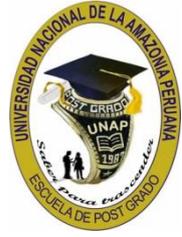




**UNAP**



**ESCUELA DE POST GRADO “JOSÉ TORRES VÁSQUEZ**

**SECCIÓN DE POST GRADO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES  
“MAESTRÍA EN CIENCIAS FORESTALES CON MENCIÓN EN MANEJO  
FORESTAL”**

**TESIS**

**“ESTIMACIÓN DE LA BIOMASA EN CULTIVOS DE FRUTALES NATIVOS  
AMAZONICOS, EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DE LA CARRETERA IQUITOS  
NAUTA, 2015”**

**PRESENTADO POR**

**PERCY MARTINEZ DAVILA**

**JORGE SOLIGNAC RUIZ**

**ASESOR**

**ÁNGEL ALEJANDRO SALAZAR VEGA, Ph. D.**

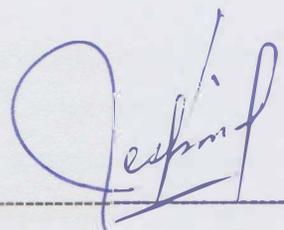
**IQUITOS-PERÚ**

**2015**

**MIEMBROS DEL JURADO**

  
-----  
Dr. RODIL TELLO ESPINOZA  
Presidente

  
-----  
Dr. ABRAHAN CABUDIVO MOENA  
Miembro

  
-----  
MSc. JORGE MIGUEL ESPÍRITU PEZANTES  
Miembro

  
-----  
Ph.D. ÁNGEL ALEJANDRO SALAZAR VEGA  
Asesor

## DEDICATORIA

Esta tesis la dedico con tanto amor a mi madre *María Esther Dávila Chávez*, profunda admiración y respeto por su entrega incondicional, ternura y amor; valores que ahora más que nunca se ven consagrados e inmortalizados desde que te convertiste en mi ángel protector con tu inesperada partida al cielo. Te llevaré por siempre en mi corazón.

A mi esposa, compañera inseparable de cada jornada. Ella representó gran esfuerzo y tesón en momentos de decline y cansancio. A ellos este proyecto, que sin ellos, no hubiese podido ser

*Percy Martínez Dávila*

## DEDICATORIA

A: Nelly Luz, Jorge Rodrigo,  
Mathias Alessandro  
y Lucas André

*Jorge Solignac Ruiz*

## **AGRADECIMIENTOS**

Expresamos nuestros más sinceros agradecimientos:

- A los señores Ezequiel García Tapullima, Armando Vásquez Apuela, Mario Escobedo y Enrique Villacorta Lima, propietarios de las parcelas, por las facilidades brindadas en las evaluaciones de campo.
- Al Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana, por todas las facilidades otorgadas para poder concretar la tesis.
- A la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Nacional de la Amazonía Peruana, por el apoyo en los trabajos de laboratorio.
- A todas las personas que colaboraron directa e indirectamente para la culminación satisfactoria de la presente tesis.

## CONTENIDO

DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTOS	iii
LISTA DE CUADROS	vi
LISTA DE FIGURAS	vii
RESUMEN	ix
I. INTRODUCCIÓN	1
II. ANTECEDENTES	3
2.1 Concepto e importancia de biomasa	3
2.2 Estimación de la biomasa	5
2.3 Tabla de biomasa	10
2.3.1 Estimación de la producción de la biomasa	10
2.3.2 Tablas para el cálculo de biomasa en los bosques	11
2.4 Concepto de Alometría	11
2.5 Uso de la regresión en estudios de biomasa	12
III. METODOLOGÍA	14
3.1 Localización del estudio	14
3.1.1 Geología	14
3.1.2 Fisiografía	14
3.1.3. Suelo	15
3.1.4. Clima	15
3.1.5. Vegetación	15
3.2. Materiales y equipo	16
3.2.1. Materiales	16
3.2.2. Equipos	17
3.3. Método	17

