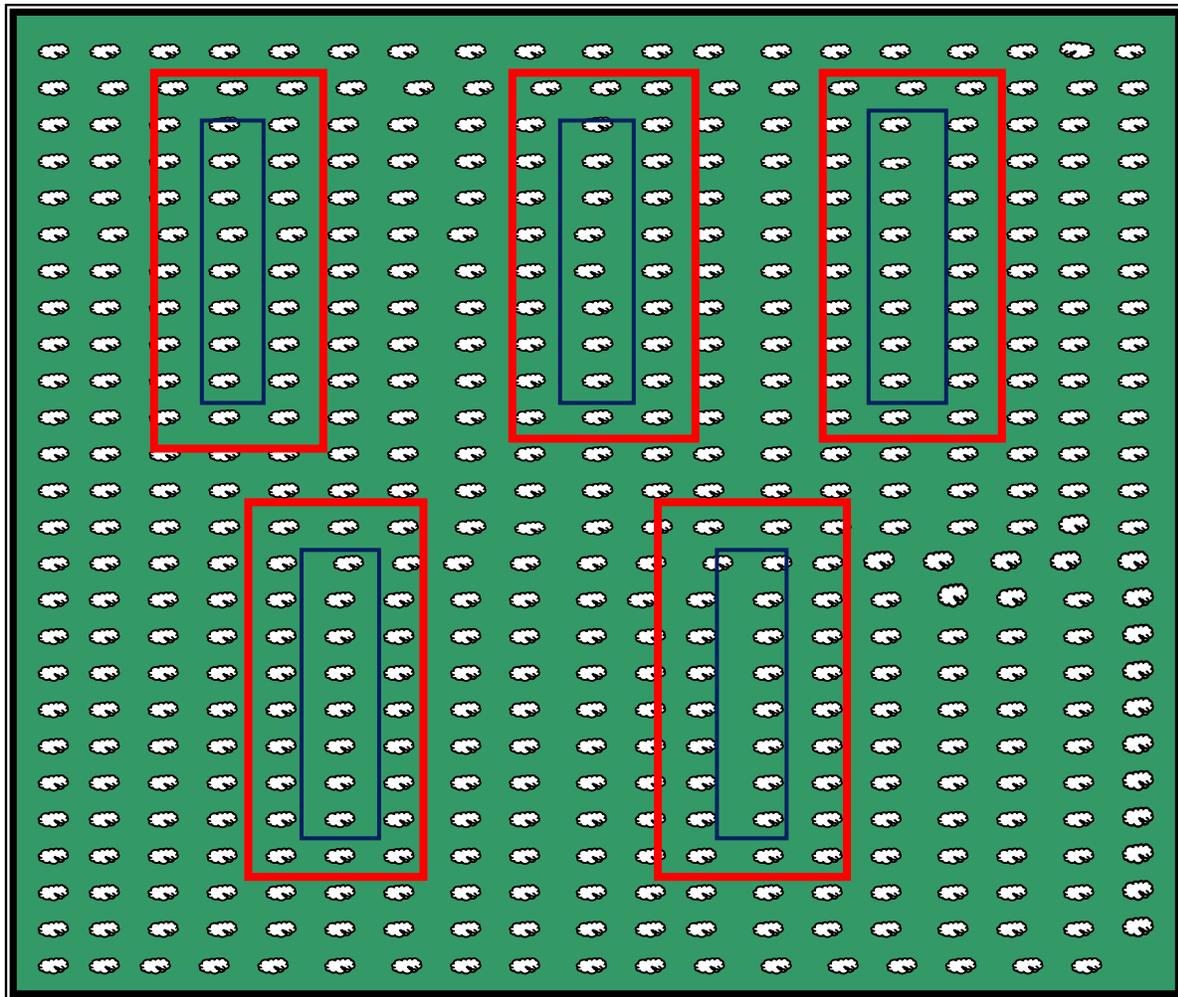
3.3.1. Descripción del diseño

Como primer paso para realizar el estudio fue seleccionar el lote próximo a cosechar, el área total fue de 51.58 ha., la edad de la plantación fue de 6 años al momento de ser aprovechado.

El diseño del muestreo, consistió en la distribución de una muestra de parcelas dentro de las cuales se tomó la información de la población arbórea.

Los criterios que se consideraron fueron: Establecer parcelas de muestreo dispersas dentro del lote, evitar el efecto de borde (fig. 2), árboles con edad aprovechable (según la empresa) y una cantidad de parcelas que cubriera al menos el 0.5 % de intensidad de muestreo, la distribución de las parcela en todo el lote se hizo para tomar en consideración las características de tamaño del arbolado.

Se establecieron 18 parcelas con dimensiones de 20 m por 10 m (200 m² o 0.02 ha), abarcando 30 árboles en cada parcela; luego se procedió a establecer en cada parcela de muestreo parcelas útiles de 16 m por 8 m (128 m² o 0.0128 ha), abarcando un total de 8 árboles por parcela útil siguiendo las direcciones de las hileras de los árboles en la plantación. Se tomó como referencia las entradas principales al lote y con mayor visibilidad para determinar las hileras (Fig. 2)



-  — Árboles
-  — Parcelas de muestreo
-  — Parcelas útil

Área: 51.58 ha.

Figura 2. Establecimiento de las parcelas de muestreo en la zona de extracción de la madera, Ingenio San Antonio, Chichigalpa, 2009

3.3.1.1 Variables consideradas en la plantación

Las variables evaluadas durante esta etapa del estudio fueron: Diámetro normal medido en centímetros con cinta métrica, altura total del árbol medido en metros con un Clinómetro Suunto auxiliado por una distancia horizontal de 15 m, peso del follaje (kg), peso de las ramas grandes (kg), peso de las ramas pequeñas (kg), peso del fuste (kg), peso las raíces (kg), el peso fue medido con una pesa digital.

Las mediciones iniciaron en Enero del 2009 y se realizaron dentro de la parcela útil, en todos los árboles (8) de la parcela útil, se midió el diámetro normal y la altura total (fig. 3). Se seleccionaron al azar dos árboles dentro de la parcela útil para medir el peso del follaje, de las ramas grandes, ramas pequeñas, fustes y raíces (fig. 3). Luego se extrajeron muestras de 500 gr (1.10 lbs) en el follaje, de ramas grande, ramas pequeñas, del fuste (fig. 4) y también del sistema radicular (fig. 5). En total se tomaron muestras de 28 árboles, las muestras obtenidas fueron llevadas y analizadas en el Laboratorio de Suelos y Agua de la Universidad Nacional Agraria (UNA) para determinar el porcentaje de materia seca, porcentaje de humedad y peso seco (Anexo 1).

