

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE CIENCIAS DE LOS RECURSOS NATURALES RENOVABLES



DETERMINACIÓN DE BIOMASA AÉREA DE LA ESPECIE
***Miconia barbeyana* Cogniaux “Paliperro” EN EL BOSQUE**
RESERVADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE
LA SELVA

Tesis

Para optar el título de:

INGENIERO EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES

MENCIÓN FORESTALES

VIRGINIA CENTENO RENGIFO

PROMOCIÓN: 2003–I.

Tingo María – Perú

2008

P01

C43

Centeno Rengifo, Virginia

Determinación de Biomasa Aérea de la Especie *Miconia barbeyana* Cogniaux "Paliperro" en el Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María, 2008

64 h.; 9 cuadros; 14 fgrs.; 15 ref.; 30 cm.

Tesis (Ing Recursos Naturales Renovables Mención: Forestales) Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María (Perú). Facultad de Recursos Naturales Renovables.

MICONIA BARBEYANA COGNIAUX / BIOMASA AÉREA / BRUNAS

/ PALIPERRO / METODOLOGÍA / DISEÑO EXPERIMENTAL / TINGO

MARÍA / RUPA RUPA / LEONCIO PRADO / HUÁNUCO / PERÚ.



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo María - Perú



FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS

Los que suscriben, Miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 09 de mayo de 2007, a horas 12:00 m. en la Sala de Conferencias de la Facultad de Recursos Naturales Renovables, para calificar la tesis titulada:

“DETERMINACION DE BIOMASA AEREA DE LA ESPECIE *Miconia barbeyana* Cogniaux “Paliperro”

Presentado por la Bachiller: **VIRGINIA CENTENO RENGIFO**, después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las interrogantes formuladas por el Jurado, se declara aprobado con el calificativo de **“MUY BUENO”**.

En consecuencia la sustentante queda apta para optar el Título de **INGENIERO en RECURSOS NATURALES RENOVABLES, mención FORESTALES**, que será aprobado por el Consejo de Facultad, tramitándolo al Consejo Universitario para la otorgación del título correspondiente.

Tingo María, 10 de mayo de 2007

Ing. M.Sc. **RICARDO OCHOA CUYA**
Presidente



Ing. M.Sc. **LADISLAO RUIZ RENGIFO**
Vocal

AUSENTE

.....
Bigo. M.Sc. **EDILBERTO CHUQUILIN BUSTAMANTE**
Vocal

Ing. **JORGE LUIS VERGARA PALOMINO**
Asesor

DEDICATORIA

*A Dios por permitirme llegar
al término de mi carrera
anhelada.*

*En especial a mis queridos padres
Henry R. Centeno Fabián y Mary
Rengifo de Centeno con su apoyo
moral, dedicación invaluable y
sacrificio, hicieron posible la
culminación de mi formación
Profesional.*

*A mis hermanos (as)
Maritza, Henry, José y
Miriam y mi sobrino Henry.*

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional Agraria de la Selva, en especial a la Facultad de Recursos Naturales Renovables y a su plana docente, que contribuyeron en mi formación profesional.

Al Ing. Jorge Vergara Palomino, Blgo. Armando Eneque Puicon patrocinadores de esta investigación, por sus valiosas orientaciones técnicas y científicas en la culminación del presente trabajo y por la amistad durante mi carrera y la ejecución de la presente tesis.

A Sr. Leyden Fucs y Mario Sosa por su apoyo desinteresado en fase de campo y gabinete por sus orientaciones y valiosos consejos para la realización de este trabajo.

A mis amigos que me apoyaron en el trabajo de campo y elaboración del informe, y a todas las personas que han colaborado en la realización de la presente tesis.

ÍNDICE GENERAL

	Página
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1. Determinación de la biomasa.....	3
2.1.1. Medidas del tamaño de una sección.....	3
2.1.2. Diámetro de un árbol.	5
2.1.3. Medida práctica de la altura de un árbol.....	6
2.1.4. Determinación del volumen.....	7
2.1.5. Peso comercial de las maderas.....	10
2.2. Biomasa.....	12
2.2.1. Biomosas leñosas totales.....	12
2.3. Metodología para medir la captura de carbono en sistemas naturales y agrícolas de ladera.....	14
2.3.1. Biomasa aérea de los árboles en los bosques secundarios y cultivos permanentes	14
2.4. Formas de cuantificar biomasa.....	20
2.4.1. Alometría.....	20
2.4.2. Ajuste por mínimos cuadrados.....	20
2.5. Métodos de medición de stock de carbono.....	24
2.6. Secuestro de carbono.....	24
2.7. Estudios de estimación de la captura de carbono en biomasa forestal, realizados en el Perú.....	25
2.8. Descripción taxonómica del paliperro.....	26

III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	27
3.1. Características generales de la zona en estudio.....	27
3.1.1. Ubicación Política.....	27
3.1.2. Ubicación geográfica.....	27
3.1.3. Zona de vida.....	27
3.1.4. Condiciones climáticas.....	28
3.2. Materiales y equipos.....	28
3.2.1. Muestras.....	28
3.3. Metodología.....	30
3.3.1. Elección y evaluación de la muestra.....	30
3.3.2. Tumbado de los árboles y toma de datos de campo.....	30
3.3.3. Cálculo de la biomasa por cada árbol.....	31
3.3.4. Cálculo de la Biomasa según Brown.....	34
3.3.5. Obtención de fórmula alométrica y análisis de confiabilidad de datos.....	35
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	38
4.1. Procesamiento de datos de campo y cálculo de la biomasa.....	38
4.1.1. Medida del diámetro a la altura del pecho (dap).....	38
4.1.2. Volúmenes y densidad básica de <i>Miconia barbeyana</i>	39
4.1.3. Biomasa según el modelo de Brown.....	42
4.1.4. Desestimación de biomasa.....	43
4.2. Análisis de confiabilidad de datos.....	48
4.2.1. Planteo de la hipótesis.....	48
4.2.2. Análisis de correlación.....	49

4.2.3. Ajuste de datos por modelos de regresión.....	50
V. CONCLUSIÓN.....	58
VI. RECOMENDACIONES.....	60
VII. ABSTRACT.....	61
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	62
IX. ANEXOS.....	64

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
1. Características de los árboles de especies forestales y frutales seleccionados para establecer las ecuaciones alométricas.....	18
2. Datos preliminares al estudio.....	38
3. Cálculo de la Biomasa total de <i>Miconia barbeyana</i> , según estudio.....	41
4. Cálculo de Biomasa según BROWN.....	42
5. Comparación del grado de desestimación entre el estudio y según Brown.....	43
6. Resultados de análisis de correlación.....	50
7. Modelos de regresión usados para el ajuste de datos de biomasa de <i>Miconia</i>	51
8. Análisis de significación regresión lineal simple.....	52
9. Desestimación de biomasa en <i>Miconia barbeyana</i> usando el modelo de Brown.....	55

14. Porcentaje de desestimación ajustado de biomasa estudio y según el modelo de Brown de <i>Miconia barbeyana</i>	56
--	----

RESUMEN

Se determinó la biomasa de cinco individuos de *Miconia barbeyana*; dicha muestra fue tomada en el Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, fundamentalmente con la finalidad de comparar los resultados de biomasa de *Miconia barbeyana* con los resultados de biomasa según el modelo de Brown, obteniendo la desestimación que este ocasiona con su aplicación en la determinación de captura de carbono por ecosistemas boscosos.

El periodo de investigación fue de octubre 2004 a setiembre 2005. La metodología para determinar las densidades de la madera se sustenta en la Norma ITINTEC-PP-251- 008, valores de diámetro a la altura del pecho (dap), altura total (H), volúmenes de las secciones del tronco y ramas, y la recolección de hojas de cada individuo. Luego se procedió al secado de las muestras, obteniendo la densidad básica que relacionado con el volumen fresco total del tronco y ramas mas el peso seco de hojas, se calculó la biomasa total de cada individuo de *Miconia barbeyana*, que mediante el ajuste de los datos por el modelo de regresión polinómica; se obtuvo la desestimación de biomasa por el modelo de Brown, para los cinco individuos, valores que van de 40.20, 22.42, 16.86, 11.57 y 14.31 % respectivamente y un valor ponderado de desestimación de 21.07 % de la biomasa total de un individuo de *Miconia barbeyana*; por lo tanto dicho modelo de Brown debe restringirse al nivel de detalle que se requiera en estudios de biomasa.

I. INTRODUCCIÓN

Debido a la gran preocupación mundial por el incremento de los gases efecto invernadero; en el protocolo de Kyoto se propuso a todos los países industrializados la reducción de emisiones de gases efecto invernadero. Para lo cual éstos deben invertir en proyectos de captura de Carbono según los mecanismos propuestos por el protocolo de Kyoto.

Si se pone en funcionamiento los mecanismos propuestos por el Protocolo de Kyoto para el comercio de derechos de emisión, se permitirá que los países desarrollados reduzcan sus emisiones de gases de efecto invernaderos a través de compartir proyectos conjuntos con países en desarrollo. Este proceso necesita de una serie de antecedentes, requiriendo información básica sobre biomasa, la que debe estar fundamentada sobre evaluaciones cuantitativas confiables. Por lo tanto, toman realce las metodologías de medición de biomasa forestal. Según lo anterior, la determinación adecuada de la biomasa de un bosque tanto de unidades con o sin manejo, es un elemento fundamental debido a que permite establecer los montos existentes por unidad de superficie, tipo de bosques y por especie arbórea.

La determinación adecuada de la biomasa de un bosque, es un elemento de gran importancia debido a que ésta permite determinar los montos

de Carbono y otros elementos químicos existentes en cada uno de sus componentes. Esta información es de especial importancia en la actualidad, debido a la necesidad de conocer los montos de Carbono capturado por los bosques naturales y plantaciones, como un medio para mitigar los cambios climáticos generados por el consumo de combustibles fósiles, entre otros, que liberan una gran cantidad de dióxido de Carbono a la atmósfera (SCHLEGEL, 2000).

Es así que se planteó el siguiente trabajo de investigación, que consistió en determinar la biomasa real y al mismo tiempo determinar la biomasa total según Brown de *Miconia barbeyana* "Paliperro" la cual podría desestimar en un 30%, en el Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, con la finalidad de comparar ambos valores y así determinar las posibles diferencias.

El presente trabajo tuvo como objetivo, comparar los valores de biomasa según el método de Brown con la masa arbórea real *Miconia barbeyana*. "Paliperro".

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Determinación de la biomasa

La determinación adecuada de la biomasa de un bosque, es un elemento de gran importancia debido a que ésta permite determinar los montos de Carbono y otros elementos químicos existentes en cada uno de sus componentes. Esta información es de especial importancia en la actualidad, debido a la necesidad de conocer los montos de Carbono capturado por los bosques naturales y plantaciones, como un medio para mitigar los cambios climáticos generados por el consumo de combustibles fósiles, entre otros, que liberan una gran cantidad de dióxido de Carbono a la atmósfera (SCHLEGEL, 2000).

2.1.1. Medidas del tamaño de una sección

El tamaño de una sección puede ser estimado por el diámetro (d), la circunferencia (c) o la superficie (g). Si la definición de g no plantea ningún problema, no ocurre lo mismo para c y d (Figura 1).

La circunferencia será la longitud de la curva más pequeña circunscrita al trazo de la sección. Así definida, se ve que la cinta métrica da una medida exacta de la circunferencia. Si se llama diámetro a la distancia entre dos tangentes paralelas, se ve que la forcípula permite medirlo; pero se ve también que el valor del diámetro depende de la dirección en la que se va a hacer la medida (PARDE y BOUCHON 1994).

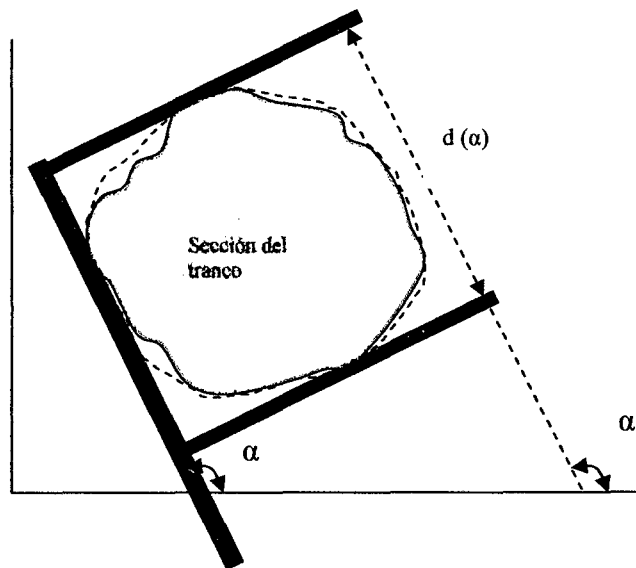


Figura 1. Circunferencia, diámetro y sección.

La circunferencia medida con cinta métrica esta representada por la línea de puntos que rodea la sección.

$$g' = \frac{c^2}{4\pi} = \frac{\pi d^2}{4} \geq g \quad (g' \text{ Estimación del valor exacto de } g)$$

Investigadores han intentado resolver el problema de manera pragmática midiendo dos diámetros d_1 , d_2 , pudiendo tomarse uno al azar; y el otro perpendicular, o el más grande y el más pequeño posible, etc. Se toma a continuación como estimador del diámetro:

- La media aritmética $(d_1 + d_2)/2$
- La media cuadrática $\sqrt{(d_1^2 + d_2^2)/2}$
- La media geométrica $\sqrt{d_1 d_2}$

Medida práctica de la sección de un árbol

PARDE y BOUCHON (1994), recomiendan que para la circunferencia, tomar la medida con cinta métrica; para un diámetro, medirlo con forcípula, una sola vez, al azar. Si por razones particulares, se quiere una medida más precisa de la superficie de la sección, tomar *la medida geométrica del diámetro más grande y del más pequeño. No se debe en ningún caso tomar la medida aritmética del diámetro más grande y del más pequeño.* En realidad, esta práctica introduce un error sistemático del mismo orden de magnitud que el obtenido tomando un único diámetro al azar.

2.1.2. Diámetro de un árbol. Forcípulas

El diámetro de un árbol en pie se mide a 1,30 m por encima del nivel del suelo. La superficie de la sección correspondiente a este nivel se llama sección normal del árbol. La mayoría de las veces, el diámetro se mide con la ayuda de la forcípula forestal de brazo móvil (o “bastringue”); en Francia, la graduación utilizada tiene una amplitud de 5 cm, lo que significa, por ejemplo, que un árbol de diámetro de 35 cm tiene en realidad un diámetro comprendido entre 32,5 y 37,49 cm. (Figura 2).

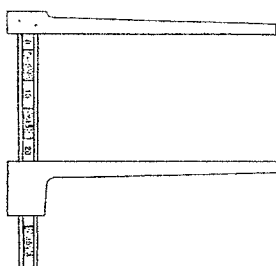


Figura 2. Forcípula forestal “compensada”

2.1.3. Medida práctica de la altura de un árbol

La altura de un árbol es la longitud del segmento de recta que une el pie del árbol a su yema terminal. Debido a esta definición, se comprende que las medidas de alturas sobre árboles apeados no rectilíneos corren a menudo el riesgo de ser sobreestimadas.