3.3.1	Tipo de investigación	17
3.3.2	Población y muestra	17
3.3.3	Selección de la muestra	18
3.3.4	Diseño de la investigación	18
3.3.5	Procedimiento de recolección de datos	19
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	25
4.1	Estimación de las ecuaciones alométricas	27
4.1.1	Ecuación de biomasa de <i>Theobroma cacao</i>	27
4.1.2	Ecuación de biomasa de <i>Theobroma grandiflorum</i>	28
4.1.3	Ecuación de biomasa de <i>Theobroma bicolor</i>	30
4.1.4	Ecuación de biomasa de <i>Rollinia mucosa</i>	31
4.1.5	Ecuación de biomasa de <i>Pouteria caimito</i>	33
4.2	Estimación de biomasa por parcelas	34
4.2.1	Biomasa de la parcela 1 “24 de Octubre”	35
4.2.2	Biomasa de la parcela 2 “24 de Octubre”	37
4.2.3	Biomasa de la parcela 3 “San Lucas”	38
4.2.4	Biomasa de la parcela 4 “Tres de Octubre”	40
4.3	Estimación de biomasa total	42
V.	CONCLUSIONES	44
VI.	RECOMENDACIONES	46
VI.	BIBLIOGRAFÍA	47
	ANEXO	54

## LISTA DE CUADROS

N°	TITULO	Pag.
1	Frecuencia de individuos seleccionados para la estimación de biomasa	18
2	Ubicación de las parcelas de cultivos de frutales nativos en estudio	21
3	Modelos alométricos para la estimación de la biomasa por especie	24
4	Valores obtenidos de la altura y el peso de <i>Th. cacao</i> , <i>Th. grandiflorum</i> , <i>P. caimito</i> , <i>Th. bicolor</i> y <i>R. mucosa</i>	26
5	Ecuaciones con sus coeficiente de determinación ( $R^2$ ) para <i>Th. cacao</i>	27
6	Ecuaciones con sus coeficiente de determinación ( $R^2$ ) para <i>Th. grandiflorum</i>	28
7	Ecuaciones con sus coeficiente de determinación ( $R^2$ ) para <i>Th. bicolor</i>	30
8	Ecuaciones con sus coeficiente de determinación ( $R^2$ ) para <i>R. mucosa</i>	31
9	Ecuaciones con sus coeficiente de determinación ( $R^2$ ) para <i>P. caimito</i>	33
10	Ecuaciones alométricas por especies	35
11	Inventario de la parcela 1 “24 de octubre”	55
12	Inventario de la parcela 2 “24 de Octubre”	57
13	Inventario de la parcela 3 “San Lucas”	59
14	Inventario de la parcela 4 “Tres Octubre”	61

## LISTA DE FIGURAS

N°	TÍTULO	Pág.
1	Diseño de distribución de las especies de frutales dentro de la parcela	19
2	Individuos de <i>P.</i> (caimito) y <i>Th. bicolor</i> (macambo) con alturas superiores a 2 metros.	20
3	Georreferenciación de las parcelas de frutales nativos.	21
4	Pesado de las muestras de los individuos.	22
5	Medición de la altura total de <i>Th. cacao</i> .	24
6	Diagrama de dispersión de los valores observados para estimar la biomasa en <i>Th. cacao</i> y la línea de regresión generada con los modelos de las ecuaciones cúbica y cuadrática.	28
7	Diagrama de dispersión de los valores observados para estimar la biomasa en <i>Th. grandiflorum</i> (copoazú) y la línea de regresión generada con los modelos de las ecuaciones cúbica y cuadrática.	29
8	Diagrama de dispersión de los valores observados para estimar la biomasa en <i>Th. bicolor</i> (macambo) y la línea de regresión generada con los modelos lineal, cuadrático, cúbica y potencia.	31
9	Diagrama de dispersión de los valores observados para estimar la biomasa en <i>Rollinia mucosa</i> (anona) y la línea de regresión generada con los modelos lineal, cuadrático, cúbica y potencia.	32
10	Diagrama de dispersión de los valores observados para estimar la biomasa en <i>Pouteria caimito</i> (caimito) y la línea de regresión generada con los modelos cuadrática, cubica, compuesta, potencia, S, crecimiento, exponencial y logística.	34
11	Número de individuos inventariados de frutales nativos en la parcela 1.	36
12	Porcentaje de biomasa por especie en la parcela 1.	45
13	Número de individuos inventariados de frutales nativos en la parcela 2.	37
14	Porcentaje de biomasa por especie en la parcela 2.	38
15	Número de individuos inventariados de frutales nativos en la parcela 3.	39
16	Porcentaje de biomasa por especie en la parcela 3.	39
17	Número de individuos inventariados de frutales nativos en la parcela 4.	40
18	Porcentaje de biomasa por especie en la parcela 4.	41