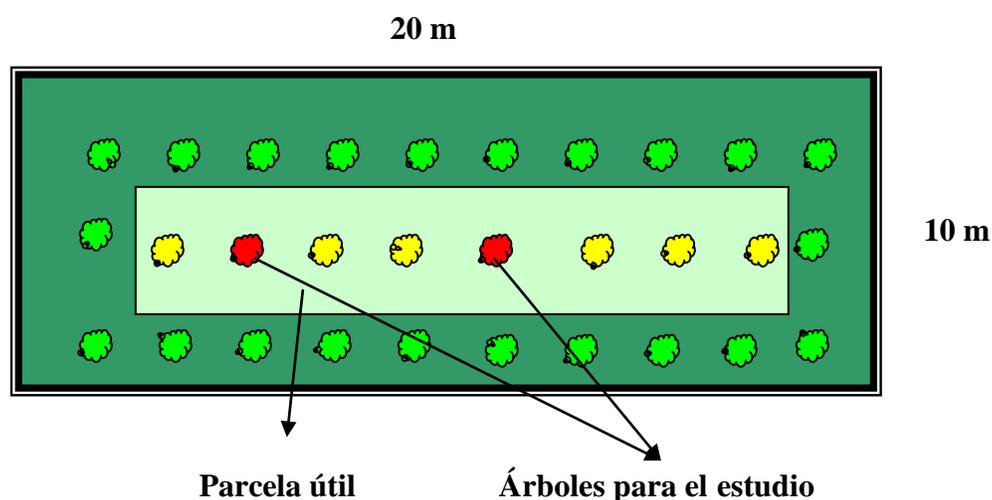


Figura 3. Ejemplo de de la parcela de muestreo en el campo, Ingenio San Antonio, municipio de Chichigalpa, dpto. Chinandega, 2009

A cada árbol de estudio se procedió a seccionarlo en follaje, ramas pequeñas (menor de 2 cm de diámetro), ramas grandes (mayor de 2 cm de diámetro), fuste limpio, sistema radicular y posteriormente a medir el peso en verde de cada parte, a cada una de las cuales se extrajo una muestra de 500 gr para su análisis en el laboratorio.

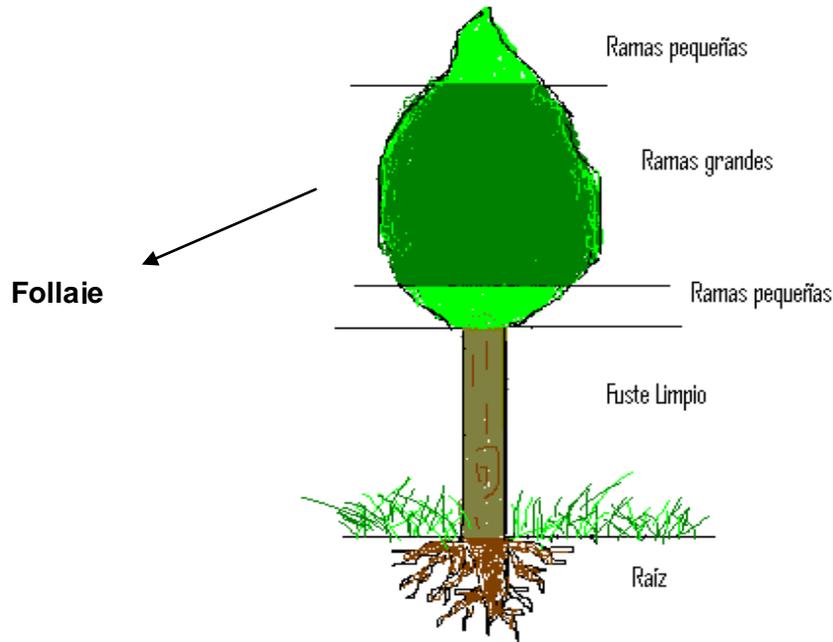


Figura 4. Seccionamiento de los árboles seleccionados para la toma de muestras de las parte del árbol (Follaje, ramas grandes y pequeñas, fuste limpio y raíz), Ingenio San Antonio, municipio de Chichigalpa, dpto. Chinandega, (2009).

Después de ser cortado cada árbol de estudio, se procedió a extraer todo el sistema radicular apoyándonos de machetes, palas y motosierra con el propósito de determinar su peso en verde y de igual manera extraer una muestra de 500 gr para su breve análisis en el laboratorio.

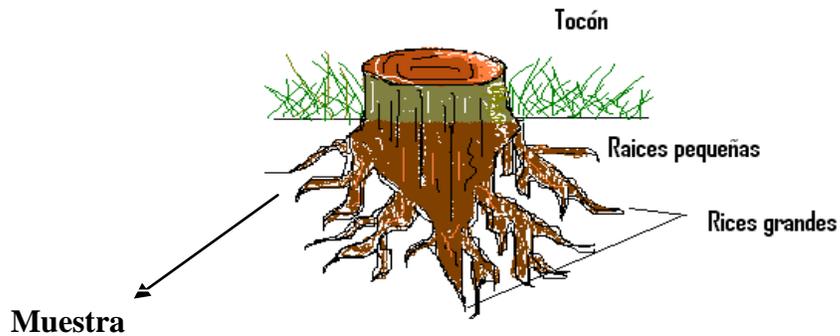


Figura 5. Seccionamiento del sistema radicular del árbol (Tocón) para la toma de muestra y obtención del peso total en verde después de ser aprovechado el árbol en el terreno. Ingenio San Antonio, municipio de Chichigalpa, dpto. Chinandega, (2009).

3.3.2 Toma de datos

Los fustes obtenidos en la plantación fueron transportados en camiones hasta el patio de acopio del Ingenio.

En la toma de datos en el patio de acopio se inició en Febrero del 2009, el proceso tiene establecido depositar las trozas durante 20 días para que pierda el 20% de su peso original, considerando este parámetro se procedió a realizar un primer pesaje a cada troza con una pesa digital a la entrada al patio de acopio a los 5 días; luego se realizó otro pesaje a los 15 días y posteriormente a los 20 días de ser depositadas las trozas. Determinando el peso que habían perdido durante estas tres mediciones en términos del contenido de humedad que pierde cada troza durante este periodo desde la entrada hasta la salida del patio de acopio.

3.3.2.1. Variables consideradas en el patio de acopio

Las variables evaluadas durante esta etapa del estudio fueron: Peso a la entrada al patio de acopio (kg) (PEPA), Peso de las trozas a los 5 días (kg), Peso de las trozas a lo 15 días (kg), Peso de las trozas a los 20 días (kg) y Peso a la salida del patio de acopio (kg), (PSPA).

3.3.3 Variables evaluadas

Después de determinar la humedad que pierde cada troza en el patio de acopio, se procedió a triturarla en la astilladora, máquina que es utilizada por la empresa. Con una carpa de 10 m x10 m (100 m²) se acumuló la madera triturada de cada una de las trozas obteniendo su peso en kilogramo (kg) con una pesa digital, y se determinó el contenido de biomasa aprovechada y el peso del residuo perdido por la máquina.

3.3.3.1. Variables consideradas en la astilladora

Las variables evaluadas en esta etapa del estudio fueron: (PEA) Peso del fuste a la entrada a la astilladora (kg), (PR) Peso del residuo en el astillado (kg), (BP) Biomasa pérdida (kg), (% Bpf) Porcentaje de biomasa perdida en el fuste (kg) y (%BA) Porcentaje de biomasa aprovechada (kg).

3.3.4. Procesamiento y análisis de la información

3.3.4.1 Cálculos realizados en la plantación

a) Cálculo del Peso Total (PT) de los árboles en las parcelas

En esta etapa se procedió a calcular el Peso Total de los árboles (PT) identificados en las parcelas del lote, siguiendo el procedimiento de sumar el contenido de peso en verde de cada una de las secciones del árbol.

b) Cálculo de biomasa en el follaje

Con la ayuda de la fórmula de Medición de Biomasa en el Follaje, la cual consiste en multiplicar el peso en verde del follaje al momento de su pesaje en el campo por el porcentaje de materia seca obtenido de los análisis de las muestras de follaje en el laboratorio (Anexo 1) entre 100. Dando como resultado el Contenido de Biomasa en el Follaje en kilogramo.

$$\mathbf{Bf = [Pf \times MS (\%)] \div 100}$$

Donde:

Bf: Biomasa del follaje expresado en toneladas.