Es preciso también saber que la medida de la altura de árboles de frondosas plantea un problema particular (Figura 3). Si el operador procede sin precaución, tendrá tendencia a visar, en lugar del punto H, el punto A, que proporciona un ángulo de visual máximo. Se observa que la altura del árbol es sobreestimada en la longitud BH.

Muchos operadores estiman las alturas a ojo, colocando si es preciso, al pie del árbol, una pértiga vertical de longitud conocida -4m por ejemplo- para disponer de una base de referencia (PARDE y BOUCHON, 1994).

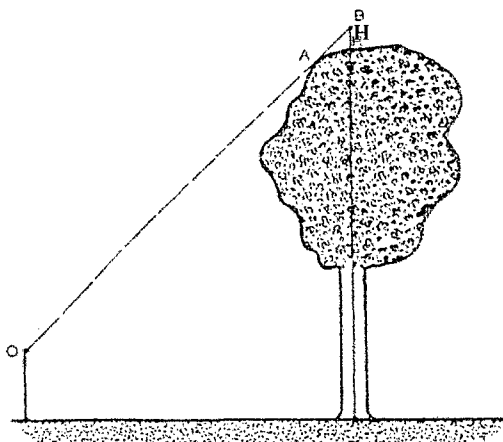


Figura 3. Medida de la altura de un árbol

PARDE y BOUCHON (1994), mencionan que el principio de los triángulos semejantes, basada en la antigua semilla y también cruz del leñador, compuesta de dos varillas de madera de igual longitud, una de ella sostenida cerca del ojo paralelamente al suelo, la otra primera verticalmente. Se avanza ó retrocede, hasta divisar el pie y la cima del árbol en la prolongación de las extremidades de la varilla vertical. Se mide entonces la distancia sobre el terreno, bien a pasos o con cinta.

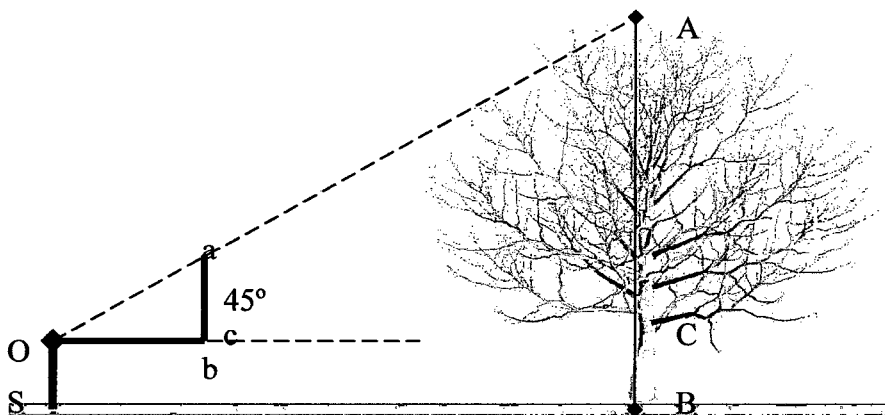


Figura 4. Diagrama del principio de triángulos semejantes

De la Figura 4:

$$\frac{AB}{ab} = \frac{OC}{Oc} \quad \text{y si } ab = Oc \quad AB = OC = SB$$

Siendo por supuesto, OC paralela a SB.

2.1.4. Determinación del volumen

PARDE y BOUCHON (1994), mencionan que el volumen comercial de un tronco que tiene por sección recta, la sección a la mitad de su longitud. En realidad, un árbol no tiene nunca una forma cilíndrica. Se puede decir que la cubicación comercial es igual al volumen geométrico para los

árboles de forma cilíndrica y paraboloides, pero que es inferior en una cuarta parte en el cono y de la mitad en el neiloide. No es fácil decir que tipo dendrométrico se aproxima más un determinado árbol. Si se llama r la relación entre el diámetro a la mitad de la altura y el diámetro de la base:

- tienden hacia el cilindro los troncos de árboles fustales de frondosas en masas densas, para los cuales $r = 0,85$ a $0,90$ en vez de 1 para el cilindro.
- Tienden hacia el paraboloides los buenos troncos de fustales resinosos en masas regulares, para los cuales r se aproxima al valor teórico de $0,70$.
- Tienden hacia el cono resinosos en estado de latizal, y ciertos troncos de fustales en masas fuertemente aclaradas (r tiende hacia $0,5$);
- Tienden hacia el neiloide ciertos árboles aislados de praderas, Sequoias u Tuyas en parques (r se aproxima a $0,35$)

Roussel (1974), citado por PARDE y BOUCHON (1994), observa que todas las formas intermedias se pueden encontrar en la naturaleza. Incluso ha encontrado árboles particularmente desfavorecidos, para los cuales la relación r era de orden de $0,30$: se puede hablar de hiper neiloide.

En resumen se puede decir que la forma de un árbol está relacionada con el desarrollo de la copa. Si la altura de la copa es pequeña con relación a la altura del árbol, se tendrán árboles de forma muy regular (cilíndrico, paraboloides). Por el contrario, si la copa está muy desarrollada, como en los árboles reserva de monte medio, se tendrán formas de fuste tendiendo hacia el cono.

Cálculo rápido del volumen comercial

PARDE y BOUCHON (1994), mencionan y recomiendan la norma francesa NF B 53-020, la cual ha adoptado como fórmula única:

$$V = \frac{\pi}{4} d^2 \ell \qquad \frac{\pi}{4} = 0.7854$$

Donde:

ℓ = longitud de la pieza en metros.

d = su diámetro a la mitad de su longitud en metros.

Algunos prefieren señalar que la sección a la mitad de su longitud se puede escribir:

$$S = \pi * R^2 = 2 * \pi * R * \frac{R}{2}$$

Si se emplea, pues, para medir la circunferencia en el medio, la forcípula forestal doblemente graduada de la que acabamos de mencionar, se obtendrá fácilmente un valor bastante aproximado de esta sección multiplicando la circunferencia por la cuarta parte del diámetro (circunferencia y diámetro se leen simultáneamente sobre la forcípula). No quedará nada más que multiplicar por la longitud de la troza.

Finalmente, para un cálculo más rápido, se puede también escribir:

$$V = \frac{\pi}{4} * D^2 * L = 0.7854 * D^2 L \approx 0.8 * D^2 L$$

2.1.5. Peso comercial de las maderas

Según norma francesa B 53-020:

Establece que salvo estipulación contraria, el resultado del peso debe estar relacionado con la masa anhidra expresada en toneladas de madera anhidra, después de la determinación de la humedad en una muestra.

También menciona que la utilización del peso está prohibida salvo estipulación contraria, para determinar después el volumen mediante coeficientes empíricos en el caso de utilización de madera basada en sus características dimensionales.

PARDE y BOUCHON (1994), mencionan que el uso de la densidad o peso específico para estimar el volumen leñoso tiene algunas inconvenientes que es preciso conocer bien:

- La densidad verde de la madera; relación $\frac{\text{peso...verde}}{\text{volumen..verde}}$ disminuye en el curso de los días desde el derribo hasta la pesada.
- Esta densidad varía según las especies y aún para una misma especie, según las regiones y según las procedencias.
- En un mismo tronco, disminuye radialmente, cuando se progresa del cambium hacia el duramen; también disminuye longitudinalmente del pie del árbol hasta la quinta parte de su altura, la madera de las ramas no tiene la misma densidad que la madera del tronco (en general, más densa en las resinosas que la madera del tronco).
- La densidad verde varía según las estaciones.

VIGNOTE (1996), describe a la densidad o peso específico, como la relación entre el peso P y el volumen de una madera.

$$\gamma = \frac{P}{V}$$

Como el peso y el volumen de una madera está afectado por el porcentaje de humedad, al hablar de densidad se debe siempre significar la humedad a la que esta hecha la medida, es decir que se debe hablar de densidad de la madera a una determinada humedad como puede ser el 0% (densidad anhidra), del 12 % (humedad normal) ó a otra humedad de la madera.

$$\rho_h = \frac{P_h}{V_h}$$

Debe observarse como la cantidad de agua de dos maderas con el mismo porcentaje de humedad aun puede ser muy diferente. Así, si comparamos la cantidad de agua que tiene el chopo (densidad seca de 0.35gr/cm³) con la que tiene el roble (densidad seca de 0.75 gr/cm³) al 50% de humedad, los valores que alcanzan por m³ son los siguientes:

$$\text{Chopo.....} \frac{50 * 0.35 \text{gr} / \text{cm}^3}{100} = 175 \text{l} / \text{m}^3$$

$$\text{Roble.....} \frac{50 * 0.75 \text{gr} / \text{cm}^3}{100} = 375 \text{l} / \text{m}^3$$

Es decir, que el roble al 50% tiene más del doble de agua que el chopo al 50%.

El peso específico normal de la madera es muy variable según especies. Así, existen maderas que apenas tienen una densidad de 0,2 gr/cc

(madera de balsa) a maderas de 1,4 gr/cc (madera de quebrancho, o madera de palo de hierro). La máxima densidad teórica que puede tener una madera es de 1,54 gr/cc, dado que ésta es la densidad de la pared celular.

A pesar de las grandes variaciones de densidad, se puede calificar a la madera como un material ligero, si se la compara con otros materiales, tales como el hormigón (2.2 gr/cc) o el acero (7,8 gr/cc)

2.2. Biomasa

La biomasa o masa biológica, es la masa total de los seres vivos presentes en una determinada área en un momento determinado y suele expresarse en toneladas de materia seca por unidad de superficie ó de volumen, de lo que se deduce que se trata de un concepto difícil de cuantificar y medir, pero es un concepto útil al proporcionar una orientación sobre la riqueza en materia orgánica que en un determinado momento posee un ecosistema. La cuantificación de la biomasa en un ecosistema, es una tarea relativamente compleja, sobre todo en el estrato superior (IPARRAGUIRRE, 2000).

2.2.1. Biomosas leñosas totales

Los valores de las biomosas leñosas, subterráneas (raíces, cepas) y también aéreas (tronco, ramas hasta punta delgada 0 cm, a veces incluso hojas) interesan cada vez más a los científicos, que buscan determinar, sin olvidar nada, la productividad biológica de los ecosistemas forestales (ACOSTA et al. 2002).

Los investigadores separan primer lugar el árbol, joven ó adulto, en sus diferentes partes constitutivas: tronco, ramas gruesas, ramillas, eventualmente raíces repartidas en subcategorías, etc.

Estiman a continuación los volúmenes verdes por categorías, utilizando si es necesario (ramas y raíces) una cuba kilométrica: el volumen de agua desplazada cada vez es igual al volumen verde leñoso introducido en la cuba.

Los pesos verdes se obtienen rápidamente, por pesadas directas, bien globales, bien sobre muestras.

Es preciso de todas maneras pasar a continuación por mediación de una muestra a la estimación de los pesos secos; sobre el tronco, por ejemplo, se cortarán rodajas de 5 cm de espesor a diferentes niveles.

Estas rodajas son pesadas verdes, luego secas después de pasar por la estufa. Se calculan luego las biomásas totales, clase por clase de productos, a partir de las relaciones $\frac{\text{peso..seco}}{\text{peso..fresco}}$.

Estas operaciones sucesivas exigen a los operarios tiempo (son por consiguiente caras) y meticolosas.

Las fitomasas correspondientes se expresan, salvo indicación contraria explícita, en peso anhidro; las piezas de madera consideradas son, antes de ser pesadas, secadas en estufa a 105°, hasta peso constante (lo que puede llevar varios días; 85° solamente para las hojas). Es también posible pasar de volúmenes a pesos secos anhidros por intermedio de las densidades secas (PARDE y BOUCHON, 1994).

2.3. Metodología para medir la captura de carbono en sistemas naturales y agrícolas de ladera

2.3.1. Biomasa aérea de los árboles en los bosques secundarios y cultivos permanentes

Biomasa de los árboles mayores de 2,5 cm de diámetro: Las especies dominantes en los bosques secundarios y *acahuales* (vegetación que se establece y persiste algunos años después de la roza-tumba-quema) en la Sierra Norte de Oaxaca eran: *Clethra hartwegii* Britt. (*Clethra*), *Rapanea myricoides* (Schl.) Lundell. (*Rapanea*), *Alnus glabrata* Fernald. (*Alnus*), *Liquidambar macrophylla* Oerst. (*Liquidambar*), *Inga* sp. (*Inga*) y *Quercus peduncularis* Née. (*Quercus*) y *Pinus* sp. (*pino*). A estas especies se les calculó sus respectivas ecuaciones alométricas. Luego, alguna de ellas se agruparon para simplificar el cálculo.

Para generar las ecuaciones alométricas se hizo un muestreo destructivo de varios individuos (5 a 12 individuos por especie), en función de la disponibilidad de árboles, incorporando en la muestra árboles con un amplio intervalo de exploración posible en cuanto a su tamaño. A cada individuo seleccionado se le midió el diámetro a la altura del pecho (*dap*) antes de ser derribado. Los árboles pequeños ($2,5 \text{ cm} < \text{dap} < 10 \text{ cm}$) y las plantas de café se cortaron al nivel del suelo. El método para generar las ecuaciones alométricas de los duraznos fue distinto. En este caso se cortaron ramas justo en la base del tronco y se midió su diámetro en el punto de inserción de éstas en el tronco, ya que no era posible derribarlos por razones económicas. Las

ramas de esta especie tienen una arquitectura muy parecida a la del árbol. Al material seccionado se le midió la biomasa. Los árboles más grandes ($d_{ap} > 10$ cm) fueron cortados en secciones, tanto el fuste principal como las ramas, para obtener submuestras.

Con el fin de determinar la relación peso seco/peso fresco del tronco y de la copa, a diferentes alturas, y calcular la biomasa total de cada árbol, se obtuvieron siete rodajas de aproximadamente 5 cm de espesor en siete posiciones del tallo principal en los individuos con diámetro > 10 cm (Figura 5). Las primeras tres rodajas (P1 a P3) se obtuvieron de la sección correspondiente al fuste limpio; P1 a 0,30 m, P2 a 1,3 m desde el suelo (correspondiente a la altura del pecho) y P3 en la parte media entre P2 y la base de la copa. Las otras cuatro rodajas se obtuvieron de cuatro secciones en las que se dividió la copa desde su base hasta el ápice. Estas rodajas correspondieron a la base de cada una de esas secciones (P4 a P7).

La relación peso seco/peso fresco de cada rodaja se utilizó para obtener el peso seco de cada sección del tronco del árbol a partir de su respectivo peso fresco. El mismo procedimiento se utilizó para obtener el peso seco de las ramas (incluyendo el follaje) de cada sección de la copa a partir de la relación peso seco/peso fresco de las ramas muestra. La suma del peso seco de las secciones del tronco y copa, constituyó la biomasa total de cada árbol. Para realizar esta estimación fue necesario emplear ecuaciones alométricas. Éstas se generaron con información obtenida después de medir el

diámetro normal (DN) o diámetro a la altura del pecho, su altura (H) y la cobertura de copa en árboles seleccionados, con un diámetro $>2,5$ cm. Estos árboles fueron luego derribados. Los árboles seleccionados correspondieron a aquellas especies dominantes en cada circunstancia. El fuste de cada árbol se dividió en siete partes (tres correspondiente al tronco y cuatro a la sección de la copa, ver Figura 3) y cada una de estas se pesó en fresco en el campo (BALBONTIN, 2005).