19	Biomasa y número de individuos inventariados de frutales nativos total.	42
20	Porcentaje de biomasa total.	43
21	Mapa de ubicación de los cultivos de frutales nativos en estudio.	55

## RESUMEN

La estimación de la biomasa aérea es de gran importancia para determinar la cantidad de carbono que puede ser almacenado en los cultivos de frutales nativos, en ese sentido el objetivo del estudio fue generar un modelo alométrico para estimar la biomasa aérea total a partir de la variable altura en cinco especies de frutales de 2 años de edad, *Theobroma cacao* (cacao), *Theobroma grandiflorum* (copoazu), *Rolinia mucosa* (anona), *Theobroma bicolor* (macambo) y *Pouteria caimito* (caimito). Para esto se realizó el inventario en cuatro parcelas de cultivos de frutales nativos, donde se midió la altura total de cada individuo; posteriormente se utilizó la metodología destructiva que permitió obtener las muestras de campo y luego estimar la biomasa aérea para cada especie. Se extrajeron muestras de cada especie, que fueron sometidas a un proceso de secado en hornos para obtener su peso seco y finalmente ordenar, tabular y analizar los datos para generar los modelos por especie. Se emplearon 18 individuos por especie haciendo un total de 90 individuos.

A partir de los resultados obtenidos de biomasa aérea por especie se generaron modelos alométricos en función de la variable altura total. Los modelos matemáticos determinados fueron el cúbico, para el caso de *Th. cacao*  $Y = 1,69 + (-2,75h^2) + (1,50h^3)$  y *Th. grandiflorum*  $Y = 0,63 + (4,04h) + (-4,91h^2) + (2,06h^3)$ , para el caso de *R. mucosa* fueron los modelos cuadrático y cúbico  $Y = -0,156 + (0,372h) + (0,301h^2)$ ,  $Y = 0,187 + (-0,385h) + (0,821h^2) + (-0,112h^3)$  y el modelo potencia para el caso de *Th. bicolor*  $Y = 0,44 (h^{1,59})$  y *P. caimito*  $Y = 0,71 (h^{1,78})$ , donde Y es la biomasa aérea y h es la altura total (m). Presentando la biomasa total por hectárea podemos apreciar *R. mucosa* es la que aporta mayor biomasa con 222,63 kg, *P. caimito* con una biomasa de 132,94 kg, *Th. grandiflorum* con una biomasa de 159,86 kg, *Th. bicolor* con una biomasa de 129,66 kg y *Th. cacao* con una biomasa de 88,73 kg, haciendo un total en biomasa por hectárea de 734,82 kg.

**Palabras claves:** Ecuaciones alométricas, biomasa, regresión, frutales nativos, anona, caimito, cacao, copoazú, macambo.

## I. INTRODUCCIÓN

El aumento en la concentración de CO<sub>2</sub> en la atmósfera es una preocupación mundial. En los últimos 200 años el incremento fue de 280 a 350 ppm de CO<sub>2</sub> en la atmósfera y el aumento sigue con una tasa promedio un poco superior a 1 ppm al año (Dean *et al.*, 1996). Las plantas utilizan CO<sub>2</sub> y liberan O<sub>2</sub> durante el proceso de la fotosíntesis; a diferencia de las especies anuales, los árboles almacenan los fotoasimilados en componentes de carbono en sus estructuras leñosas por periodos prolongados, por lo que se les debe considerar como reservas naturales de carbono. La capacidad para almacenar carbono en forma de biomasa aérea varía en función de la composición florística, la edad y la densidad de población de cada estrato por comunidad vegetal (Schulze *et al.*, 2000). La determinación de esta capacidad constituye un reto cuando se trata de evaluar el potencial de sistemas forestales, naturales, alterados o inducidos por el hombre.