Pf: Peso del follaje expresado en toneladas

MS (%): Porcentaje de materia seca del follaje.

c) Cálculo del volumen de las ramas grandes

Utilizando la fórmula para determinar el volumen de las ramas grandes, la cual consiste en aquellas ramas con diámetros mayores o iguales a 2 cm, obteniéndose por el método de cubicación de Smalian. Se calcula utilizando la fórmula:

$$\mathbf{V_{rg} = (d_1^2 + d_2^2) * (\pi / 8) / * L}$$

Donde:

V_{rg}: Volumen de ramas expresado en metros cúbicos (m³).

d₁²: Diámetro del extremo grueso de la rama en centímetros (cm).

d₂²: Diámetro del extremo delgado de la rama en centímetros (cm).

L: Longitud de la rama en metros (m).

d) Cálculo de biomasa de las ramas grandes

A partir del dato obtenido en el Volumen de las ramas multiplicado por la Gravedad específica de la madera de *Eucaliptus camaldulenses* Dehnh, a como lo indica la fórmula de Medición de las Ramas Grandes se determina el Contenido de Biomasa en las ramas grandes de tal manera que:

$$B_{rg} = V_{rg} \times GE_{rg}$$

Donde:

B_{rg}: Biomasa de las ramas grandes en toneladas (ton)

V_{rg}: Volumen de las ramas grandes en metros cúbicos (m³).

GE_{rg}: Gravedad específica de las ramas grandes (t/m³).

e) Cálculo de biomasa de las ramas pequeñas

Siguiendo el procedimiento establecido en la formula de Medición de Biomasa de las ramas pequeñas, la cual abarca aquellas ramas menores de 2 cm. de diámetro, la que consiste en multiplicar el contenido de peso en verde de las ramas pequeñas de cada árbol por el porcentaje de materia seca resultado en el laboratorio (Anexo 1) entre 100, dando como resultado el contenido de Biomasa de las ramas pequeñas de cada árbol.

$$B_{rp} = [P_{rp} \times MS (\%)] \div 100$$

Donde:

B_{rp}: Biomasa de ramas pequeñas expresados en toneladas (ton).

P_{rp}: Peso de ramas pequeñas expresado en toneladas (ton).

MS (%): Porcentaje de materia seca de las ramas pequeñas.

f) Cálculo del volumen del fuste

Para determinar el contenido de biomasa en el fuste, se procedió a utilizar la formula de Smalian; que se aplica para determinar el volumen del fuste; la cual toma en cuenta los diámetros en el extremo grueso y delgado de cada una de las trozas, así como la longitud de estas (Segura, 1999; citado por Vivas y Ramírez, 2002).

$$V_{\text{fl}} = (d_1^2 + d_2^2) * (\pi / 8) / *L$$

Donde:

V_{fl} : Volumen del fuste limpio expresado en metros cúbicos (m^3)

d_1^2 : Diámetro del extremo grueso de la troza expresado en centímetros (cm)

d_2^2 : Diámetro del extremo delgado de la troza expresado en centímetros (cm)

L : Longitud de la troza expresado en metros (m)

g) Cálculo de biomasa del fuste

A partir del dato de volumen del fuste al desarrollar la formula anterior y multiplicado por la gravedad especifica de la madera de *Eucaliptus camaldulenses* Dehnh, a como lo indica (Segura, 1999) citado por Vivas Soto, E. Ramírez Urtado, H, (2002.), se determinó el contenido de biomasa del fuste de cada árbol de estudio de manera que:

$$B_{\text{fl}} = V_{\text{fl}} \times GE_{\text{fl}}$$

Donde:

B_{fl} : Biomasa del fuste limpio en tonelada (t).

V_{fl} : Volumen del fuste limpio } en metro cubico (m^3)

GE_{fl} : Gravedad especifica del fuste limpio (t/m^3)

h) Cálculo de biomasa en la raíz

Siguiendo el procedimiento de la medición de biomasa del follaje y ramas pequeñas, se aplicó en la medición de la biomasa en la raíz, la cual consiste en multiplicar el contenido en peso verde de la raíz de cada árbol por el contenido de materia seca resultantes de los análisis de las muestras de las raíces en el laboratorio (Anexo 1) entre 100; obteniendo como resultado el Contenido de Biomasa del sistema radicular del árbol.

$$B_r: [Pr \times MS (\%)] \div 100$$

Donde:

B_r: Biomasa de la raíz (kg)

P_r: Peso de la raíz expresado en tonelada

MS (%): Porcentaje de materia seca de la raíz

i) Calculo de volumen por parcela

Determinando el volumen por parcela, el cual se realiza multiplicando el área basal de cada árbol multiplicado por la altura total del árbol y por el coeficiente de forma 0.43 (FAO. 2010) del *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh, determinando el volumen de cada árbol dentro de la parcela útil en el lote y posteriormente sumando los volúmenes de los ocho árboles se determina el volumen por parcela útil.

$$V = G * A_T * 0.43$$

$$VP = \sum Va_1 + \dots + Va_n$$

Donde:

G: Área basal (cm²).

A_T: Altura total de los árboles (m).

0.43: Coeficiente de forma.

Donde:

VP= Volumen por Parcela (m³)

Va₁: Volumen por árbol (m³)

j) Cálculo de biomasa por parcela

Utilizando el dato resultante del Volumen por Parcela (VP), multiplicado por la gravedad específica de la madera, se determinó el contenido de biomasa por parcela.

$$\mathbf{Bp = VP * GE}$$

Donde:

Bp = Biomasa por parcela (kg)

VP= Volumen por parcela (m³)

GE= Gravedad específica de la madera (0.79 gr/ cm³)

3.3.4.2 . Cálculos realizados en el patio de acopio

a) Cálculo del contenido de humedad

En esta etapa del estudio se determinó la pérdida del contenido de peso húmedo que sufre cada troza de cada árbol en el Patio de Acopio, este procedimiento se llevó a cabo a partir de restarle al Peso Entrante al Patio de Acopio (PEPA) de cada troza menos el Peso de Salida del Patio de Acopio (PSPA); obteniendo como resultado La Pérdida de Humedad que sufre cada troza en el lapso de 20 días que pasa en el Patio de Acopio.

$$\mathbf{Pph = PEPA - PSPA}$$

Donde:

Pph= Pérdida de peso húmedo (kg)

PEPA= Peso del fuste a la entrada al patio de acopio (kg)

PSPA= Peso del fuste a la salida del patio de acopio (kg)

b) Cálculo del porcentaje de peso húmedo

Para darle un valor porcentual a La Pérdida de Humedad a cada troza, se procedió a dividir el Pérdida de peso de húmedo (Pph), entre el Peso del Fuste a la estrada del Patio de Acopio (PEPA) y luego multiplicado por 100; dando como resultado el Porcentaje en la pérdida de peso húmedo a los 5, 15 y 20 días que pasa cada troza en el patio de acopio.

$$\%Pph = Pph \div PEPA * 100$$

Donde:

%Pph = Porcentaje en la pérdida de peso húmedo.