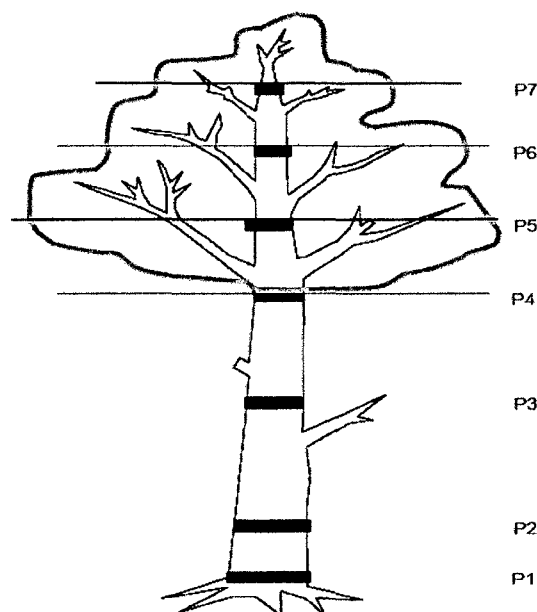


Figura 5. Metodología seguida para seccionar árboles en la estimación de su biomasa

Se tomaron probetas (rodajas de aproximadamente 5 cm de espesor) del tronco: en la base de éste, a la altura de 1,3 m y otra a la mitad de la distancia entre el punto de medida del diámetro normal y la base de la copa, las que también se pesaron en campo. La copa se dividió en cuatro secciones

y de la base de cada sección a lo largo del fuste, se obtuvo de manera aleatoria una probeta. Además, de cada sección de la copa se seleccionó una rama la cual se pesó con hojas en campo y se trajo integra al laboratorio para obtener su peso seco.

En el laboratorio, tanto las probetas, las ramas, como los árboles completos menores de 2,5 cm de diámetro normal, se secaron a 75 °C durante 48 h con el fin de obtener el peso seco. Se calculó el porcentaje de humedad de cada componente, el cual se utilizó para calcular el peso seco de las partes que quedaron en el campo y estimar finalmente el peso seco total de cada árbol (BALBONTIN, 2005).

El peso seco total por árbol > 2,5 cm de cada especie se relacionó con su DN y se procedió a ajustar un modelo que proviene de la función de crecimiento alométrica y que expresado en su forma exponencial es (ecuación 1):

$$Y=aX^b \quad (1)$$

Donde Y es la biomasa en kilos, X es el diámetro normal en centímetros, a y b son los parámetros a estimar. En su forma lineal la función se expresa de la siguiente manera (ecuación 2): $\ln(Y) = (a)+b \ln(X)$ (2)

Las características dasométricas de las especies forestales y cultivadas empleadas para la generación de las ecuaciones alométricas se presentan en el Cuadro 1. El dap de las especies forestales varió de 3.3 (*Liquidambar*) a 25 cm (*Inga*) y su biomasa de casi 2 (*Quercus*) a 285 kg (*Inga*).

Los diámetros y biomasa de *Clethra* (14,8 cm y 40,4 kg) fueron menores que las de las demás especies. Café y durazno, las especies cultivadas, tuvieron un diámetro y una biomasa promedio de 4,15 cm y 3,79 kg.

Cuadro 1. Características de los árboles de especies forestales y frutales seleccionados para establecer las ecuaciones alométricas.

Especies	n_m	dap (cm)			Biomasa por árbol (Kg)				
		Prom ^j	Min [□]	Max [△]	DE [•]	Prom ^j	Min [□]	Max [△]	DE [•]
<u>Forestales</u>									
Agnus	10	12,84	3,9	23,5	6,42	48,41	2,82	147,17	50,95
Quercus	8	11,97	3,4	22,6	7,17	72,16	1,91	199,11	75,33
Rapanea	6	9,95	4,3	20,6	6,06	35,50	3,94	119,36	44,08
Clethra	6	7,47	3,5	14,8	4,53	15,24	2,22	40,44	16,49
Liquidambar	10	11,68	3,3	23,9	7,55	76,92	2,25	238,24	89,55
Inga	12	15,05	8,4	25,0	5,24	94,55	23,49	285,69	79,03
<u>Frutales</u>									
Coffea arabica	10	4,15	2,7	5,3	0,87	3,79	1,85	7,64	1,62
Prunus persica	11	3,58	1,33	6,03	1,59	1,69	0,115	4,78	1,50

Prom=valor promedio, [□] Min=valor mínimo, [△] Max= valor máximo, [•] DE=desviación estándar.
Fuente: BALBONTIN (2005).

La observación de las curvas de regresión (Figura 6) hizo pensar que esta familia de curvas correspondiente a las especies forestales podría asimilarse en uno o dos subgrupos.

A pesar de la similitud de éstas, al comparar la homogeneidad de los parámetros de regresión entre las especies forestales, la hipótesis nula (igualdad) fue rechazada, por lo que no se puede ajustar de manera satisfactoria un solo modelo a la base de datos de las especies involucradas en el estudio.

Al asimilar los modelos en dos grupos, el primero incluyendo a las especies de mayor dap (*Quercus*, *Liquidambar* e *Inga*, subgrupo QLI) y en el segundo a las tres especies restantes (*Alnus*, *Clethra* y *Rapanea*, subgrupo ACR), se encontró que existía homogeneidad de parámetros dentro de cada subgrupo, por lo que se utilizaron las ecuaciones generadas para cada grupo.

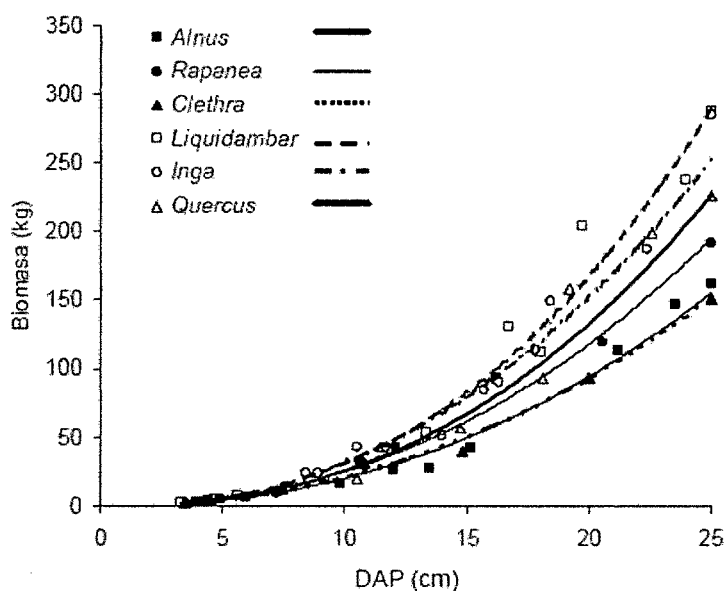


Figura 6. Curvas que representan las ecuaciones alométricas para las especies forestales.

La validez de las ecuaciones alométricas generadas en este estudio debe restringirse al rango de variación de las dimensiones del arbolado incluido en la muestra. Su extrapolación sólo debe hacerse a las mismas especies en otros sitios o regiones siempre y cuando presenten características similares de crecimiento.

2.4. Formas de cuantificar biomasa

2.4.1. Alométrica

Es cuando se mide una parte del individuo para inferir el total. Como una primera aproximación se estimaron a partir de datos de volumen de fuste y valores de densidad de biomasa aérea arbórea (BA) de los bosques regionales, aplicando las ecuaciones alométricas desarrolladas por Brown, para bosques tropicales húmedos. La biomasa aérea arbórea se estima usualmente mediante la aplicación de ecuaciones de regresión alométrica a un conjunto de árboles de una parcela medida.

El método Brown se puede aplicar de manera general a bosques secundarios y maduros presentes desde climas húmedos y secos. Sin embargo, lo mas apropiado es usarlo en bosques densos ya que los datos originales usados para desarrollar el modelo, provinieron de tales tipos de bosques (HERNÁNDEZ, 2001).

2.4.2. Ajuste por mínimos cuadrados

KESSLER (2005), menciona que es muy normal considerar más de una variable asociada a un experimento. En este caso, más que la distribución de cada variable por separado, nos puede interesar en particular las relaciones que existan entre ellas. Donde se distingue una variable llamada “respuesta”, cuya amplitud depende de los valores de otras variables llamadas

“explicativas”, y cómo deducir un modelo para la evolución de la primera en función de estas últimas.

Hay dos utilidades principales al disponer de un modelo: explica la manera en la que cambios en los valores de una variable explicativa induce cambios en el valor de la variable respuesta. Por ejemplo, si se sabe que la temperatura media Y en agosto en San Javier evoluciona en función del año según el modelo:

$$\text{Temperatura} = -582,5 + 0,31\text{año},$$

Se deduce que en promedio, la temperatura media en agosto aumenta de 0.3 grados cada año.

KESSLER (2005), ilustra las nociones primero en el caso de una variable respuesta que llamaremos Y y una variable explicativa que llamaremos X .

X	X_1	X_2	X_n
Y	Y_1	Y_2	Y_n

Caso de una recta

El caso más utilizado de ajuste por mínimo cuadrados al ajuste por una recta, es decir cuando consideramos una variable explicativa X y buscamos ajustar un modelo de la forma regresión lineal simple.

$$Y = aX + b.$$

Obtención de la recta ajustada donde la suma de cuadrados se escribe:

$$y - \bar{y} = \frac{S_{xy}}{S_x^2}(x - \bar{x})$$

Bondad de ajuste

Los residuos se pueden demostrar sin dificultad con la variancia

residual:

$$S_e^2 = S_y^2 \left(1 - \frac{(S_{xy})^2}{S_x^2 S_y^2} \right)$$

De esta ecuación se deduce que la cantidad $\frac{(S_{xy})^2}{S_x^2 S_y^2}$ puede medir la

calidad del ajuste. De aquí los siguientes parámetros: la cantidad $r = \frac{S_{xy}}{S_x S_y}$ se

llama coeficiente de correlación (de Pearson) de X e Y.

La cantidad $R^2 = \frac{(S_{xy})^2}{S_x^2 S_y^2}$ se llama coeficiente de determinación.

Propiedades de r y R²

De la fórmula $S_e^2 = S_y^2(1 - R^2)$, ver (1.6), deducimos que R² está siempre comprendido entre 0 y 1, y cuanto más cercano esté de 1, mejor es el ajuste, puesto que corresponderá a una variancia residual menor. En particular, deducimos que si R² = 1, la variancia residual S_e² es nula, lo que quiere decir que la dispersión de los residuos es nula: todos los residuos son iguales, y por lo tanto iguales a su media, que vale 0, todos los puntos de la nube están situados en la recta, el ajuste es perfecto. Se suele considerar un valor de R²

mayor que 0,8 como correspondiente a un ajuste bueno, mientras que un valor mayor que 0,9 corresponde a un ajuste muy bueno.

Puesto que $R^2 = r^2$ y $0 \leq R^2 \leq 1$, deducimos que el coeficiente de correlación r está siempre comprendido entre -1 y 1 . Si $r = \pm 1$, el ajuste de los puntos observados por una recta es perfecto. El coeficiente de correlación se interpreta en general como una cantidad que cuantifica la asociación lineal que existe entre dos variables: cuanto más cerca de ± 1 , más se aproxima la nube de puntos a una recta. Además por la definición de r , sabemos que r es del mismo signo de la covarianza.

Por lo tanto, si r es positivo y cercano a 1 , los datos apoyan la existencia de una asociación lineal positiva entre las dos variables, mientras que si es negativo y cercano a -1 , presentan una asociación lineal negativa.

Modelo potencial

El modelo potencial es de la forma $y = bX^a$. La forma de la nube de puntos correspondiente depende del valor de a . La transformación que utilizamos es la misma que para el modelo exponencial: aplicamos los logaritmos.

Modelo teórico original		Modelo transformado
$y = bX^a$	cojer ln →	$\ln(y) = \ln(b) + a \ln(x)$ $y' = b' + a'x'$

Introducimos las variables transformadas $Y' = \ln(Y)$, y $X' = \ln(X)$, éstas satisfacen una relación lineal: $y' = a'x' + b'$. Seguimos los mismos pasos que en el apartado anterior con los datos transformados.

2.5. Métodos de medición de stock de Carbono

Para la cuantificación del Carbono de los bosques se prefieren los métodos que miden stock porque permiten relacionar los inventarios de Carbono directamente con los inventarios forestales tradicionales y son mucho más sencillos y menos costosos que los métodos que miden flujos.

Los métodos de medición de stock de Carbono en bosques se basan principalmente en la aplicación de las ciencias forestales y del suelo, que calcula el número de árboles del bosque y la biomasa asociada biomasa aérea y subterránea y el contenido de Carbono en el suelo (GAYOSO y SCHLEGEL, 2001).

2.6. Secuestro de Carbono

Es el proceso de fijación de carbono en forma continua en cualquier sistema de uso de la tierra como consecuencia de alguna intervención sobre áreas degradadas o en proceso de degradación. Estas intervenciones pueden ser programas de manejo de suelos con reforestación, agroforestación o conservación de suelos. Generalmente los estimados de las cantidades fijadas de carbono se expresa en toneladas de carbono por hectárea y año (TM/ha/año). Se puede medir en diferentes sistemas de uso de la tierra cuyos antecedentes (tiempo de uso principalmente), son conocidos por

los agricultores. Estos sistemas pueden ser el bosque primario, áreas quemadas para cultivos anuales o plantaciones, bosques secundarios de diferentes edades, pasturas, sistemas agroforestales, barbechos mejorados, sistemas silvopastoriles, etc. Así en todos estos sistemas se determina el secuestro de carbono.

Los árboles y los bosques almacenan Carbono. Varios estudios sugieren que las posibilidades de almacenaje son potencialmente altas. Presentan cantidades de referencia sobre tasas de secuestro y pérdida de C en los bosques tropicales. Un bosque primario cerrado almacena, entre suelo y vegetación, cerca de 250 toneladas de Carbono por hectárea; si se convirtiera a agricultura migratoria liberaría cerca de 200 toneladas, y un poco más si se convirtiera a pastizales o agricultura permanente. Los bosques abiertos albergan alrededor de 115 toneladas de Carbono, y liberarían entre un cuarto y un tercio si se convirtieran a otro uso (BALBONTIN, 2005).

2.7. Estudios de estimación de la captura de Carbono en biomasa forestal, realizados en el Perú

Gamarra, citado en el SIMPOSIO INTERNACIONAL MEDICION Y MONITOREO DE LA CAPTURA DE CARBONO EN ECOSISTEMAS FORESTALES 2001, realizó un estudio en el que estima el contenido de Carbono en plantaciones de *Eucaliptus globulus* Labill, en la comunidad Campesina de Haulhuas, Junín, Perú.