Se conoce como biomasa a la cantidad de materia que existe en un determinado ecosistema por unidad de superficie o de volumen (Pardé 1980). Esta biomasa puede emplearse para estimar las cantidades potenciales de diversos productos y combustibles, para determinar la eficiencia de un rodal forestal, o en las relaciones suelo-agua-plantas y nutrientes con la productividad del sitio (Chiyenda y Kozak, 1984). El conocimiento de la dinámica de acumulación de biomasa es importante para comprender el funcionamiento del ecosistema forestal, ya que refleja la distribución del material orgánico y permite evaluar los efectos de una intervención de carácter antrópico. En la actualidad, existe un mayor interés de conocer la biomasa como materia prima de procesos industriales y energéticos, y en las repercusiones ambientales. La mayoría de los estudios realizados hasta la fecha tienen como objetivo conocer cómo influye la acumulación y distribución de la biomasa en el equilibrio del ecosistema (flujos de energía y de nutrientes), evaluar las posibilidades energéticas e industriales en determinadas regiones o determinar el potencial de almacenamiento de C de la atmósfera en los sistemas forestales a mediano y largo plazo, en relación a la contribución de las masas arboladas al ciclo global del carbono (Van Laar y Akça, 1997). Además, la estimación de la biomasa y su distribución espacial se está mostrando como una herramienta complementaria muy útil para la gestión silvícola y su influencia en el control de plagas, incendios y la conservación de los suelos (Pardé, 1980).

La medición de la cantidad de biomasa aérea en cualquier componente de un ecosistema requiere un análisis destructivo directo (Brown *et al.*, 1989) o estimaciones indirectas del material vegetal para hacer las inferencias respectivas; el segundo caso es más práctico cuando se desea estimar la biomasa aérea de los árboles. Para ello, se debe contar con funciones que estimen la biomasa total con base en el tamaño y dimensiones de los árboles; es decir, funciones matemáticas basadas en las relaciones alométricas que ocurren entre los órganos de un individuo.

En las últimas décadas se ha dado considerable atención a la estimación de biomasa de árboles individuales y rodales forestales. Se han desarrollado ecuaciones en relación a la biomasa o sus componentes (raíces, hojas, ramas y fuste) con las características dasométricas de los árboles. El interés radica en entender la productividad del sitio, en comparar la productividad con modelos convencionales de rendimiento e incremento (Pastor y Bockheim, 1981).

En la actualidad, los estudios sobre biomasa tienen como finalidad entender los ciclos de la energía y de los nutrientes. También se están usando para ver el efecto de la vegetación en el ciclo global del CO<sub>2</sub> (Brown, 1997). Algunos modelos de CO<sub>2</sub> (Makela, 1997) incluyen la estimación de la biomasa o una función de la biomasa como el volumen, sus componentes o algunos parámetros relacionados, para establecer los flujos de este gas entre la vegetación (Schroeder *et al.*, 1997; Ter-Mikaelian y Korzukhin, 1997; Brown *et al.*, 1989; Návar *et al.*, 2001).

Es necesario mejorar esta situación avanzando en la estimación de la biomasa aérea existente con la mayor exactitud posible, a efectos de modelar los flujos de carbono por cambio del uso de la tierra cuyos resultados dependerán en gran parte de las cuantificaciones de biomasa de los sistemas de frutales en la Amazonía.

Sin embargo existe muy poca información sobre la estimación de biomasa en especies de frutales nativos, por esta razón el objetivo de este trabajo fue estimar la biomasa aérea total en base a un modelo alométrico a partir de la variable Altura Total en cinco especies *Th. cacao*, *Th. grandiflorum*, *R. mucosa*, *Th. bicolor* y *P. caimito*, en la carretera Iquitos Nauta, Loreto – Perú.

## II. ANTECEDENTES

### 2.1. Concepto e importancia de biomasa

La biomasa es la cantidad expresada en masa del material vegetal en un bosque. Los componentes generalmente estimados de la biomasa son: biomasa sobre el nivel del suelo (árboles y arbustos) y biomasa bajo el nivel del suelo (raíces). La biomasa total es dada por la suma de todos los componentes. La estimación de la biomasa es fundamental en los estudios relacionados al reciclaje y stock de nutrientes, principalmente en bosques tropicales y su importancia creció enormemente debido a la emisión de dióxido de carbono a la atmósfera causada por los cambios en el uso de la tierra (Martinelli *et al.*, 1994).