Pph = Pérdida de peso húmedo (kg)

PEPA = Peso del fuste a la entrada al patio de acopio (kg)

3.3.4.3 . Cálculos realizados en la astilladora

a) Cálculos de pérdida de biomasa

Se procedió a determinar la Pérdida de biomasa, la cual consiste en restar al Peso a la Entrada a la Astilladora (PEA) el Peso de los Residuos (PR); teniendo como resultado el contenido de Biomasa Pérdida en La Astilladora. Determinando qué cantidad de biomasa es aprovechada y qué cantidad sale como desperdicio de la astilladora.

$$BP=PEA - PR$$

Donde:

BP = Biomasa Pérdida en la Astilladora (kg)

PEA = Peso a la Entrada a la Astilladora (kg)

PR = Peso de los Residuos (kg)

b) Cálculo del porcentaje de biomasa que pierde el fuste

Utilizando datos resultantes de La Biomasa Perdida en La Astilladora (BP) y dividiéndolos entre el Peso a La Entrada a La Astilladora (PEA), luego multiplicado por 100 se determina el Porcentaje de Biomasa que pierde el Fuste en La Astilladora.

$$\%B_{pf} = \frac{BP}{PEA} * 100$$

Donde:

%B_{pf}= Porcentaje de Biomasa que pierde el fuste

BP= Biomasa Perdida en la Astilladora (kg)

PEA= Peso a la Entrada a la Astilladora (kg)

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Cuantificación de Biomasa

4.1.1 Determinación de la biomasa total

En el cuadro 1, se puede observar la biomasa total encontrada al momento de la extracción del árbol de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh y según los registros anotados en el formato de la fase de campo (Anexo 2), (Anexo 3) el árbol con contenido más alto de biomasa fue de 229.02 kg (0.22902 ton), presentando un promedio de 70.40 kg (0.07040 ton), el árbol con el contenido más bajo de biomasa fue de 6.33 kg (0.00633 ton); encontrándose en los 28 árboles una biomasa total de 2167.22 kg., con un contenido de biomasa por hectárea de 6,020.05 kg/ha, lo es equivalente a (6.02 ton/ ha).

Cuadro 1. Contenido de biomasa total en los árboles, Ingenio San Antonio, 2009.

Contenido de Biomasa	Peso en Kilogramos (kg)
Valor alto	229.02 kg
Valor medio	70.40 kg
Valor bajo	6.33 kg
Biomasa Total	2167.22 kg.,

En Chile (X Región, 41°01S-73°27O) en condiciones de en un suelo vertisol de color rojo, y en bosques en las edades de 4, 5 y 7 años y con una densidad de 1.500 árboles/ha la biomasa total (aérea y radicular) acumulada a los 4 años de edad fue de 91,6 t/ha, a los 5 años de 130,8 t/ha y a los 6 años de 180,9 t/ha. Esto equivale a incrementos anuales de biomasa de 39,2 t/ha en el periodo de 4 a 5 años de edad y de 50,1 t/ha en el periodo de 5 a 6 años de edad (Geldres, Gerding y Schlatter, 2009).

4.1.2 Medición de Biomasa en el Follaje

En la medición de la biomasa en el follaje (Anexo 5), se encontró un valor alto de 0.07 kg (0.00007 ton), un valor promedio de 0.06 kg (0.00006 ton) y un contenido mínimo de 0.03 kg (0.00003 ton). De igual manera se encontró un contenido total del follaje en los 28 árboles de 1.61 kg, lo que equivale a 4.47 kg/ha y con un contenido en toneladas de 0.00447 ton/ ha (Cuadro 2).

Cuadro 2. Contenido de biomasa en el follaje, Ingenio San Antonio, 2009.

Contenido de Biomasa	Peso en Kilogramos (kg)
Valor alto	0.07 kg
Valor medio	0.06 kg
Valor bajo	0.03 kg
Biomasa Total	1.61 kg

La acumulación de biomasa aérea con una densidad de 1.500 árboles/ha a los 4, 5 y 6 años de edad fue de 73,1 t/ha, 111,8 t/ha y 159,5 t/ha respectivamente edad (Geldres, Gerding y Schlatter, 2009).

4.1.3 Medición de Biomasa en Ramas Grandes

En la cuantificación de la biomasa de las ramas grandes (Anexo 5), el valor más alto presentado en el análisis de los datos obtenidos en el campo fue de 1.03 kg (0.00103 ton), un contenido promedio de 0.34 kg (0.00034 ton) un valor mínimo de 0.05 kg (0.00005 ton) y un contenido de biomasa total de 9.52 kg lo que equivale a 26.44 kg/ha y representando un valor en tonelada de 0.02644 ton/ha (Cuadro 3).

Cuadro 3. Contenido de biomasa en las ramas grandes, Ingenio San Antonio, 2009.

Contenido de Biomasa	Peso en Kilogramos (kg)
Valor alto	1.03 kg
Valor medio	0.34 kg
Valor bajo	0.05 kg
Biomasa Total	9.52 kg

La poda del tercio inferior de las copas (800 árboles/ha) a los 5 años, aportó al suelo 5,8 t/ha de ramas (Geldres, Gerding y Schlatter, 2009).

4.1.4 Medición de Biomasa en Ramas Pequeñas

En la medición de biomasa de las ramas pequeñas (Anexo 5), el valor más alto presentado en el análisis de los datos obtenidos en el campo fue de 0.17 kg (0.00017 ton), un contenido promedio de biomasa de 0.12 kg (0.00012 ton) y un contenido mínimo de 0.04kg (0.00004 ton). De igual manera se encontró un contenido de biomasa total en la 28 árboles de 3.34 kg, considerando que existe un contenido de (9.28 kg/ha), equivalente a 0.00928 ton/ha (Cuadro 4).

Cuadro 4. Contenido de biomasa en las ramas pequeñas, Ingenio San Antonio, 2009.

Contenido de Biomasa	Peso en Kilogramos (kg)
Valor alto	0.17 kg
Valor medio	0.12 kg
Valor bajo	0.04kg
Biomasa Total	3.34 kg

4.1.5 Medición de Biomasa en Fuste

En la cuantificación de la biomasa en el fuste (Anexo 5) el valor más alto obtenido en el análisis de los datos en el campo fue de 227.76 kg (0.22776 ton), un contenido promedio de 69.82 kg, (0.07683 ton) y un contenido mínimo de 6.01 kg (0.00601 ton). Encontrándose un contenido de biomasa total en los 28 árboles de 2,151.14 kg lo que equivale a 5,975.39 kg/ha y representando un valor de 5.98 ton/ha (Cuadro 5).

Cuadro 5. Contenido de biomasa en el fuste, Ingenio San Antonio, 2009.

Contenido de Biomasa	Peso en Kilogramos (kg)
Valor alto	227.76 kg
Valor medio	69.82 kg
Valor bajo	6.01 kg
Biomasa Total	2,151.14 kg

En el periodo de edad de 4 a 6 años la biomasa de la madera del tronco aumentó de 43 a 70.1 t/ha en el primer año (incremento anual de 27,1 t/ha) y luego el incremento fue de 40 t/ha en el segundo año. La biomasa de corteza también registró incrementos de: 1,7 y 5,3 t/ha, respectivamente (Geldres, Gerding y Schlatter, 2009).