Barbarán, citado en el SIMPOSIO INTERNACIONAL MEDICION Y MONITOREO DE LA CAPTURA DE CARBONO EN ECOSISTEMAS FORESTALES 2001, realizaron un estudio sobre la cuantificación de biomasa y Carbono en principales sistemas de uso de suelo en campo verde, Ucayali – Perú.

2.8. Descripción taxonómica del paliperro

Según Cronquist, citado por MOSTACERO *et al.*(2002):

Clase : Magnoliopsida

Subclase : Rosidae

Orden : Myrtales

Familia : Melastomataceae

Genero : Miconia

Especie : Barbeyana

Nombre Científico : *Miconia Barbeyana* Cogniaux

Nombre vulgar : “paliperro”

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Características generales de la zona en estudio

3.1.1. Ubicación Política

El estudio de investigación se realizó en el Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva ubicado en la ciudad de Tingo María, distrito Rupa Rupa, provincia de Leoncio prado, departamento de Huánuco (Figura 29).

3.1.2. Ubicación geográfica

Latitud sur : 09° 09' 00"

Longitud oeste : 75° 59' 00"

Altitud : 641 m.s.n.m.

3.1.3. Zona de vida

Ecológicamente de acuerdo a la clasificación de zonas de vida o de formaciones vegetales del mundo y el diagrama bioclimático de HOLDRIGE (1994), la zona de Tingo María se encuentra en la formación vegetal de bosque muy húmedo Premontano Sub tropical (bhm-PST).

3.1.4. Condiciones climáticas

Temperatura máxima	:	29.4°C
Temperatura mínima	:	19.5°C
Temperatura media anual	:	24.2°C
Precipitación promedio anual	:	3200 mm.

3.2. Materiales y equipos

3.2.1. Muestras

Se seleccionó la especie o muestra de *Miconia barbeyana*. “Paliperro”, que se recolectó en el Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (Figura 7) e identificado en el Herbario de la Universidad Nacional Agraria la Molina (Anexo – D)

Equipos e instrumentos

- Motosierra Sthil
- Cinta diamétrica
- GPS Garmin 12 XL
- Libreta de campo
- Estufa
- Bolsas de plástico
- Plumón indeleble
- Papel craff
- Equipo fotográfico



Figura 7. Puntos de muestreo – Imagen satelital 2000.

3.3. Metodología

3.3.1. Elección y evaluación de la muestra

Se procedió a realizar un muestreo en función a la disponibilidad de árboles mediante el método destructivo a cinco individuos de la especie Paliperro (*Miconia barbeyana*), elegidos aleatoriamente, teniendo en cuenta que debían de tener el rango de la clase diamétrica entre 50 a 100 cm de diámetro, los cuales tuvieron la misma edad aparente y diámetro mínimo de corte. La identificación inicial de las especies fue realizada con la ayuda de un matero. A cada individuo se le midió el diámetro a la altura del pecho (dap) antes de ser derribado.

3.3.2. Tumbado de los árboles y toma de datos de campo

Luego de determinar el dap, se procedió al tumbado (Ver Anexo A) de los árboles, teniendo como datos los siguientes: la fecha de tumbado, dap, altura comercial, altura total y coordenadas UTM de la posición de cada árbol.

Una vez tumbado cada árbol se procedió a recolectar sus hojas (Figura 17) para pesar en estado húmedo, a cada árbol se seccionó (Figura 19), por partes, tanto el tronco como las ramas determinando los siguientes parámetros físicos: superficie de los extremos y longitud de la sección. También se obtuvo 10 probetas (Figura 21), de cada árbol para poder encontrar la densidad básica de cada individuo.

3.3.3. Cálculo de la biomasa por cada árbol

Cálculo de la densidad saturada, anhidra y básica

La determinación de la densidad de *Miconia barbeyana* "Paliperro" se realizó de acuerdo con la Norma ITINTEC-PP-251- 008. Se preparó las probetas de 3x3 cm de sección transversal y 10 cm de longitud; las probetas se seleccionaron al azar en un número de 10 probetas por árbol.

Después de la obtención de las diez probetas por cada árbol, se procedió al pesado de cada muestra obteniendo el peso fresco (gr) y su volumen (cm^3) en húmedo, seguidamente la muestra después de haber sido sometida a estufa a 102 °C, se logró obtener el peso seco (gr) y volumen seco (cm^3). Para el cálculo de la densidad saturada se utilizó la fórmula siguiente:

$$\gamma_s = \frac{w_f(\text{gr})}{\text{vol}_f(\text{cm}^3)}$$

Donde:

$$\gamma_s = \text{Densidad saturada (gr/cm}^3\text{)}$$

$$w_f = \text{Peso fresco (gr)}$$

$$\text{vol}_f = \text{Volumen fresco (cm}^3\text{)}$$

Luego para el cálculo de la densidad anhidra se utilizó la siguiente formula:

$$\gamma_{anh} = \frac{w_s (gr)}{vol_s (cm^3)}$$

Donde:

$$\gamma_{anh} = \text{Densidad anhidra (gr/cm}^3\text{)}$$

$$w_s = \text{Peso seco (gr)}$$

$$vol_s = \text{Volumen seco (cm}^3\text{)}$$

Después de la obtención de la densidad saturada y anhidra de las diez muestras por cada árbol se ponderó los valores y se obtuvo la densidad básica ponderada de cada árbol, la cual se utilizó para la determinación de la biomasa. Para el cálculo de la densidad básica se utilizó la siguiente formula:

$$DB = \frac{Ws(g)}{Vol_f (cm^3)}$$

Donde:

$$DB = \text{Densidad básica (g/ cm}^3\text{)}$$

$$w_s = \text{Peso seco (g)}$$

$$V_f = \text{Volumen fresco (cm}^3\text{)}$$

Cálculo de la Biomasa de las hojas del árbol

Se recolectó todas las hojas del árbol tumbado y se obtuvo el Peso fresco total (Ver Anexo), de ese peso se obtuvo una muestra; la cual se llevó a estufa (Ver Anexo), hasta poder obtener el peso seco. El cual se obtuvo hasta tener el peso constante de dicha muestra.

$$PST = \left(\frac{PFT * PSM}{PFM} \right)$$

Donde:

PFM = Peso fresco de la muestra

PSM = Peso seco de la muestra

PFT = Peso fresco total

X = PST = variable a encontrarse Peso seco total que será la
Biomasa total de las hojas

Cálculo del volumen de las secciones

En el cálculo de la biomasa se determinó el volumen de cada sección (ramas y tronco) y así poder obtener el volumen total de cada árbol que multiplicado por la densidad básica, se obtuvo la biomasa del tronco y ramas.

V1	V2	V3
----	----	----

Se calculó el volumen de cada sección con la formula siguiente:

$$V = \left(\frac{S_1 + S_2}{2} \right)^2 * 0.7854 * \text{largor}$$

Donde:

$V = \text{Volumen (m}^3\text{)}$

$S_1 = \text{Sección mayor (m}^2\text{)}$

$S_2 = \text{Sección menor (m}^2\text{)}$

0.7854 = Factor de conversión

Cálculo de la Biomasa de cada árbol

Para la obtención de la biomasa de cada árbol se procedió al siguiente cálculo:

$$B_{Ai} = W_a + W_r + W_h$$

Donde:

$B_{Ai} = \text{Biomasa total del } i \text{ésimo árbol (Kg)}$

$W_a = \text{Peso arbórea} = DB * vol_i; \text{ del } i \text{ésimo árbol (Kg)}$

$W_r = \text{Peso de ramas del } i \text{ésimo árbol (Kg)}$

$W_h = \text{Peso de hojas del } i \text{ésimo árbol (Kg)}$

3.3.4. Cálculo de la Biomasa según Brown

Sistematizando y analizando la información mediante la ecuación alométrica de Brown (BALDOCEDA, 2002).

$$Y = 0.118 * D^{2.53}$$

Donde:

$Y = \text{biomasa del árbol individual (Kg.)}$

$D = \text{diámetro a la altura del pecho (m)}$

3.3.5. Obtención de fórmula alométrica y análisis de confiabilidad de datos

Para el análisis de los datos se tomó el ajuste por mínimos cuadrados y se procedió a ajustar un modelo que proviene de la función de crecimiento alométrica, específicamente el modelo de potencial, el cual se describe a continuación:

$$Y = aX^b$$

En donde Y es la biomasa en kilos, X es el dap en centímetros, a y b son los parámetros a estimar. En su forma lineal la función se expresa de la siguiente manera (ecuación 2):

$$\ln(Y) = (a) + b \ln(X)$$

Para obtener la fórmula alométrica se valió del ajuste por mínimos cuadrados siguiendo los siguientes pasos.

Primero se tiene las dos variables a comparar:

$$dap(m) = X = X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_n$$

$$Biomasa(Kg) = Y = (Y_1 + Y_2 + Y_3 + \dots + Y_n)$$

Procediendo a obtener los componentes de la ecuación de una

recta:

$$y - \bar{y} = \frac{S_{xy}}{S_x^2}(x - \bar{x})$$

$$\bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_n}{n} \quad \bar{X}^2 = \frac{X_1^2 + X_2^2 + X_3^2 + \dots + X_n^2}{n}$$

$$\bar{Y} = \frac{Y_1 + Y_2 + Y_3 + \dots + Y_n}{n} \qquad \bar{Y}^2 = \frac{Y_1^2 + Y_2^2 + Y_3^2 + \dots + Y_n^2}{n}$$

$$\overline{XY} = \frac{X_1Y_1 + X_2Y_2 + X_3Y_3 + \dots + X_nY_n}{n}$$

Después se dedujo lo siguiente:

$$S_x^2 = \frac{n}{n-1} (\bar{X}^2 - (\bar{X})^2)$$

$$S_y^2 = \frac{n}{n-1} (\bar{Y}^2 - (\bar{Y})^2)$$

$$S_{xy} = \frac{n}{n-1} (\overline{XY} - (\bar{X})(\bar{Y}))$$

Luego reemplazando en la fórmula se obtuvo:

$$\ln(Y) = (a) + b \ln(X) \Rightarrow Y = aX^b$$

Bondad de ajuste

Los residuos se pueden demostrar sin dificultad con la variancia

residual:

$$S_e^2 = S_y^2 \left(1 - \frac{(S_{xy})^2}{S_x^2 S_y^2} \right)$$

De esta ecuación se dedujo que la cantidad $\frac{(S_{xy})^2}{S_x^2 S_y^2}$ puede medir la

calidad del ajuste. De aquí los siguientes parámetros: la cantidad $r = \frac{S_{xy}}{S_x S_y}$ se

llama coeficiente de correlación (de Pearson) de X e Y.

La cantidad $R^2 = \frac{(S_{xy})^2}{S_x^2 S_y^2}$ se llama coeficiente de determinación.

Para dar veracidad a la hipótesis planteada se tuvo que valer de los modelos de regresión y así se pudo determinar la desestimación de biomasa, cuando se utiliza la fórmula planteada por Brown.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Procesamiento de datos de campo y cálculo de la biomasa

4.1.1. Medida del diámetro a la altura del pecho (dap)

Para generar las ecuaciones alométricas se hizo un muestreo destructivo de 5 individuos de *Miconia barbeyana*, teniendo en cuenta la disponibilidad de árboles, incorporando en la muestra árboles con un amplio intervalo de exploración posible en cuanto a su tamaño. Antes de ser derribado cada individuo seleccionado se obtuvo el diámetro a la altura del pecho (dap), ordenándose de menor a mayor, 57,3; 65,5; 69,3; 75,5 y 99,00 cm. Los rangos de altura comercial fue de 8,00 a 16,00 m. por otro lado las alturas totales fueron en un rango de 32,0 a 34,0 m. (Cuadro 2).

Cuadro 2. Datos preliminares al estudio de determinación de biomasa

Fecha tumbado	Nº de árbol	dap(cm)	h.	H total(m)	Coordenadas UTM	
			comercial (m)		Este	Norte
09/02/2005	4	57,30	14,30	32,00	390688	8970603
08/02/2005	3	65,50	14,70	27,80	390800	8970575
14/09/2005	5	69,30	17,00	30,00	390897	8970763
15/11/2004	1	75,50	8,00	25,70	390682	8970644
07/02/2005	2	99,00	16,60	34,00	390974	8970534

4.1.2. Volúmenes y densidad básica de *M. barbeyana*

Los demás componentes que se midió para el cálculo de la biomasa fueron cortados en secciones, tanto el fuste principal como las ramas, para obtener submuestras.

Con el fin de determinar la relación peso seco/peso fresco del tronco y de la copa, y calcular la biomasa total, se obtuvieron diez probetas de 3*3 cm de sección transversal y 10 cm de longitud en diez posiciones del tallo principal en los individuos con diámetro > 10 cm. Dichos datos fueron procesados para obtener la densidad saturada, anhidra y básica, de las cuales se pudo determinar una densidad básica máxima de 0,56 gr/cm.³ y una densidad básica mínima de 0,55 gr/cm.³, llegando a un promedio de 0,56 gr/cm.³ (Cuadro 3).

En la determinación de los volúmenes se pudo obtener que van desde los 8,25 a los 26,17 m³ para los dap menor de 0,57 m y 0,99 m respectivamente (Cuadro 3). De igual manera la biomasa de hojas, que fue de 48,91 a 64,12 Kg y biomasa de ramas que van de 226,38 Kg para un dap de 0,75 m y 601,49 Kg para un dap. de 0,99 m, observando que para el dap menor de la muestra (0,56 m) se obtuvo una biomasa en ramas de 466,93 Kg.

Para un mejor análisis se realizó una simulación de comparación de coeficientes de variabilidad de biomasa arbórea, hojas y ramas, arrojando 55,0 %, 12,0 % y 53,0 % respectivamente, teniendo una menor variación los

valores de biomasa en hojas. La biomasa del árbol 2 en el cual se midió un dap de 0,99 m, se obtuvo 3 veces más que las demás árboles es decir 15546,07 Kg (Cuadro 3).

Cuadro 3. Cálculo de la Biomasa total de *Miconia barbeyana*, según estudio.

N° de Árbol	dap (m)	DB (gr/cm3)	DB(kg/m3)	H (m)	Volumen (m³)	Masa Arbórea(Kg)	W hojas (kg)	W ramas (kg)	Biomasa Total (kg)
Árbol 4	0,57	0,56	560,99	32,00	8,25	4704,21	48,91	466,93	5220,06
Árbol 3	0,65	0,55	558,80	27,80	9,36	5325,69	48,68	1084,52	6458,91
Árbol 5	0,69	0,56	568,43	30,00	11,31	6379,25	56,74	593,16	7029,16
Árbol 1	0,75	0,56	565,21	25,70	11,50	6503,25	60,17	226,38	6789,81
Árbol 2	0,99	0,56	568,55	34,00	26,17	14880,44	64,12	601,49	15546,07
Total		0,564							41044,031
Promedio						7558,573	55,730	594,503	8208,806
Desviación estándar						4160,753	6,843	313,032	
CV (%)						0,55	0,12	0,53	

Si bien se conoce que las relaciones alométricas se desarrollan cuando se mide una parte del individuo para inferir el total, para el estudio y una comparación de estimación de la biomasa, se tuvo que valer de ecuaciones alométricas las cuales se estimaron a partir de datos de volumen de fuste y valores de densidad de biomasa aérea arbórea (BA).