Se define la biomasa forestal como el peso (o estimación equivalente) de materia orgánica que existe en un determinado ecosistema forestal por encima y por debajo del suelo. Normalmente es cuantificada en toneladas por hectárea de peso verde o seco. La determinación adecuada de la biomasa de un bosque es de gran importancia ya que ésta determina los montos mínimos de carbono y otros elementos químicos existentes en cada uno de sus componentes; para mitigar los cambios climáticos generados por el consumo de los combustibles fósiles, entre otros, que liberan gran cantidad de dióxido de carbono a la atmósfera (Schlegel *et al.*, 2002).

La biomasa vegetal representa la principal reserva de nutrientes de un sitio; para comprender el proceso de reciclaje de nutrientes es necesario conocer la biomasa del ecosistemas por unidad de área; muchos bosque tropicales poseen una elevada biomasa de raíces finas; un bosque tropical puede tener una mayor proporción de biomasa de raíces que una plantación forestal de edad similar o de un mismo sitio; la biomasa por hectárea es mucho más variable en los bosques secundarios, dependiendo, además, de la edad del rodal y el sustrato (Montaginni *et al.*, 2001).

La biomasa es el nombre dado a cualquier materia orgánica de origen reciente que se derive de animales y vegetales como resultado del proceso de conversión fotosintético. La energía de la biomasa deriva del material vegetal y animal, tal como madera de bosques, residuos de procesos agrícolas y forestales, y de la basura industrial, humana o de animales (López *et al.*, 2003).

La biomasa es un factor muy importante para realizar estudios de investigación, ya que a partir de la cantidad de biomasa existente en un bosque dado, se puede determinar la cantidad de carbono almacenado y/o fijado por él mismo. El total de biomasa es principalmente una función de la edad del rodal así que esta es una medida útil para la valoración de cambio en la estructura forestal. OCIC (1996), indican que anteriormente no existía estudios sobre crecimiento de la biomasa para los diferentes tipos de bosques por lo que para efectos de cálculos se ha considerado que: los bosques tienen un crecimiento uniforme en la biomasa, el crecimiento llega a un límite, existe un máximo de biomasa almacenado por tipo de bosque, el crecimiento estaría determinado por el contenido máximo de biomasa acumulada por el tiempo que dure en alcanzar ese límite (edad máxima) que podría ser el clímax.

Existe un gran interés en cuantificar la biomasa del bosque natural y por lo tanto es importante conocer la distribución de nutrientes en las diferentes secciones del árbol (raíz, tronco, ramas y hojas) para controlar el transporte de los mismos por el aprovechamiento forestal, formación de pastos, además de otros, tratando de minimizar los impactos ambientales sobre esa formación forestal (Higuchi *et al.*, 1994).

Los bosques que experimentan una pérdida neta de biomasa, por la mortalidad debida al estado decadente de sus árboles, enfermedad o fuego, son emisores netos de carbono con todas sus consecuencias para el efecto invernadero. Problema que se dramatiza cuando se quema el bosque y se libera en un corto tiempo todo el carbono almacenado en su biomasa (Otárola, 2001).

La información sobre la biomasa, es fundamental; para responder muchas preguntas sobre el rol que juegan los bosques en el fenómeno mundial, incluyendo los ciclos biogeoquímicos de carbono, nitrógeno y nutrientes principalmente. Las estimaciones del flujo de carbono provenientes de los cambios de uso del suelo, son derivados de modelos cuyos resultados dependen, en parte, de estimaciones de biomasa en los bosques. Su importancia radica en generar escenarios de carbono almacenado en el suelo y en la vegetación, y que éste sea retenido como materia orgánica, dando como resultado estimaciones del carbono neto absorbido, liberado por la combustión o descomposición (Zamora, 2003).