4.1.6 Medición de biomasa en el sistema radicular

En la cuantificación de la biomasa en el sistema radicular (Anexo 5), el valor más alto obtenido en el análisis de los datos en el campo fue de 0.09 kg (0.00009 ton), con un valor promedio de biomasa de 0.06 kg, (0.00006 ton) y un contenido mínimo de biomasa de 0.02 kg (0.00002 ton). De igual manera se encontró un contenido de biomasa total en los 28 árboles de 1.61 kg, representando un contenido de 4.47 kg/ha, lo que equivale a 0.00447 ton/ha (Cuadro 6).

Cuadro 6. Contenido de biomasa en el sistema radicular, Ingenio San Antonio, 2009.

Contenido de Biomasa	Peso en Kilogramos (kg)
Valor alto	0.09 kg
Valor medio	0.06 kg
Valor bajo	0.02 kg
Biomasa Total	1.61 kg

La acumulación de la biomasa radicular también fue ascendente, pero fluctuó en magnitudes muy inferiores, entre 18,5 t/ha a los 4 años de edad y 21,4 t/ha a los 6 años (Geldres, Gerding y Schlatter, 2009)

4.1.7 Biomasa total

En la cuantificación de la biomasa de cada sección de los árboles se procedió a determinar el peso en verde de cada parte del árbol utilizando una pesa digital; con el propósito de determinar los valores altos y bajos y posteriormente encontrar el valor promedio en kilogramos encontrados en la plantación (Cuadro 7).

Cuadro 7. Contenido de biomasa en cada sección de los árboles, Ingenio San Antonio, 2009.

Contenido de Biomasa	Follaje	Ramas grandes	Ramas pequeñas	Fuste	Sistema radicular
Árbol con mayor peso	0.07	1.03	0.17	227.76	0.09
Árbol con peso promedio	0.06	0.34	0.12	69.82	0.06
Árbol con menor peso	0.03	0.05	0.04	6.01	0.02
Biomasa Total	1.61	9.52	3.34	2.151.14	1.61
Peso por hectárea	0.01242	0.02644	0.00928	5.98	0.00447

4.2 Contenido de Biomasa por Parcela

Aplicando el modelo de determinación de volumen a cada parcela (Anexo 7), el cual consiste en multiplicar el volumen de cada parcela por la gravedad específica de la madera de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh y analizando dichos resultados, se procedió a cuantificar el contenido de biomasa por parcela (Anexo 8). En este análisis se encontró un valor alto de biomasa de 443.35 kg (0.44335 ton), un valor medio de biomasa de 245.95 kg (0.24595 ton), y un valor mínimo de biomasa de 98.43 kg (0.09843 ton). Se encontró una valor total de biomasa en 18 parcelas de 4427.17 kg, esto significa 12,297.69 kg/ha, lo cual equivale a 12.30 ton/ha biomasa de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. (Cuadro 8).

Cuadro 8. Contenido de biomasa por parcela, Ingenio San Antonio, 2009.

Parcela con mayor peso (kg)	Parcela con peso promedio (kg)	Parcela con menor peso (kg)	Biomasa Total (kg)	Peso por hectárea (ton/ha)
443.35	98.43	245.95	4427.17	12.30

4.3 Evaluación de Pérdida de Humedad de fuste en el Patio de Acopio

Se realizaron tres mediciones en el peso a cada fuste del árbol en el patio de acopio (Anexo 9), los cuales fueron a los 5, 10 y 20 días, con el propósito de determinar cuáles fueron sus grados de pérdidas de peso húmedo en su peso original en estas mediciones.

4.3.1 Medición a los cinco días

A los 5 días de ser depositado la troza en el patio de acopio (Anexo 9), se realizó una medición encontrando que el valor de pérdida de humedad más alto fue de 24.42 kg (0.02442 ton), la pérdida de peso promedio fue de 14.33 kg (0.01433 ton) y la pérdida de peso menor fue de 0.43 kg (0.00043 ton). De acuerdo a estos valores se determino que en promedio se pierde el 14.84 % del peso original de las trozas a la entrada al patio de acopio (Cuadro 9).

Cuadro 9. Contenido de humedad en el fuste a los cinco días, Ingenio San Antonio, 2009.

Contenido de humedad	Peso en Kilogramos (kg)
Valor alto	24.42 kg
Valor medio	14.33 kg
Valor bajo	0.43 kg
Promedio %	14.84 %

4.3.2 Medición a los quince días

A los 15 días de ser depositada las trozas en el patio de acopio (Anexo 9), se midió sus pesos encontrándose un valor alto de pérdida de humedad de 38.43 kg (0.03843 ton), un valor medio de pérdida de humedad de 19.80 kg (0.01980 ton) y un valor mínimo de pérdida de humedad de 1.30 kg (0.00130 ton). Determinando que a los 15 días de ser depositada la troza en el patio de acopio en promedio se pierde el 23.12 % del peso original de la troza (Cuadro 10).

Cuadro 10. Contenido de humedad en el fuste a los quince días, Ingenio San Antonio, 2009.

Contenido de humedad	Peso en Kilogramos (kg)
Valor alto	38.43 kg
Valor medio	19.80 kg
Valor bajo	1.30 kg
Promedio %	23.12 %

4.3.3 Medición de la troza a los veinte días

A los veinte días de ser depositada la troza en el patio de acopio (Anexo 9), se realizó un último pesaje y se encontró un valor alto de pérdida de humedad de 47.97 kg (0.04797 ton), un valor medio de pérdida de humedad de 24.59 kg (0.02459 ton) y un valor mínimo de pérdida de humedad de 1.50 kg (0.00150 ton). Determinando que en promedio se pierde el 28.90 % del peso húmedo original de la troza (Cuadro 11).

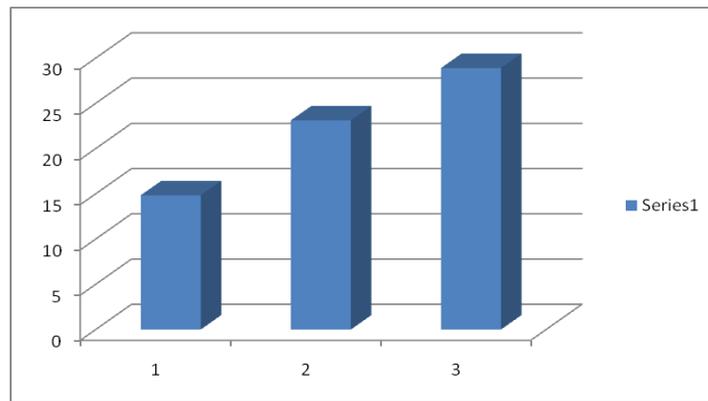
Cuadro 11. Contenido de humedad en el fuste a los quince días, Ingenio San Antonio, 2009.

Contenido de humedad	Peso en Kilogramos (kg)
Valor alto	47.97 kg
Valor medio	24.59 kg
Valor bajo	1.50 kg
Promedio %	28.90 %

Es necesario mencionar que los valores más altos en la pérdida de humedad encontrados al momento de realizarse el pesaje a los 5, 15 y 20 días que pasaron las trozas en el patio de acopio varió, mientras tanto, la troza de menor peso fue la que menos perdió en porcentaje de peso en los periodos de medición (Gráfica 1).

Cabe mencionar que la pérdida de la corteza en las trozas y el hecho de exponerlas directamente al sol atribuyeron a que su peso disminuyera en este lapso de tiempo.

Durante 20 días que es depositada la troza en el patio de acopio se procedió a realizar tres mediciones las cuales fueron a los cinco, quince y veinte días; determinado el valor promedio a cada troza en cada medición (Cuadro 12).