4.1.3. Biomasa según el modelo de Brown

Según HERNANDEZ (2001), menciona que el método Brown se puede aplicar de manera general a bosques secundarios y maduros presentes desde climas húmedos y secos. Sin embargo, lo más apropiado es usarlo en bosques densos ya que los datos originales usados para desarrollar el modelo, provinieron de tales tipos de bosques.

Usando el modelo de Brown se pudo estimar la biomasa de cada árbol de la muestra (Cuadro 4).

Cuadro 4. Calculo de Biomasa según BROWN

Nº de Árbol	dap	dap exp. 2.53	Biomasa (kg/árbol)
Árbol 4	57,30	28062,81	3322,63
Árbol 3	65,50	39363,20	4660,60
Árbol 5	69,30	45399,92	5375,35
Árbol 1	75,50	56390,48	6676,63
Árbol 2	99,00	111932,71	13252,83
TOTAL			33288,05
Promedio			6657,61

4.1.4. Desestimación de biomasa

VIGNOTE (1996), explica que el peso y el volumen de una madera está afectado por el porcentaje de humedad, al hablar de densidad se debe siempre significar la humedad a la que esta hecha la medida, es decir que se debe hablar de densidad de la madera a una determinada humedad como puede ser el 0% (densidad anhidra), del 12 % (humedad normal) o a otra humedad de la madera. Por lo tanto el grado de desestimación que puede provocar, cuando se trata de relacionar componentes para calcular la biomasa de diferentes especies arbóreas, sus valores pueden ser fuertemente desestimados. Tal como lo demuestran los resultados obtenidos en el Cuadro 5, al comparar la estimación de biomasa por el método de Brown y el estudio.

Cuadro 5. Comparación del grado de desestimación entre el estudio y según Brown

Nº de árbol	Biomasa - estudio (kg)	Biomasa - Brown (kg)	Diferencia (kg)	% Diferencia
Árbol 4	5220,06	3322,63	1897,42	36,34
Árbol 3	6458,91	4660,60	1798,31	27,84
Árbol 5	7029,16	5375,35	1653,81	23,52
Árbol 1	6789,81	6676,63	113,18	1,66
Árbol 2	15546,07	13252,83	2293,24	14,75
Promedio				20,82

Se puede observar que el porcentaje de desestimación para el árbol 4, según el método de Brown es de 36,34 % equivalente a 1897,42 Kg de biomasa, de igual manera para el árbol 2 se desestimó un 14,75% equivalente a 2293,24 Kg de biomasa, por consiguiente solo en 5 especies de *Miconia barbeyana* se desestimo 7755,97 Kg; equivalente a un árbol con un dap de 0,80 cm, lo cual hace demostrar que la desestimación es proporcionalmente a la biomasa.

VIGNOTE (1996), también menciona que la densidad en maderas debe observarse como la cantidad de agua de dos maderas con el mismo porcentaje de humedad puede ser muy diferente. Por lo que el roble al 50% de humedad tiene más del doble de agua que el chopo al 50%. Entonces el peso específico normal de la madera es muy variable según especies y aun más en sus diferentes partes vegetativas. Así, existen maderas que apenas tienen una densidad de 0,2 gr/cc (madera de balsa) a maderas de 1,4 gr/cc (madera de quebracho, o madera de palo de hierro). La máxima densidad teórica que puede tener una madera es de 1,54 gr/cc, dado que esta es la densidad de la pared celular.

Las características dasométricas de las especies forestales son complejamente variables de una especie a otra, tal como lo menciona VIGNOTE (1996), en la importancia que tiene el peso específico o densidad como propiedad física, por que es un índice muy bueno de todas las propiedades de la madera.

En el Figura 8 se observa que el porcentaje de desestimación mayor es de 36,35 %, correspondiente al árbol 4 y el de menor porcentaje es de 1,67 %, correspondiente al árbol 1.

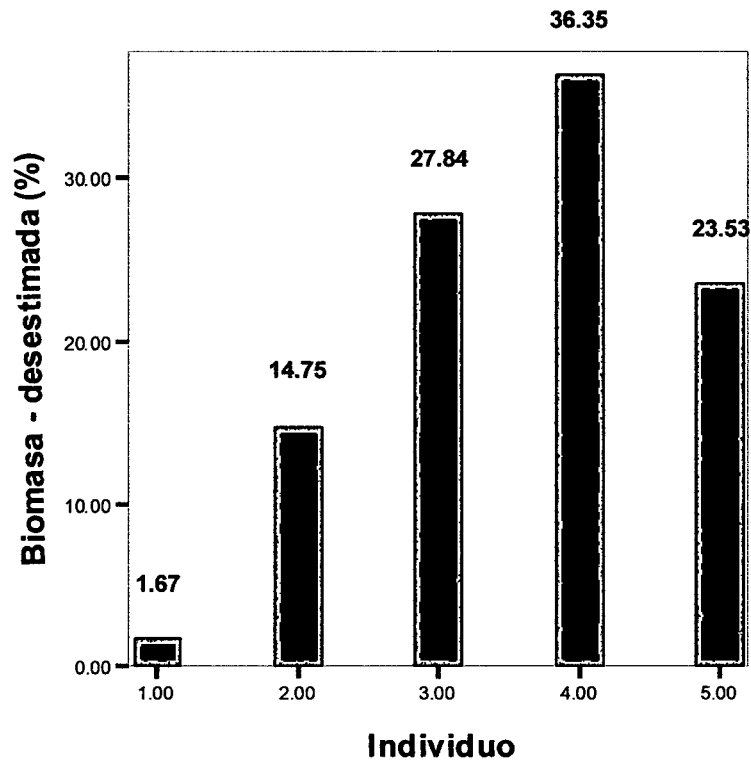


Figura 8. Porcentaje de desestimación por el método de Brown en cada árbol estudiado

Brown citado por HERNANDEZ (2001), menciona que la estimación adecuada de la biomasa de un bosque, es un elemento de gran importancia debido a que ésta permite determinar los montos de carbono y otros elementos químicos. Dicho autor desarrolló formulas alométricas incluyendo sólo como variable independiente el diámetro a la altura del pecho. En la figura 9, se muestra una similitud en cuanto al perfil que forman la curva de estimación de biomasa estudio y el modelo utilizado por Brown.

Existen métodos indirectos que permiten determinar la biomasa arbórea, que a través de ecuaciones y mediante un análisis de regresión se puede tener una aproximación. En la Figura 10, se observa que el perfil formado por las curvas de estimación de biomasa estudio y biomasa según modelo de Brown, existe menor correlación, que el comparado con el dap.

En el Figura 9, se puede observar el crecimiento de dos curvas de estimación de biomasa, según método de Brown y los resultados de la investigación.

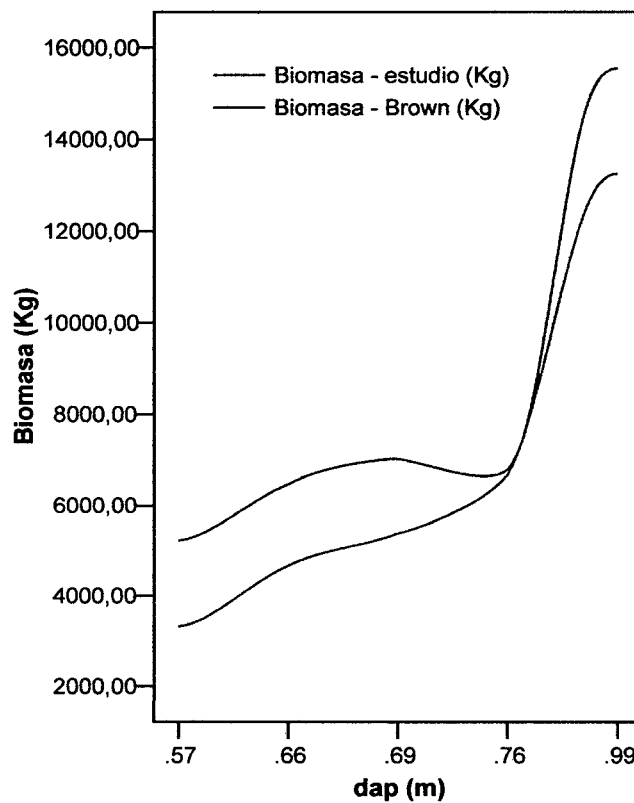


Figura 9. Comparación de estimación de biomasa según estudio en proyecto y según Brown.

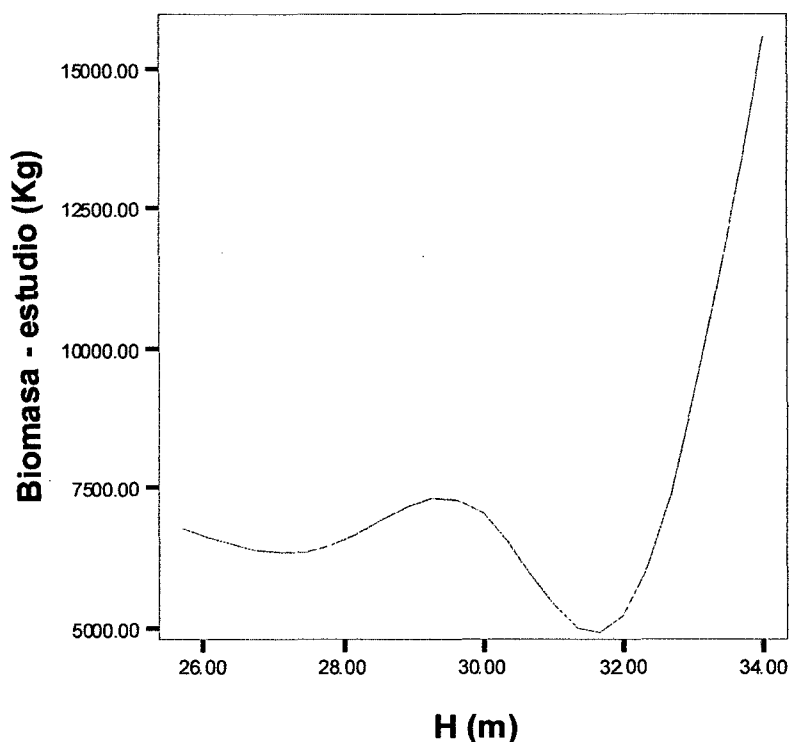


Figura 10. Comparación de estimación de biomasa entre estudio vs altura total.

La cantidad de biomasa desestimada mediante el modelo de Brown comparada con la estimación de biomasa del estudio realizado es de 1897,42 Kg para el árbol 4 y 2293,24 Kg, para el árbol 2, correspondiente a un nivel de desestimación de aproximadamente cerca de la tercera parte de la biomasa total de cada árbol (Figura 11).

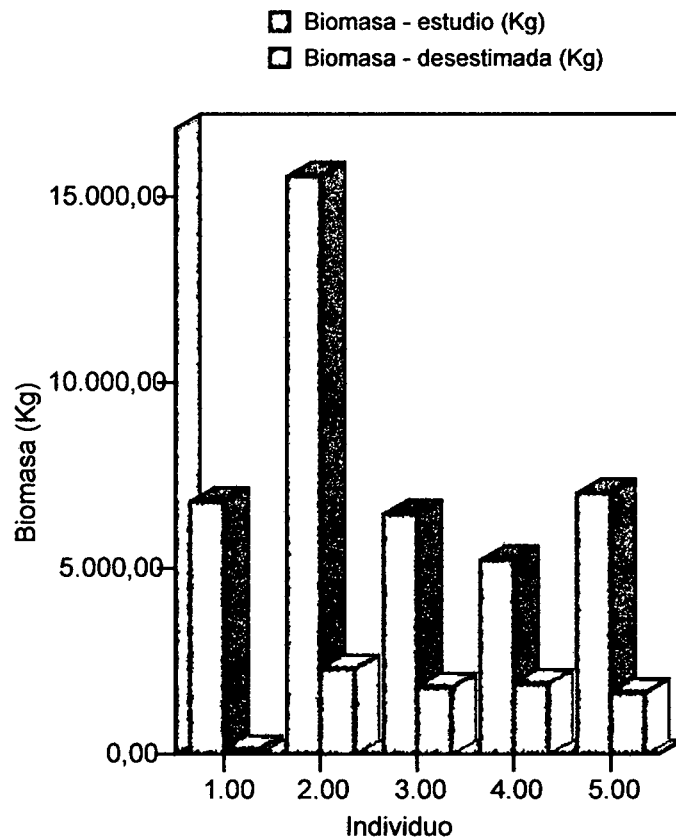


Figura 11. Desestimación de biomasa según el modelo de Brown para la especie *Miconia barbeyana*

4.2. Análisis de confiabilidad de datos

4.2.1. Planteo de la hipótesis

Para la realización del análisis de confiabilidad de datos se utilizó el análisis de correlación, optándose por plantear las siguientes hipótesis:

Para la correlación existente entre dap vs Biomasa

Ho: Existe una correlación significativa entre dap y biomasa de *Miconia barbeyana*.

Ha: No existe una correlación significativa entre dap y biomasa de *Miconia barbeyana*.

Para la correlación existente entre altura vs biomasa

Ho: Existe una correlación significativa entre H y biomasa de *Miconia barbeyana*.

Ha: No existe una correlación significativa entre H y biomasa de *Miconia barbeyana*.

Para la correlación entre la biomasa estudio y biomasa según Brown

Ho: Existe una correlación significativa entre biomasa estudio y biomasa según Brown de *Miconia barbeyana*.

Ha: No existe una correlación significativa entre biomasa estudio y biomasa según Brown de *Miconia barbeyana*.

4.2.2. Análisis de correlación

Como resultado de este análisis se obtuvieron coeficientes de correlación de 0,957, para las variables de dap vs biomasa estudio, siendo la correlación significativa a un nivel de significación de 0,05 de probabilidad, 0,993, para las variables dap y biomasa según Brown, siendo significativo a un nivel de significación de 0,01, por consecuencia aceptándose la hipótesis nula, cuando se correlacionó la altura total de *Miconia barbeyana* vs biomasa estudio se obtuvo un valor de 0,609, interpretándose como no significativo, dando lugar a rechazar la hipótesis nula. Por otro lado la correlación existente entre la biomasa estudio y biomasa según Brown fue de 0,981 significativa a un nivel de confianza de 0,01 de probabilidad aceptando la hipótesis nula (Cuadro 6).

Dicho coeficiente de correlación interpretándose como la cantidad que cuantifica la asociación lineal que existe entre dos variables; es decir que cuanto más cerca de ± 1 estén los valores más se aproximan la nube de puntos a una recta.