## 2.2. Estimación de la biomasa

Los primeros trabajos en las regiones templadas acerca de la estimación de biomasa de árboles y bosques aparecieron en 1950, sin embargo, para las regiones tropicales los trabajos son escasos y por ello la información para estimar la cantidad de biomasa es muy pobre (Brown y Lugo, 1982; Pardé, 1980). Acosta *et al.* (2002), mencionan que la cantidad de carbono de la biomasa aérea presente en cada sistema de vegetación varía considerablemente, incluso dentro de una misma región; el uso de relaciones alométricas para estimar la cantidad de biomasa resulta ser práctico y confiable. Además afirman que la edad de estos sistemas vegetales es uno de los factores que influye considerablemente en la cantidad de carbono existente en la parte aérea.

Brown y Lugo (1982), realizaron dos estimaciones del total de biomasa (sobre y bajo el suelo) de bosques tropicales de dos diferentes bases de información. En la primera estimación sintetizaron la información en el total de biomasa de la vegetación de bosques tropicales estimados por medición directa en parcelas experimentales. Brown y Lugo (1984), en el segundo análisis usaron el volumen y la información del área de informes de países de los principales tipos de bosques dado por la FAO en 1981, densidad de 380 especies tropicales y coníferas, y para diferentes componentes por tipo de bosque como fuste, ramas, hojas y raíces. Existen métodos directos e indirectos para estimar la biomasa aérea de un bosque. El método directo consiste en cortar el árbol y pesar la biomasa directamente. Otra forma es calcular la biomasa aérea de manera indirecta a través de ecuaciones y modelos matemáticos obtenidos por análisis de regresión entre las variables colectadas en terreno y en inventarios forestales (Brown, 1997). Este mismo autor estimó que la cantidad de carbono almacenado para diversos tipos de bosques naturales, secundarios y plantaciones forestales, casi en su totalidad asume el valor de la fracción de carbono en materia seca en un 50% para todas las especies en general.

Cornejo y Lombardi (1993), estimaron la producción de hojarasca en un bosque sucesional en el Parque Nacional Manu de la estación biológica de Cocha Cashu (Provincia de Manu, Departamento de Madre de Dios) con un reconocimiento florístico y estructural del área y con posterior análisis químico del suelo y hojas. Este estudio muestra datos de producción de hojarasca para un bosque joven y un bosque maduro de 11,46 t/ha/año y de 12,33 t/ha/año

respectivamente. Además, indican que los bosques transicionales relativamente jóvenes pueden alcanzar una biomasa similar o mayor que la del bosque maduro.

López *et al.* (2002), utilizaron dos métodos para estimar la biomasa en bosque secundarios. El primero basado en cálculo de la biomasa del fuste y un factor de expansión de biomasa para las ramas y hojas. El segundo utilizando modelos estadísticos para estimar la biomasa total directamente, en ninguno de los métodos se consideró la biomasa de la raíz; la biomasa en este informe esta expresada en función del peso seco. Para las especies inventariadas con factor de forma (Ff) y densidad desconocida, se utilizó el valor general de Ff estimado de 0,63 y para la densidad básica se aplicaron los valores promedios estimados a partir de las densidades específicas de las especies encontradas en al zona pero calificadas de acuerdo a la resistencia de la madera al corte.

OCIC (1996), propone que para calcular la biomasa en un bosque se debe tomar el volumen de la madera de los inventarios a partir de un diámetro mínimo para realizar una aproximación al volumen total del fuste que no se consideró en la medición (diámetros menores al mínimo establecido). Con esta información se debe utilizar un factor de corrección, el cual es el resultado de considerar de manera preliminar el comportamiento del volumen con relación a la clase diamétrica en el bosque.

Orrego *et al.* (2001), estimaron la biomasa de árboles, utilizando ecuaciones de biomasa estimadas mediante el pesado de *in situ* localizados dentro del área de investigación pero fuera de las parcelas permanentes. Los resultados mostraron que la biomasa viva sobre el nivel del suelo en bosque primario fue de 233 t/ha y en un bosque secundario 45,82 t/ha (5 veces inferior al del primario) y la biomasa de raíces en un bosque primario fue de 56,38 t/ha (31,2% de raíces finas y 68,8% raíces gruesas) y en un bosque secundario fue de 20,48 t/ha (52,3% de raíces finas y 47,7% de raíces gruesas)