Gráfica 1. Porcentajes de pérdidas de humedad de las trozas a los 20 días, Ingenio San Antonio, Chichigalpa, 2009.

Cuadro 12. Perdida de humedad de las trozas en el patio de acopio, Ingenio San Antonio, 2009.

Contenido de Biomasa	Cinco días (kg)	Quince días (kg)	Veinte días (kg)
Valor alto	24.42	38.43	47.97
Valor medio	14.33	19.80	24.59
Valor mínimo	0.43	1.30	1.50
Promedio que pierde la troza	14.84%	23.12%	28.90%

4.4 Biomasa que pierde el fuste en la astilladora

En cuadro 13 se analiza que después de ser extraídas las trozas del patio de acopio se procedió a triturarla en la astilladora; encontrando que en esta etapa en promedio las trozas pierden 2 kg (0.002 ton) de su peso entrante a esta actividad y porcentualmente 5.43 % del peso total de estas (Anexo 6).

Cuadro 13. Pérdida de biomasa de las trozas en la astilladora, Ingenio San Antonio, 2009.

Contenido de biomasa	Peso en Kilogramos (kg)
Pérdida	2 kg
Promedio %	5.43 %

Analizando estos datos se puede afirmar que el 5.43 % del peso de cada troza sale como desperdicio provocado por la astilladora; mientras que el 94.57 % es aprovechado por las calderas de la empresa.

V. CONCLUSIONES

El contenido de biomasa en promedio encontrada en la plantación de 6 años *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh presentes en el follaje, ramas pequeñas, ramas grandes, fuste y sistema radicular es de 70.40 kg, lo equivale a 0.07040 ton; determinando que la empresa aprovecha 69.82 kg presente en la troza (fuste) de cada árbol y desaprovecha 0.58 kg que es el contenido presente en las otras partes restantes del árbol

El contenido de humedad que sufre la troza (fuste), en el lapso de veinte días que es depositada en el patio de acopio es de 24.59 kg, (0.02459 ton), relacionándolo de manera porcentual se considera que pierde el 28.90 % de su peso original a la entrada al patio de acopio.

Se determinó que las trozas en promedio pierden el 20% en su peso original a los 15 días después de ser depositadas en el patio de acopio, este dato es relevante ya que en el proyecto forestal se le aplica 20 días de secado a las trozas en el patio de acopio y calculando que en este tiempo pierda el 20% de su peso original.

En la etapa del astillado se encontró que las trozas pierden un promedio de 2 kg en el proceso de transformación de trozas a astillas por la máquina utilizada; y el porcentaje de biomasa es equivalente a 5.43% del peso original.

VI. RECOMENDACIONES

El tiempo que pasa la troza en el patio de acopio se puede reducir, ya que en los análisis de datos en este estudio se demostró que en promedio las trozas pierden el 20% de su peso a los quince días después de ser depositadas al patio de acopio.

Es conveniente que se continúe en la cuantificación del contenido de biomasa a diferentes edades, ya que es un árbol utilizado para la generación de energía y actualmente en Nicaragua no existe información relevante a este tema.

VII. BIBLIOGRAFIA

- Callo-Concha, D. Krishnamurthy, L. Alegre, J. 2000. Cuantificación del carbono secuestrado por algunos SAF's y testigos, en tres pisos ecológicos de la Amazonía del Perú. Resumen. Perú. 18 p.
- Cuba: Medio ambiente y Desarrollo. Cuantificación de biomasa del Fuste. Consultado el 30 de Enero, 2009. En: http://www.medioambiente.cu/revistama/5_06.asp
- Dauber, E.; Terán, J. y Guzmán, R. 2001. Revista Forestal Iberoamérica; Estimaciones de biomasa y carbono en bosques naturales de Bolivia. 16 p.
- Departamento de Montes, FAO. Consultado el 26 de Enero, 2010. Disponible en: <http://www.fao.org/DOCREP/004/AC459S/AC459S15.htm>
- Deposito de documento de la FAO, Inventario Forestal – Manual de campo. Consultado el 27 de Enero, 2010. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/008/ae578s/AE578S02.htm>
- Facultad de Ciencias Forestales UACH; Bosques PRO carbono UACH. 2008. Cuantificación del carbono. Consultado el 18 de Diciembre, 2008 en: http://www.uach.cl/procarbono/cuantificacion_del_carbono.html
- Gabriel A. Loguercio & Defossé G. 2001. Ecuaciones de Biomasa Aérea, Factores de Expansión y de reducciones de la Lengua *Nothofagus pumilio* (Poepp. Et Endl.) Krasser, en el So del Chubut, Argentina. Consultado el 18 de Diciembre, 2008. en: http://www.uach.cl/procarbono/pdf/simposio_carbono/44_Loguercio.PDF
- Geldres Edith, Gerding Víctor, E. Schlatter Juan. Biomasa de *Eucalyptus nitens* de 4-7 años de edad en un rodal de la X Región, Chile. Consultado el 30 de Septiembre, 2009. Disponible en: http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S071792002006000300001&script=sci_arttext
- Guerra C. Javier. Gayoso A. Jorge. Schlatter V. Juan. Nespolo R. Roberto. Análisis de la biomasa de raíces en diferentes tipos de bosques. Avances en la evaluación de *Pinus radiata* en Chile. Consultado el 28 de Enero, 2009. En: <http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0717-92002006000300001&script=sciarttext>.
- Hannover, Singen y Krenzthal. FICHA MUNICIPAL, Chichigalpa. Consultado el 07 de Julio, 2009. Disponible en: www.inifom.gob.ni/municipios/documentos/.../chichigalpa.pdf
- Muñoz Riveros, C. Cancino C., J. Espinosa B., M. 2005. Análisis de biomasa del vuelo de un rodal adulto de *Pinus radiata*. Consultado el 17 de Diciembre, 2008 en: http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0717-92002005000300004&script=sci_arttext

Servicio Nacional de Desarrollo y Administración Forestal. 2009. Guía técnica para la reforestación en Panamá. Dirección Nacional de Patrimonio Cultural. Consultado el 30 de Enero, disponible en: [http://: www.anam.gob.pa/forestal/guía%20técnica.htm](http://www.anam.gob.pa/forestal/guía%20técnica.htm)

Textos Científicos.2008. Biomasa. Consultado el 17 de Diciembre, 2008 en: www.textoscientificos.com/node/887

Vidal. A. Benítez Y;J. Rodríguez; R. J. Carlos, H. Gral.2003.Estimación de la biomasa de copa para árboles en pie de *Pinus caribaea var. Caribaea* en la E.F.I. La Palma de la provincia de Pinar del Río, Cuba. Estudio. 7p.

Vivas Soto, E. Ramírez Urtado, H. Cuantificación del almacenamiento de Carbono en Sistemas Agroforestales de Café (Coffea arábica) con sombra en la hacienda Santa Mura, Jinotega, Nicaragua, 2002. 54 p.

ANEXOS

Anexo 1. Resultado del porcentaje de materia seca en análisis de las plantas en el laboratorio



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LABORATORIO DE SUELOS Y AGUAS

RESULTADOS DE ANALISIS DE PLANTAS

NOMBRE: Lester Sabala / Ingenio San Antonio

FECHA : 27 / 03 / 09

Material Analizado : Hojas, Ramas, Fustes y Raices.