Cuadro 6. Resultados de análisis de correlación

		Correlaciones			
		dap (m)	H (m)	Biomasa - estudio (Kg)	Biomasa - Brown (Kg)
dap (m)	Correlación de Pearson	1	,378	,957(*)	,993(**)
	Sig. (bilateral)		,531	,011	,001
	N	5	5	5	5
H (m)	Correlación de Pearson	,378	1	,609	,470
	Sig. (bilateral)	,531		,276	,424
	N	5	5	5	5
Biomasa - estudio (Kg)	Correlación de Pearson	,957(*)	,609	1	,981(**)
	Sig. (bilateral)	,011	,276		,003
	N	5	5	5	5
Biomasa - Brown (Kg)	Correlación de Pearson	,993(**)	,470	,981(**)	1
	Sig. (bilateral)	,001	,424	,003	
	N	5	5	5	5

* La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral).

** La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

4.2.3. Ajuste de datos por modelos de regresión

Debido a que la obtención de datos es muy reducida, se optó por el análisis de regresión donde se desarrollaron y ajustaron mediante los modelos de regresión lineal, potencial, exponencial, polinómica y logarítmica para la especie *Miconia barbeyana* existente en el Bosque Reservado de la UNAS. Los modelos que mejor estimaron la biomasa son del tipo alométrico, de las formas potencial, exponencial y polinómica, las cuales se presentan en el Cuadro 7.

Cuadro 7. Modelos de regresión usados para el ajuste de datos de biomasa de *Miconia barbeyana*.

Modelo de Regresión	Fórmula obtenida para el ajuste	Coefficiente de determinación(R ²)	Bondad de ajuste
Lineal	$y = 25210x^{-10275}$	0,9162	Muy bueno
Logarítmica	$y = 19025\ln(x) + 14441$	0,869	Bueno
Exponencial	$y = 1144.5e^{2.57x}$	0,95	Muy bueno
Potencial	$y = 14430x^{1.9656}$	0,9194	Muy bueno
Polinómica	$y = 54508x^2 - 61433x + 22861$	0,9824	Muy bueno

Donde: Y = biomasa (Kg); X= dap (m)

Estos modelos presentan un alto coeficiente de determinación ajustado (r^2 ajust), con un valor más alto de 0,9824 (Cuadro 7), para el modelo de regresión polinómica. Los modelos y parámetros antes mencionados fueron significativos ($p < 0,05$).

Mediante el uso de una herramienta, paquete SPSS, se determinó los parámetros estadísticos descriptivos, resumen general del modelo y el análisis de varianza a un nivel de significación de 5%.

Interpretando los valores obtenidos del análisis de regresión se puede observar que regresión no es significativa a un nivel de significación de 0,05 rechazando la hipótesis nula y aceptando la alternativa; en la que no existe una regresión significativa (Cuadro 8).

Cuadro 8. Análisis de significación regresión lineal simple

Modelo		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1	Regresión	63435665,254	1	63435665,254	32,814	,011(a)
	Residual	5799619,469	3	1933206,490		
	Total	69235284,723	4			

a Variables predictoras: (Constante), dap (m)

b Variable dependiente: Biomasa - estudio (Kg)

VIDAL *et al.*(2002), mencionan que las ecuaciones usadas para determinar la biomasa arbórea de *Pinus tropicalis* solo se tomaron en cuenta el diámetro normal de los árboles como variable independiente. Esto sucede por que a pesar de que la altura está relacionada con las variables dependientes estimadas, su aporte a los modelos no es significativo. Es así que para los modelos usados en el estudio de determinación de biomasa de *Miconia barbeyana* no se tomó en cuenta la altura de los individuos.

La observación de las curva de regresión (Figura 12) hace pensar que de acuerdo a su coeficientes de determinación podría asimilarse a un calificativo de un buen ajuste, pues el número de datos disponibles en el estudio fue muy reducido, pues para poder determinar una ecuación para determinar biomasa, debe de contarse con un mayor número de datos.

A pesar de la similitud de éstas, pues no se puede ajustar de manera satisfactoria un solo modelo a diferentes especies, pues la gran variabilidad de parámetros y variables influyen en la determinación de la biomasa.

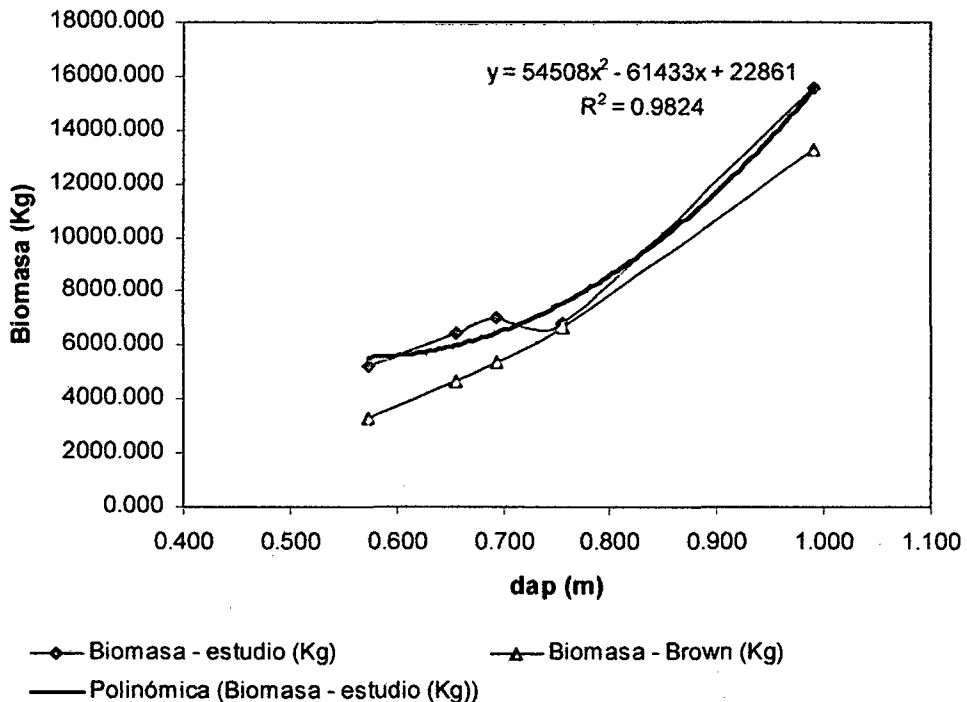


Figura 12. Ajuste de datos de determinación de biomasa estudio vs dap, mediante regresión polinómica.

La ecuación para determinar biomasa de *Miconia barbeyana* se ajustó durante el período en que los cinco individuos contaban con todo su follaje, por lo que la estimación de biomasa es confiable, independientemente del periodo del año en que se lleve a cabo el muestreo de campo.

La validez de la ecuación alométrica generada en este estudio debe restringirse al rango de variación de las dimensiones del arbolado incluido en la muestra. Su extrapolación sólo debe hacerse a la misma especie en otros

sitios o regiones siempre y cuando presenten características similares de crecimiento.

Para poder determinar la desestimación de biomasa de *Miconia barbeyana* y compararla con la estimación de biomasa, usando el modelo de Brown; se tuvo que proceder al uso de varios modelos de regresión, basándose en la dispersión de los puntos (Figura 13), escogiéndose el modelo que tiene el mas alto valor en cuanto al coeficiente de determinación y la observación de la curva de ajuste.

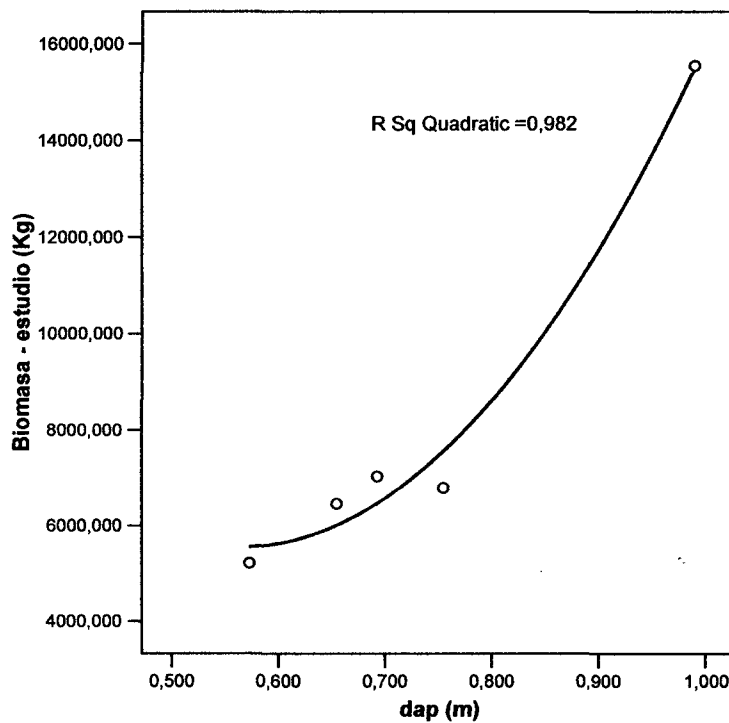


Figura 13. Dispersión de datos de biomasa estudio vs dap mediante modelo de regresión.

Teniendo en cuenta que el modelo de Brown para determinar biomasa, se sostiene en un rango amplio exploratorio de diferentes especies,

obteniendo dicho modelo de varios análisis de regresión, es que se pudo aproximar y determinar la desestimación de biomasa; obteniéndose un valor máximo de 40,20 % correspondiente al individuo 4. y un valor mínimo de 11,57 % correspondiente al individuo 1, con una valor ponderado de desestimación de 21,07 % (Cuadro 9 y Figura 14) de la biomasa total de un individuo de *Miconia barbeyana* con la cual se acepta la hipótesis planteada en el estudio pero en un rango menor.

Cuadro 9. Desestimación de biomasa en *Miconia barbeyana* usando el modelo de Brown.

Nº de Árbol	dap (m)	Biomasa (kg/árbol)	Biomasa - mod. Polinómica (Kg)	Biomasa Brown (kg/árbol)	Desestimación de biomasa (Kg)	Desestimación de biomasa (%)
Árbol 4	0,573	5220,065	5556,448	3322,637	2233,811	40,20
Árbol 3	0,655	6458,917	6007,680	4660,604	1347,076	22,42
Árbol 5	0,693	7029,163	6465,343	5375,350	1089,993	16,86
Árbol 1	0,755	6789,813	7550,008	6676,633	873,375	11,57
Árbol 2	0,990	15546,074	15465,621	13252,834	2212,787	14,31
Promedio						21,07

SCHLEGEL (2000), menciona que la estimación de biomasa mediante la ecuación SV(2) presenta con respecto a SV(1) un menor error estándar y el estadístico. Sin embargo, este modelo considera la variable altura total que muchas veces no está disponible en los inventarios forestales o es muy costoso y difícil de medir. Esto sucede sobre todo en bosques

multiespecíficos y con varios estratos, como es el caso de los bosques del tipo forestal siempreverde.

Es así que en la elaboración del modelo para obtener la biomasa de *Miconia barbeyana* no se incluyó la variable de altura total. En la Figura 14. se muestra el porcentaje de desestimación de biomasa usando el modelo de Brown.

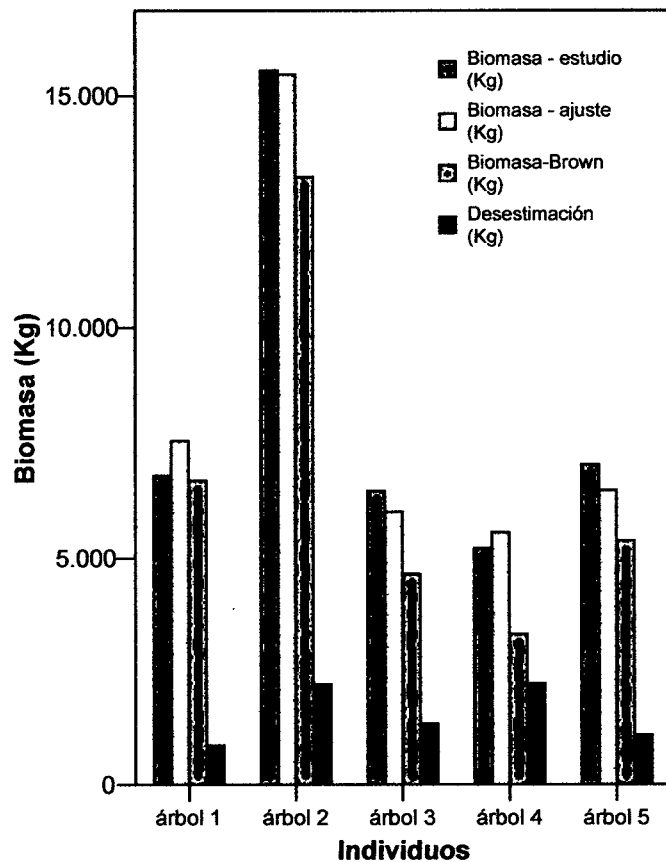


Figura 14. Porcentaje de desestimación ajustado de biomasa estudio y según el modelo de Brown de *Miconia barbeyana*.

V. CONCLUSIÓN

- En la determinación de los volúmenes se pudo obtener valores que van desde los 8,25 a los 11,50 m³ para los dap. de 0,57 m y 0,99 m respectivamente. De igual manera la biomasa de hojas fue de 48,91 a 64,12 Kg y biomasa de ramas con valores que van de 134.49 Kg para un dap. de 0,69 m y 601,49 Kg para un dap. de 0,99 m.
- Se desarrollaron y ajustaron ecuaciones de determinación de biomasa, mediante los modelos de regresión lineal, potencial, exponencial, polinómica y logarítmica para la especie *Miconia barbeyana* existente en el Bosque Reservado de la UNAS. El modelo que mejor se ajusta es el de regresión polinómica.
- Estos modelos presentaron un alto coeficiente de determinación ajustado, con un valor más alto de 0,9824 para el modelo de regresión polinómica.
- Existe una correlación significativa entre dap y biomasa de *Miconia barbeyana*. Por el contrario no existe una correlación significativa entre H y biomasa de *Miconia barbeyana*. Existe una correlación significativa entre biomasa estudio y biomasa según Brown de *Miconia barbeyana*.

- Teniendo en cuenta que el modelo de Brown para determinar biomasa, se sostiene en un rango amplio exploratorio de diferentes especies, obteniendo dicho modelo de varios análisis de regresión, es que se pudo aproximar y determinar la desestimación de biomasa, obteniéndose para los cinco individuos valores que van de 40,20, 22,42, 16,86, 11,57 y 14,31 % respectivamente y valor ponderado de desestimación de 21,07 % de la biomasa total de un individuo de *Miconia barbeyana* con la cual se rechaza la hipótesis planteada en el estudio.

VI.RECOMENDACIONES

- Que el uso del modelo de Brown, para determinar biomasa, debe de ser utilizado de acuerdo al nivel de detalle que se requiera en el trabajo o investigación, pues si se necesitara un nivel de detalle alto, el modelo generado por Brown alcanzaría errores altos de estimación de biomasa.
- La validez de la ecuación alométrica generada en este estudio debe restringirse al rango de variación de las dimensiones del arbolado incluido en la muestra. Su extrapolación sólo debe hacerse a la misma especie en otros sitios o regiones siempre y cuando presenten características similares de crecimiento.
- Es necesario tener en cuenta la muestra para desarrollar y mejorar las mediciones de volumen, es decir, desarrollar ecuaciones para estimar el volumen y por consiguiente la biomasa. Como también de considerarse factores de descuento por pudriciones u otros defectos. Con esto, se acercarán más las estimaciones de biomasa y carbono, a partir del volumen del bosque, a las estimaciones con ecuaciones alométricas.