El contenido de biomasa aérea puede ser estimado a través de métodos directos o destructivos o métodos indirectos que generalmente se aplican cuando los árboles son de grandes dimensiones (Segura y Kanninen, 2002). En ambos casos los valores obtenidos se extrapolan a una hectárea. El método directo implica el corte de parte de los árboles del bosque, midiéndose la humedad y la biomasa seca total. La materia muerta por sobre el suelo es

estimada a través de muestreos en diversos sitios. Las medidas indirectas son utilizadas para estimarse la biomasa de grandes áreas forestales. Dependiendo de las informaciones disponibles, se usan relaciones empíricas entre biomasa y algunos otros parámetros, determinándose así el valor de la biomasa por hectárea, para luego hacer una extrapolación para el área total del ecosistema considerado.

Los métodos destructivos incluyen mediciones en campo, cosecha y toma de muestras de la totalidad de la vegetación. Aunque este método es más costoso y requiere de mayor tiempo, arroja resultados de alta confiabilidad, en comparación con el segundo método. Entre los métodos indirectos para estimar biomasa, se encuentra el *uso de modelos de biomasa específicos para cada especie*, donde los valores de inventarios forestales como diámetro (DAP) y altura, se transforman a términos de biomasa con la ayuda de modelos generales.

Schlegel (2001), afirma que las ecuaciones para estimar la biomasa en el tipo de bosque siempre verde en la región centro-sur de Chile (X Región), se basan en el modelo alométrico con forma linealizada mediante logaritmo natural, lo que concuerda con la mayoría de estudios de biomasa forestal. Además que la estimación de la biomasa y del carbono acumulado a través del volumen proporciona valores bastante superiores a los obtenidos a través de la aplicación de la ecuación, probablemente debido a que las ecuaciones no consideraron descuentos de volumen por pudriciones o por defectos.

Segura y Kanninen (2002), aconsejan emplear modelos específicos para cada especie y que hayan sido construidos bajo condiciones similares a las del lugar donde se quieran aplicar, principalmente en términos de tamaño de árboles y densidad arbórea. Dentro de los estudios de biomasa, la medición de raíces representa un trabajo más amplio y tedioso con niveles bajos de precisión (Macdicken, 1997). Por esta razón, algunos autores recomiendan utilizar valores reportados en literatura para bosques tropicales, donde el porcentaje de biomasa radical puede encontrarse en un rango entre 11 y 54%, aportando en promedio 18% de la biomasa total (Sierra y Orrego, 2003).

Los modelos de estimación de biomasa (o alométricos), donde se relaciona la masa seca del árbol con variables del tamaño del árbol (diámetro, altura, área basal y volumen), son el procedimiento más recomendado para estimar la biomasa en bosques tropicales (Sierra y Del

Valle, 2003). Este procedimiento consiste en relacionar estas variables en una regresión lineal bajo escalas logarítmicas, lo cual simplifica los cálculos e incrementa la validación estadística al homogeneizar la varianza sobre el rango de los datos. Ortiz (1993), recomienda construir gráficos de puntos entre la variable dependiente y cada una de las variables independientes, para probar cuales modelos o ecuaciones de regresión explican mejor esta relación. Después se debe aplicar un análisis de varianza y escoger el o los modelos de mejor ajuste con la ayuda de algunos estadígrafos. Según MacDicken (1997), estos modelos pueden ser construidos usando como mínimo una muestra representativa de 30 árboles.

Espíritu (2007), determinó dos mejores modelos alométricos para estimar biomasa aérea de un bosque secundario que presentan mejor distribución de residuos, siendo ambas logarítmicas lineales y teniendo ambas casi las mismas medidas de precisión, se consideró el último de los criterios de selección que es de menor dificultad y menor costo en las mediciones de campo, para determinar el modelo adecuado. El modelo  $\ln Pf = 8,967414 + 2,212051(\ln D) + 0,152690(\ln H)$  necesita de la variable independiente altura total (Ht), que para este caso esta variable no siempre presenta medidas exactas y los costos son más elevados con relación al del modelo  $\ln Pf = 9,494227 + 2,295610(\ln D)$ , donde solo se necesita el diámetro a la altura del pecho (DAP), lo cual es una variable independiente más exacta y menos costosa para la toma de su medida de campo y la variable más común en los inventarios forestales, o sea, la colecta se realiza más rápida y económicamente y el trabajo se termina en menor tiempo.