No.	Identificación	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Cu	Mn	Zn	PS	PH	%H
		%										g	
1	Arbol 01 : 006 Hojas										69.2	150.4	58.2
2	: 007 Ramas peq.										131.3	142	8.14
3	: 008 Ramas Grand.										30	44	46.66
4	: 009 Fustes										69.6	134.8	93.67
5	: 010 Raiz										67.4	102.7	52.37
6	Arbol 06 : 011 Hojas										38.3	83.6	54.18
7	: 012 Ramas peq.										162.5	177	8.92
8	: 013 Ramas Grand.										21.3	41.9	96.71
9	: 014 Fustes										70.2	118.7	69.08
10	: 015 Raiz										35.1	84.9	58.85
11	Arbol 02 : 016 Hojas										58.1	108.6	86.91
12	: 017 Ramas peq.										107.2	122.5	26.28
13	: 018 Ramas Grand.										45.9	61.8	34.64
14	: 019 Fustes										82.7	133.4	61.3
15	: 020 Raiz										54	86	59.25
16	Arbol 03 : 021 Hojas										25.8	28.9	12.01
17	: 022 Ramas peq.										165	183.8	11.39
18	: 023 Ramas Grand.										55.5	61.6	10.99
19	: 024 Fuste										73.5	98	33.33
20	: 025 Raiz										39.4	71.4	81.21
21	Arbol 09 : 026 Hojas										66.4	142.4	53.37
22	: 027 Ramas peq.										105.5	123.2	16.77
23	: 028 Ramas peq.										59.7	102.6	71.85
24	: 029 Fuste										82	145.7	77.68
25	: 030 Raiz										48.6	74.4	53.08
26	Arbol 07 : 031 Hojas										66.2	144.6	54.21
27	: 032 Ramas peq.										119.7	132.2	10.44
28	: 033 Ramas Grand.										34.6	43.3	25.14

Ing. MSc. Leonardo Garcia
Director LABSA



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LABORATORIO DE SUELOS Y AGUAS

RESULTADOS DE ANALISIS DE PLANTAS

NOMBRE: Lester Sabala / Ingenio San Antonio

FECHA : 27 / 03 / 09

Material Analizado: Hojas, Ramas, Fustes y Raices.

No.	Identificación	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Cu	Mn	Zn	PS	PH	%H
		%						ppm				g	
29	: 034 Fustes										71.1	104.5	46.97
30	: 035 Raiz										36.3	41.3	13.77
31	Arbol 08 : 036 Hojas										45.2	97.9	53.83
32	: 037 Ramas Peq.										94.5	102.5	8.46
33	: 038 Ramas Grand.										27	11.7	54.44
34	: 039 Fustes										60.1	110.2	83.36
35	: 040 Raiz										20.8	32.3	55.28
36	Arbol 05: 041 Hojas										26.1	28.8	10.34
37	: 042 Ramas Peq.										62.7	71.5	14.03
38	: 043 Ramas Grand.										28.4	41.4	45.77
39	: 044 Fustes										89.4	130	45.41
40	: 045 Raiz										86.2	102.7	19.14
41	Arbol 04: 046 Hojas										45.1	70.4	56.09
42	: 047 Ramas peq.										67	74.1	10.59
43	: 048 Ramas Grand.										38.9	49.7	27.76
44	: 049 Fustes										74.9	124.2	65.82
45	: 050 Raiz										76.6	119.7	56.26



Ing. MSc. Leonardo García
Director LABSA

Anexo 5. Medición de la biomasa acumulada en el árbol, Follaje, ramas grandes, ramas pequeñas, fuste limpio y raíz.

No Árbol	Biomasa Follaje (Kg)	Ramas Grandes		Biomasa Ramas Pequeñas (kg)	Fuste		Biomasa Raíz (kg)
		Volumen (m ³)	Biomasa (kg)		Volumen (m ³)	Biomasa (kg)	
M01	0,07	0,00012	0,09	0,13	0,08075	63,79	0,07
M02	0,07	0,00015	0,12	0,13	0,09334	73,74	0,07
M03	0,06	0,00007	0,05	0,17	0,04589	36,25	0,05
M04	0,07	0,00010	0,08	0,13	0,02910	22,99	0,07
M05	0,03	0,00010	0,08	0,17	0,00760	6,01	0,04
M06	0,06	0,00018	0,14	0,11	0,04379	34,59	0,05
M07	0,07	0,00014	0,11	0,13	0,02955	23,34	0,07
M08	0,07	0,00039	0,31	0,13	0,08366	66,09	0,07
M09	0,03	0,00010	0,08	0,17	0,03014	23,81	0,04
M010	0,05	0,00089	0,70	0,07	0,05280	41,72	0,08
M011	0,03	0,00007	0,05	0,17	0,01966	15,53	0,04
M012	0,03	0,00094	0,74	0,06	0,22398	176,95	0,09
M013	0,04	0,00104	0,82	0,16	0,22275	175,97	0,04
M014	0,07	0,00040	0,31	0,12	0,09786	77,31	0,04
M015	0,07	0,00130	1,03	0,11	0,28831	227,76	0,05
M016	0,05	0,00032	0,25	0,09	0,16589	131,06	0,02
M017	0,04	0,00047	0,37	0,16	0,08494	67,11	0,08
M018	0,06	0,00007	0,06	0,11	0,01374	10,86	0,05
M019	0,07	0,00016	0,12	0,13	0,06532	51,60	0,07
M020	0,05	0,00107	0,85	0,07	0,09085	71,77	0,08
M021	0,07	0,00019	0,15	0,13	0,05850	46,22	0,07
M022	0,07	0,00085	0,67	0,04	0,08187	64,67	0,08
M023	0,07	0,00040	0,32	0,12	0,10451	82,57	0,04
M024	0,05	0,00043	0,34	0,09	0,22942	181,24	0,02
M025	0,07	0,00102	0,81	0,12	0,11737	92,73	0,04
M026	0,07	0,00033	0,26	0,13	0,10195	80,54	0,07
M027	0,07	0,00022	0,17	0,12	0,15979	126,23	0,04
M028	0,05	0,00055	0,44	0,07	0,09960	78,69	0,08
TOTAL =	1,61	0,01207	9,52	3,34	2,72293	2151,14	1,61

FORMULAS

- Biomasa Follaje (kg) ----- $B_f = [P_f \times MS (\%)] \div 100$
- Volumen Ramas Grandes (kg) ----- $V_{rg} = (d_1^2 + d_2^2) * (\pi / 8) / * L$
- Biomasa Ramas Grandes (kg) ----- $B_{rg} = V_{rg} \times GE_r$
- Biomasa Ramas Pequeñas ----- $B_{rp} = [P_{rp} \times MS (\%)] \div 100$
- Volumen Fuste ----- $V_{fl} = (d_1^2 + d_2^2) * (\pi / 8) / * L$
- Biomasa Fuste ----- $B_{fl} = V_{fl} \times GE_{fl}$
- Biomasa Raíz ----- $B_r = [P_r \times MS (\%)] \div 10$

Anexo 6. Formato de registros para Patio de Acopio y Astillero. Contenido de biomasa

perdida y biomasa aprovechada por astilladora de la empresa. Ingenio San Antonio, Chichigalpa. 2009.