VII. ABSTRACT

Five individuals's biomass of *Miconia barbeyana* was determined; once Sign was said she was taken in the Bosque Reservado of the Selva's University Nacional Agraria, fundamentally he causes with his application in the capture determination of carbon for forested ecosystems with to compare the aftermaths of biomass of *Miconia barbeyana* with the aftermaths of biomass according to the model of Brown, obtaining the refusal than this purpose.

Fact-finding period attended of October 2004 to September 2005. - 008, diameter moral values at the height of the chest (dap), total height (H), voluminous of the sections of the trunk and branches, and the leaves anthology out of every individual - 251 PP holds the methodology to determine the wood's densities himself in the Norma ITINTEC -. Next the signs were come from to the drying, obtaining basic density than pertaining to the fresh volume total of the trunk and branches but the leaves dry weight, himself calculation the total biomass out of every individual of *Miconia barbeyana*, than by means of the setting of the data for the polynomial- regression model; The biomass refusal for the model of Brown, in order to the five individuals, moral values obtained that 40,20; 22,42, 16,86; 11,57 and 14,31 attend of 40,20; Therefore once was said model of Brown he must refrain at the same level as detail that it be required(subj) in biomass studies.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACOSTA M., J. VARGAS H., A. VELASQUEZ M. y J. D. ETCHEVERS B. 2002. Estimación de la biomasa aérea mediante el uso de relaciones alométricas en seis especies arbóreas en Oaxaca, México. 736 p.
- BALDOCEDA, R. S.F 2002. Valoración económica de la diversidad biológica y servicios ambientales en el Perú. Ed. Glave A, R. Pizarro. INRENA-IRG. Edigrafasa. 56 p.
- BALBONTIN, N. 2005, Metodología para medir la captura de carbono en sistemas naturales y agrícolas de ladera. Santiago, Chile. 88 p.
- GAYOSO, J. y SCHLEGEL, B., 2001. Guía para la formulación de proyectos forestales de carbono. Valdivia, Chile, UACH. 49 p.
- GAYOSO A, J. y GUERRA C, J., 2005. Contenido de carbono en la biomasa aérea de bosques nativos en Chile. . *Bosque (Valdivia)*. [En Línea]. Web: (http://www.medioambiente.gov.ar/archivos/web/UMSEF/File/volumen_biomasa_carbono.pdf, 15 Oct. 2006)
- HERNÁNDEZ, L. 2001. Densidad de Biomasa Aérea en Bosques Extenso del Neotrópico Húmedo. México 115 p.

HOLDRIGE. L. R. 1994. Guía explicativa del mapa ecológico del Perú. Cap. 1, Clasificación de las zonas de vida del mundo. Lima, Perú. 14 p.

IPARRAGUIRRE, L. 2000. Ecología. Universidad Nacional Federico Villareal. Lima, Perú. 152 p.

KESSLER M. 2005, Apuntes de métodos estadísticos de la ingeniería, segundo de la ingeniería industrial. Departamento de Matemática Aplicada y Estadística. Universidad Politécnica de Cartagena [En Línea]: (<http://filemon.upct.es/~mathieu/metodos.html>. 15 de Oct. 2006).

MOSTACERO LEON J. MEJIA C.F. y GAMARRA T. 2002. Taxonomía de las fanerógamas útiles del Perú. Vol.1. Edit. Nomás Legales S.A.C. 667p.

PARDE. J y BOUCHON, J. 1994. Dasometría 2da Edición, Editorial Paraninfo S.A. Madrid – España 388 pg.

VIGNOTE P. SANTIAGO, 1996. Tecnología de la Madera. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Editorial Mundi Prensa. Madrid – España. 602 pg.

SCHLEGEL B.,. 2000. Estimación de la Biomasa y Carbono en Bosques del Tipo Forestal Siempreverde. Trabajo presentado en el Simposio Internacional Medición y Monitoreo de la Captura de Carbono en Ecosistemas Forestales. Valdivia, [En Línea]:

(<http://www.uach.cl/procarbono/Documentos/trabajo%20schlegel.pdf>, 15 Oct. 2006).

SIMPOSIO INTERNACIONAL DE MEDICION Y MONITOREO DE LA CAPTURA DE CARBONO DE ECOSISTEMAS FORESTALES (2001, VALDIVIA, CHILE 2001. 82 Págs.

VIDAL A., RODRIGUES J., BENITES J., ÁLVAREZ R., GRA H., 2002.

Estimación de la Biomasa de Copa para Árboles en Pie de *Pinus tropicalis* Morelet en la Empresa Forestal Integral Macurije de la Provincia de Pinar del Río, Cuba. Instituto de Investigaciones Forestales de Cuba. [En Línea]:

(<http://calvados.c3sl.ufpr.br/ojs2/index.php/floresta/article/viewFile/2290/19> 12 16 octubre 2006)

IX. ANEXOS

ANEXO – A. Fotos

Figura 15. Tumbado de un individuo de *Miconia barbeyana*.



Figura 16. Obtención de secciones y ramas principales.



Figura 17. Proceso de juntado de hojas de *Miconia barbeyana*.



Figura 18. Acumulación de biomasa de hojas.

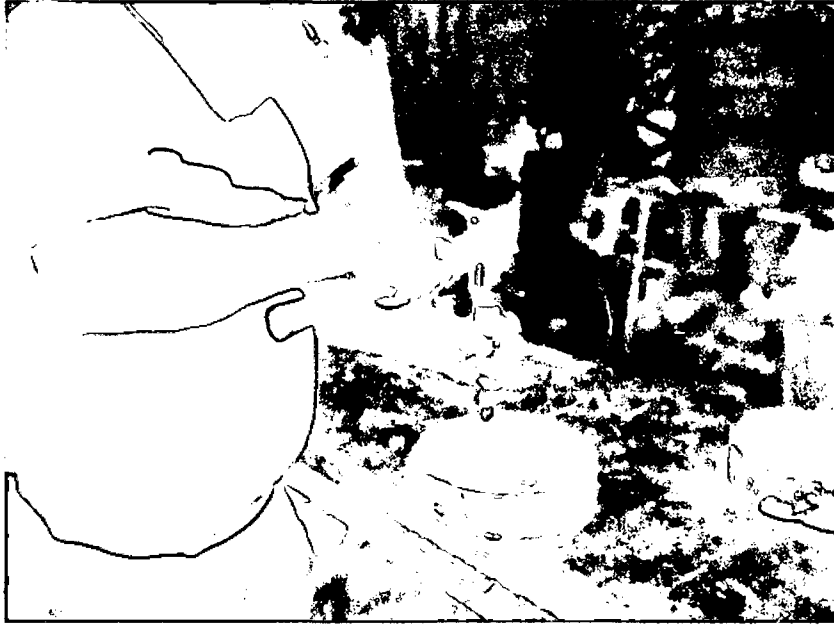


Figura 19. Obtención de muestras para determinación de densidad.



Figura 20. Secado de las muestras para determinación de biomasa.



Figura 21. Codificación de muestras para la determinación de densidad.



Figura 22. Proceso de determinación de densidad de *Miconia barbeyana*.



Figura 23. Muestras para determinación de densidad.

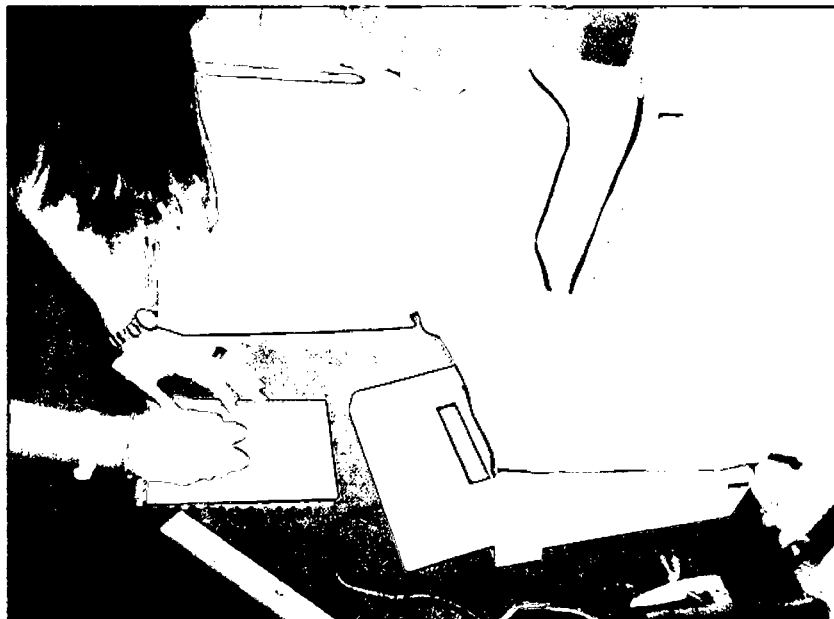


Figura 24. Pesado de las muestras.

ANEXO – B. Datos de campo y laboratorio

Cuadro 10. Datos de campo y calculo de la densidad saturada y real del arbol 1

Nº probeta	W Hº (gr)	Vol Hº (cm3)	W Seco (gr)	V Seco (cm3)	δ sat. (gr/cm3)	δ (gr/cm3)	DB (g/cm3)
1	105.970	88.800	51.370	80.300	1.193	0.640	0.578
2	114.370	96.000	53.040	86.000	1.191	0.617	0.553
3	107.930	95.700	54.710	87.100	1.128	0.628	0.572
4	109.700	97.800	55.620	87.400	1.122	0.636	0.569
5	110.830	95.900	52.860	86.200	1.156	0.613	0.551
6	105.070	94.800	53.510	84.500	1.108	0.633	0.564
7	105.110	92.100	51.750	83.300	1.141	0.621	0.562
8	107.930	93.200	52.560	84.100	1.158	0.625	0.564
9	109.860	94.020	53.090	86.200	1.168	0.616	0.565
10	109.340	93.300	53.610	84.800	1.172	0.632	0.575
Promedio	108.611	94.162	53.212	84.990	1.154	0.626	0.565

Cuadro 11. Datos de campo y calculo de la densidad saturada y real del arbol 2

Nº probeta	W Hº (gr)	Vol Hº (cm3)	W Seco (gr)	V Seco (cm3)	δ sat. (gr/cm3)	δ (gr/cm3)	DB (g/cm3)
1	116.550	98.700	56.350	87.900	1.181	0.641	0.571
2	108.300	94.700	52.520	83.500	1.144	0.629	0.555
3	118.920	98.100	56.970	88.500	1.212	0.644	0.581
4	110.280	94.900	53.670	83.200	1.162	0.645	0.566
5	109.430	94.400	52.750	84.000	1.159	0.628	0.559
6	121.430	98.800	56.020	86.400	1.229	0.648	0.567
7	116.980	96.600	55.820	83.100	1.211	0.672	0.578
8	119.570	98.800	56.890	88.900	1.210	0.640	0.576
9	106.990	95.200	53.430	84.500	1.124	0.632	0.561
10	107.740	95.200	54.560	84.200	1.132	0.648	0.573
Promedio	113.619	96.540	54.898	85.420	1.176	0.643	0.569

Cuadro 12. Datos de campo y calculo de la densidad saturada y real del arbol 3

Nº probeta	W Hº (gr)	Vol Hº (cm3)	W Seco (gr)	V Seco (cm3)	δ sat. (gr/cm3)	δ (gr/cm3)	DB (g/cm3)
1	105.870	90.800	52.210	83.500	1.166	0.625	0.575
2	101.430	88.600	51.120	82.000	1.145	0.623	0.577
3	104.650	88.900	51.060	83.100	1.177	0.614	0.574

4	103.880	89.100	50.500	83.200	1.166	0.607	0.567
5	109.260	91.700	51.060	80.300	1.191	0.636	0.557
6	103.190	91.100	51.870	88.600	1.133	0.585	0.569
7	103.910	90.400	52.100	89.900	1.149	0.580	0.576
8	102.580	90.000	51.600	86.300	1.140	0.598	0.573
9	105.780	90.100	50.240	84.400	1.174	0.595	0.558
10	104.380	90.300	50.460	83.000	1.156	0.608	0.559
Promedio	104.493	90.100	51.222	84.430	1.160	0.607	0.569

Cuadro 13. Datos de campo y calculo de la densidad saturada y real del arbol 4

N° probeta	W H° (gr)	Vol H° (cm3)	W Seco (gr)	V Seco (cm3)	δ sat. (gr/cm3)	δ (gr/cm3)	DB (g/cm3)
1	108.920	91.550	52.590	81.700	1.190	0.644	0.574
2	109.780	93.800	54.660	82.700	1.170	0.661	0.583
3	114.670	94.950	52.790	82.500	1.208	0.640	0.556
4	112.080	95.400	53.810	82.400	1.175	0.653	0.564
5	107.940	92.600	53.110	80.300	1.166	0.661	0.574
6	108.930	96.320	55.990	83.200	1.131	0.673	0.581
7	111.020	96.540	54.180	82.800	1.150	0.654	0.561
8	110.420	94.100	52.790	83.100	1.173	0.635	0.561
9	113.140	96.200	53.550	81.300	1.176	0.659	0.557
10	109.710	95.200	56.160	82.500	1.152	0.681	0.590
Promedio	110.661	94.666	53.963	82.250	1.169	0.656	0.570

Cuadro 14. Datos de campo y calculo de la densidad saturada y real del arbol 5

N° probeta	W H° (gr)	Vol H° (cm3)	W Seco (gr)	V Seco (cm3)	δ sat. (gr/cm3)	δ (gr/cm3)	DB (g/cm3)
1	110.420	96.300	53.440	83.700	1.147	0.638	0.555
2	110.900	98.500	55.040	85.300	1.126	0.645	0.559
3	110.080	98.600	56.820	87.000	1.116	0.653	0.576
4	119.790	102.400	56.660	80.800	1.170	0.701	0.553
5	113.660	97.800	55.510	79.600	1.162	0.697	0.568
6	110.200	98.900	56.830	88.800	1.114	0.640	0.575
7	118.660	99.100	56.210	89.500	1.197	0.628	0.567
8	118.350	99.200	56.080	88.900	1.193	0.631	0.565
9	118.360	99.800	56.730	89.100	1.186	0.637	0.568
10	116.890	101.400	55.880	88.100	1.153	0.634	0.551
Promedio	114.731	99.200	55.920	86.080	1.156	0.651	0.564

Cuadro 20. Cálculo de Biomasa de hojas de cada árbol

N°	ARBOL N° 1 (KG)		ARBOL N° 2 (KG)		ARBOL N° 3		ARBOL N° 4		ARBOL N° 5	
	W °H (Kg)	W seco (Kg)	W °H (Kg)	W seco (Kg)	W °H (Kg)	W seco (Kg)	W °H (Kg)	W seco (Kg)	W °H (Kg)	W seco (Kg)
1	12.175		1.242		6.480		10.214		12.368	
2	8.075		5.414		12.643		12.678		10.478	
3	6.872		6.029		10.500		10.586		9.625	
4	9.802		13.858		9.610		12.364		11.580	
5	8.536		7.430		5.500		9.563		9.247	
6	6.659		12.385		7.140		7.850		13.500	
7	7.058		8.165		6.250		6.258		12.512	
8	11.620		9.723		8.256		8.120		10.100	
9	8.610		8.272		11.580		6.557		7.850	
10	8.173		11.925		10.265		11.257		12.230	
11	11.044		10.520		9.578		9.317		12.563	
12	8.180		8.450		10.680		6.879		12.650	
13	12.965		12.000		14.100		4.369		14.850	
14	13.000		11.000		5.699		8.149			
15	11.000				12.366		7.587			
Peso total	143.769	60.171	126.413	64.127	140.647	48.689	131.748	48.915	149.553	56.749

ANEXO – C. Figuras

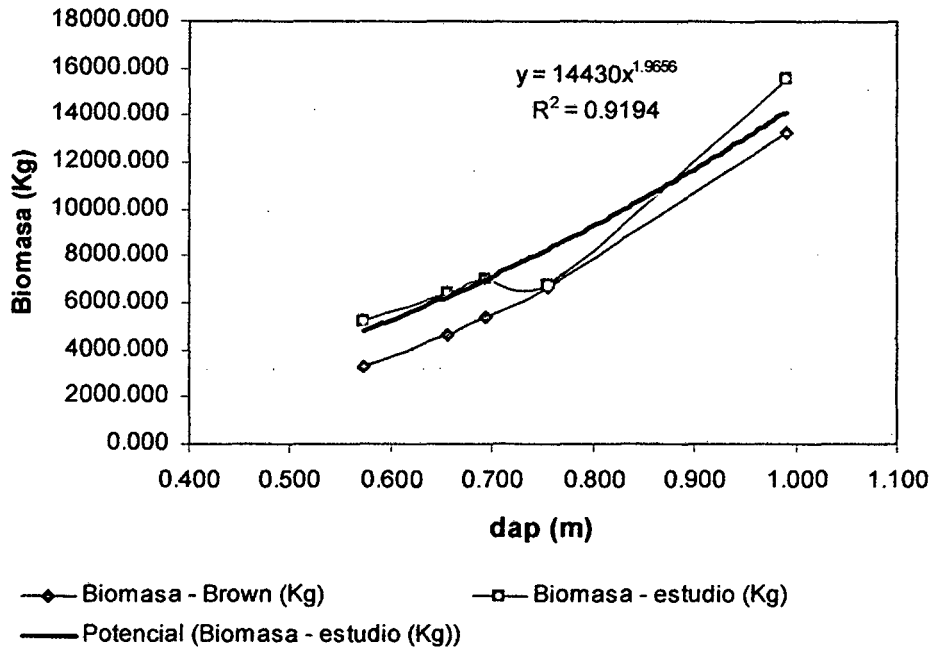


Figura 25. Ajuste de estimación de biomasa por el modelo potencial

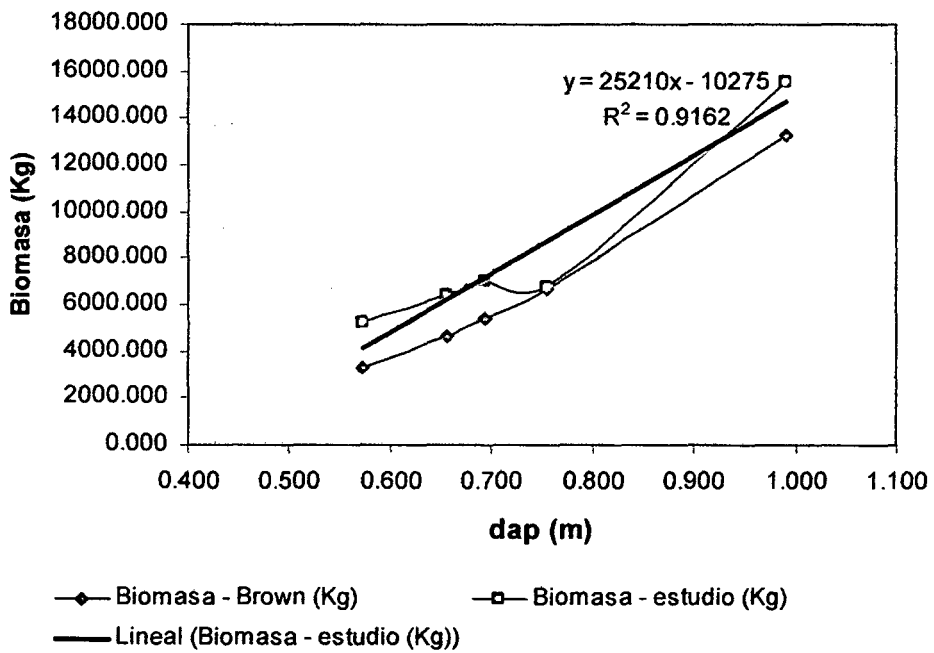


Figura 26. Ajuste de estimación de biomasa por el modelo lineal.

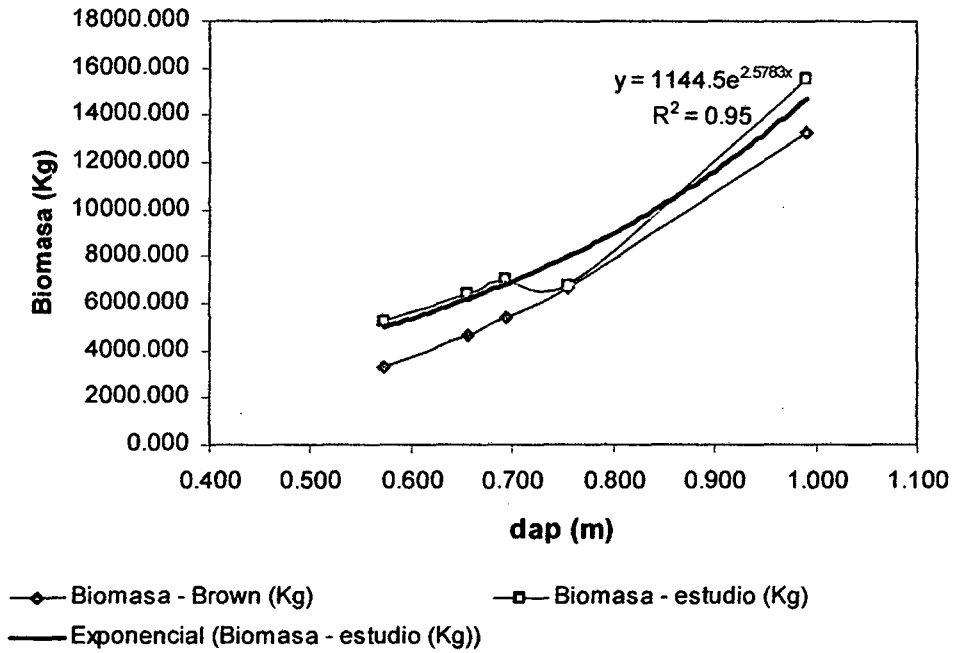


Figura 27. Ajuste de estimación de biomasa por el modelo exponencial.

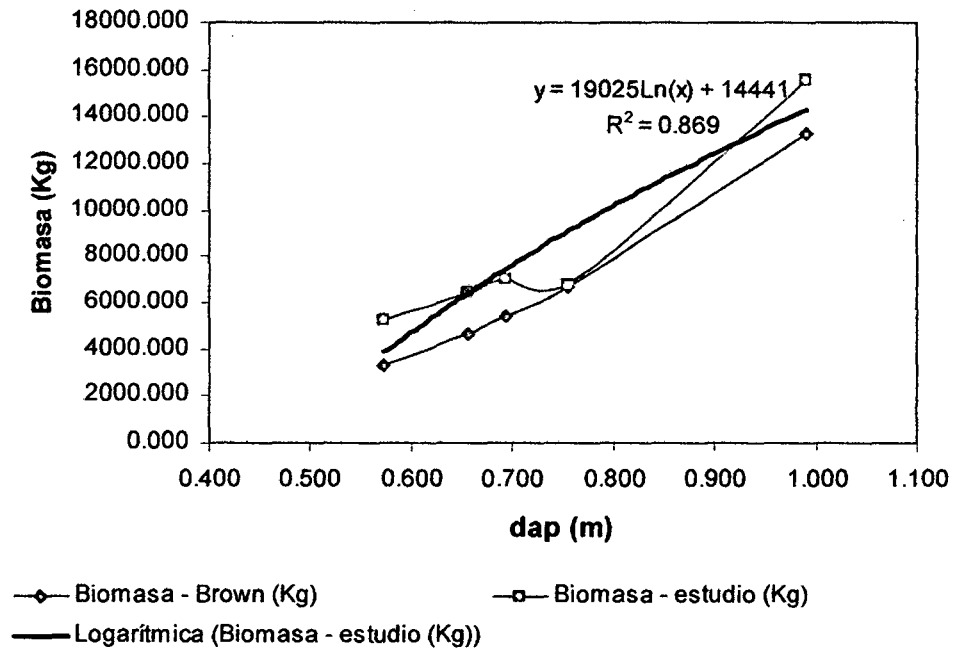


Figura 28. Ajuste de estimación de biomasa por el modelo logarítmica.

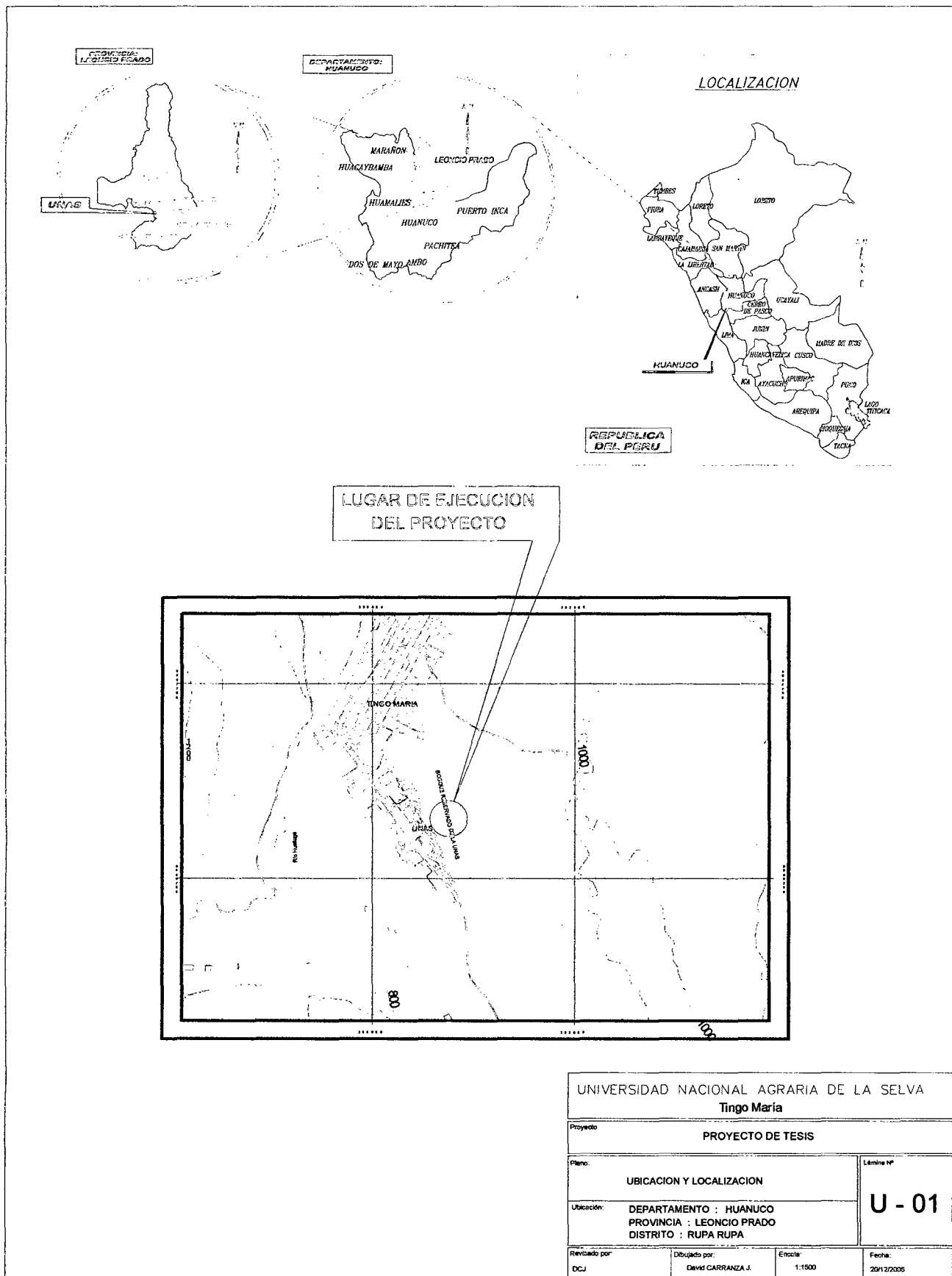


Figura 29. Lugar de ubicación del proyecto.



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES, TEF: 349-5647 ANEXO.203, Fax: 3492041, e-mail:
fccforestal@lamolina.edu.pe APDO.456 - LA MOLINA LIMA PERU



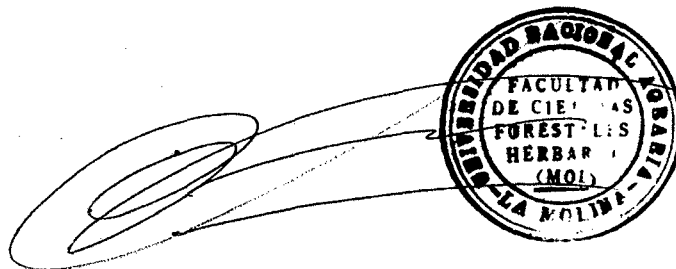
CONSTANCIA DE DETERMINACIÓN BOTÁNICA

A solicitud del la señorita **Milena Chuquillanqui Villanueva** se proporciona la identidad de los espécimen indicados, los cuales se hallan depositados en el Herbario Forestal (MOL), con la sigla consignada.

ZONA DE COLECCIÓN : Bosque Reservado de la Universidad Agraria de la Selva
Tingo María, 640 msnm
Nombre comun : “Paliperro”

El Nombre Científico de las 5 muestras botánicas recibidas:
Miconia barbeyana Cogniaux

FAMILIA : Melastomataceae



Determinador : **Carlos Reynel Rodríguez Ph. D.**
Profesor Principal Dpto. Manejo Forestal
Director del Herbario Forestal UNALM (MOL)

La Molina, 19 de Octubre 2005

* ROGAMOS A LOS USUARIOS DE LOS SERVICIOS DEL HERBARIO FORESTAL (MOL) TENER ESPECIAL CUIDADO EN TRANSCRIBIR CORRECTAMENTE LOS NOMBRES PROPORCIONADOS