CODIGO	PEPA	PSPA	PEA	PR	BP	%Bpf	%BA
MO1	59,8748	39,00	38,65	35,95	2,70	6,99	93,01
MO2	68,0577	45,90	45,50	43,65	1,85	4,07	95,93
MO3	40,8147	23,60	22,90	19,95	2,95	12,88	87,12
MO4	27,6422	18,75	15,45	14,8	0,65	4,21	95,79
MO5	9,0810	5,90	5,15	4,55	0,60	11,65	88,35
MO6	57,2802	31,75	31,50	29,1	2,40	7,62	92,38
MO7	44,0080	25,40	25,00	23,25	1,75	7	93
MO8	88,8498	62,80	61,60	59,85	1,75	2,84	97,16
MO9	17,1704	13,45	13,25	12,3	0,95	7,17	92,83
MO10	108,5730	80,55	79,30	77,45	1,85	2,33	97,67
MO11	10,25	8,75	8,60	7,65	0,95	11,05	88,95
MO12	240,1978	195,80					
MO13	204,4824	156,80					
MO14	107,7747	72,35	72,20	69,3	2,90	4,02	95,98
MO15	301,7191	253,75					
MO16	160,3647	129,25	128,95	128,4	0,55	0,43	99,57
MO17	78,3861	50,69	50,00	48,15	1,85	3,70	96,30
MO18	20,9562	10,24	10,10	9,3	0,80	7,92	92,08
MO19	57,4092	44,75	44,27	41,15	3,12	7,05	92,95
MO20	80,9098	69,90	69,60	67	2,60	3,74	96,26
MO21	55,1574	32,70	32,20	31,6	0,60	1,86	98,14
MO22	73,6188	50,50					
MO23	123,7141	87,35					
MO24	200,4037	161,05	172,95	170,47	2,48	1,43	98,57
MO25	110,8310	75,70	86,46	82,2	4,26	4,93	95,07
MO26	120,8700	89,23					
MO27	164,3790	130,53	129,25	125,95	3,30	2,55	97,45
MO28	110,1923	88,05	79,30	76,15	3,15	3,97	96,03
Promedios					2 kg	5.43 %	94.57 %

PEPA: Peso del fuste a la entrada al patio de acopio (kg)
PSPA: Peso de l fuste a la salida del patio de acopio (kg)
PEA: Peso del fuste a la estrada a la astilladora (kg)
PR: Peso de los residuos al pasar el fuste por el astillero (kg)
BP: Biomasa perdida (kg)
%Bpf: Porcentaje de Biomasa perdida en el Fuste
%BA: Porcentaje de Biomasa Aprovechada.

FORMULAS

$$BP = PEA - PR$$

$$\%Bpf = BP / PEA * 100$$

Anexo 7. Volumen en m³ por Parcela, Ingenio San Antonio, Chichigalpa, 2009.

PARCELA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	TOTAL
VOLUMEN m ³	0.39	0.20	0.12	0.24	0.12	0.18	0.30	0.38	0.32	0.47	0.56	0.29	0.17	0.34	0.40	0.30	0.32	0.42	5.60

FORMULAS

$$V = \Pi/4 d^2 + AT * 0.43$$

Donde:

d²: Diámetro al cuadrado (cm).

AT: Altura total de los árboles (m).

0.43: Constante.

$$VP = \sum Va_1 + \dots + va_n$$

Donde:

VP= Volumen por Parcela (m³)

Va1: Volumen por árbol (m³)

Anexo 8. Biomasa contenida en los árboles por parcelas. Ingenio San Antonio, Chichigalpa. 2009.

PARCELA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	TOTAL
BIOMASA kg.	310.9	158.7	101.9	190.4	98.4	148.1	242.6	304.1	255.0	375.0	443.3	236.1	141.6	273.6	316.7	242.4	254.7	333.2	4427.16

FORMULA

$$Bp = VP * GE$$

VP= Volumen por parcela (m³)

GE= Gravedad específica de la madera (0.79 gr/ cm³)

Anexo 9. Pérdida de Peso de Humedad y Porcentaje de Pérdida de Peso Húmedo.

Código	PEPA	PSPA	Pérdida de Pesos en días			Pérdida en Porcentaje Pérdida Humedad			% Pérdida de Peso Húmedo		
			5 días	15días	20días	5 días	15 días	20días	5 días	15días	20días
M01	59,8748	39,00	-	43.95	39	-	15.92	20.87	-	26.59	34.86
M02	68,0577	45,90	-	50.30	45.90	-	17.76	22.16	-	26.10	32.56
M03	40,8147	23,60	-	26.95	23.60	-	13.86	17.21	-	33.96	42.17
M04	27,6422	18,75	-	21.35	18.75	-	6.29	8.89	-	22.76	32.16
M05	9,0810	5,90	-	6.80	5.90	-	2.28	3.18	-	25.11	35.02
M06	57,2802	31,75	45.95	37.90	31.75	14.33	19.38	25.53	25.02	33.83	44.57
M07	44,0080	25,40	29.45	28.65	25.40	14.56	15.36	18.61	33.08	34.90	42.29
M08	88,8498	62,80	72.10	66.15	62.80	16.75	22.70	26.05	18.85	25.55	29.32
M09	17,1704	13,45	15.40	14.17	13.45	1.77	3	3.72	10.31	17.47	21.61
M010	108,5730	80,55	90.90	83.70	80.55	17.67	24.87	28.05	16.27	22.91	25.81
M011	10,25	8,75	9.82	8.95	8.75	0.43	1.30	1.50	4.20	12.68	14.63
M012	240,1978	195,80	222.85	206.25	195.80	17.35	33.95	44.40	7.22	14.13	18.48
M013	204,4824	156,80	183.60	166.05	156.80	20.88	38.43	47.68	10.21	18.79	23.32
M014	107,7747	72,35	83.35	79.35	72.35	24.42	28.42	35.42	22.66	26.37	32.86
M015	301,7191	253,75	278.05	264.65	253.75	23.67	37.07	47.97	7.85	12.29	15.90
M016	160,3647	129,25	145.99	138.85	129.25	14.37	21.51	31.11	8.96	13.41	19.40
M017	78,3861	50,69	57.85	54.25	50.69	20.54	24.14	27.70	26.20	30.80	35.34
M018	20,9562	10,24	16.61	12.91	10.24	4.35	8.05	10.72	20.76	38.41	51.15
M019	57,4092	44,75	51.04	48.40	44.75	6.37	9.01	12.66	11.10	15.69	22.05
M020	80,9098	69,90	77.70	73.20	69.90	3.21	7.71	11.01	3.97	9.53	13.61
M021	55,1574	32,70	44.20	34.40	32.70	10.96	20.76	22.46	19.87	37.64	40.72
M022	73,6188	50,50	65	54.70	50.50	8.62	18.92	23.12	11.71	25.70	31.41
M023	123,7141	87,35	103.30	93.70	87.35	20.41	30.01	36.36	16.50	24.26	29.39
M024	200,4037	161,05	182.45	170.10	161.05	17.95	30.30	39.35	8.96	15.12	19.64
M025	110,8310	75,70	90.65	82.35	75.70	20.18	28.48	35.13	18.21	25.70	31.70
M026	120,8700	89,23	102.82	95.33	89.23	18.05	25.54	31.64	14.93	21.13	28.66
M027	164,3790	130,53	146.73	136.13	130.53	17.65	28.25	33.85	10.74	17.19	20.59
M028	110,1923	88,05	95.14	89	88.05	15.05	21.19	22.14	13.66	19.23	20.09
Promedios			96.13	78.16	73.37	14.35	19.80	24.59	14.84	23.12	28.90