La estimación de la biomasa en los bosques es un tema relevante en relación con el problema del calentamiento global del planeta. Recientemente se ha incrementado el interés por estudiar el papel de los bosques en los ciclos de elementos biogeoquímicos, especialmente del carbono (Delaney *et al.* 1997), y su relación con los gases de efecto invernadero. Se parte del principio de que aproximadamente 50% de la biomasa estimada es carbono y, por tanto, puede ser adicionada a la atmósfera como dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) cuando este se corta y quema (Morrissey y Justus, 1998).

Vidal *et al.* (2001), realizaron un estudio sobre la estimación de biomasa en ramas y follaje en bosques naturales de *Pinus caribaea* en Cuba, donde estimaron la cantidad de biomasa mediante modelos alométricos con un total de 169 árboles. Los resultados obtenidos indican que el dap explica el mayor porcentaje de la variabilidad de los datos y está más correlacionado con la cantidad de biomasa de ramas y follaje en árboles con un dap máximo

de 47 cm (65 kg de biomasa en follaje y con 110 kg en ramas). A pesar de que la altura total estuvo relacionada con las variables de follaje y ramas, su aporte a los modelos probados no fue significativo.

Brown *et al.* (1989), informan que las estimaciones de biomasa actualmente disponibles en la literatura de los diversos tipos de bosque de la amazonía, vienen de estudios donde se utilizan métodos directos e indirectos. El método directo consiste en la tala del árbol y pesado de sus componentes que se encuentran en parcelas fijas, proveyendo estimaciones que no son confiables por que se basan en pocas y pequeñas parcelas arbitrariamente escogidas. En el método indirecto, por el contrario, las estimaciones se hacen a partir de datos de un inventario forestal con fines de aprovechamiento y manejo forestal, siendo el volumen de la madera la principal variable de estimación de la biomasa, tomando como base la densidad media de la madera y un factor de correlación para árboles con  $DAP < 25$  cm.

Higuchi *et al.* (1998), manifiestan que el consenso existente entre los investigadores que trabajan con biomasa es de que, en la Amazonía es prácticamente imposible estimar la biomasa sobre el nivel del suelo de cada árbol a través de métodos directos al ejecutar un inventario forestal. Por esa razón se deben emplear los recursos de análisis de regresión en el desarrollo de modelos estadísticos para estimar la biomasa de árboles en pie, para cada tipo de bosque y para cada sitio y, en el caso de estudios de cambios climáticos, es necesario priorizar las áreas de mayor intervención.

Salomão *et al.* (1996), citan apenas dos métodos estadísticos utilizados en la Amazonía; uno propuesto por Sandra Brown y colaboradores y otro propuesto por Christopher Uhl y colaboradores. El primero requiere el conocimiento de la densidad de la madera de cada individuo, que es prácticamente imposible obtenerla durante el inventario, mientras que el segundo es recomendado para bosques secundarios. Además de estos, existe el modelo de Overman *et al.* (1994), para el bosque amazónico colombiano, desarrollado especialmente para árboles de diámetros pequeños. Para la región de Manaus se cuenta con el modelo de Higuchi *et al.* (1998), que ya fue evaluado en Tomé-açu (PA) por Araujo *et al.* (1999).

Los modelos alométricos son ecuaciones matemáticas que relacionan la biomasa con variables del árbol medibles en pie, tales como el dap, altura total y diámetro de copa, principalmente. Para el desarrollo de estos modelos es necesario realizar un muestreo destructivo de árboles.

El tamaño de muestra debe ser definido de manera que el error de predicción del modelo resultante esté dentro de los rangos aceptados; en general, se estima que se obtienen valores del error aceptables con tamaños de muestra mayores a 20 individuos distribuidos sobre todos los rangos diámetros (Vallejo *et al.*, 2007).

La biomasa total de cada individuo se obtiene mediante la suma de la biomasa de los distintos componentes del árbol. Una vez obtenida la biomasa total de los árboles muestreados se trata de obtener, mediante técnicas estadísticas, relaciones directas entre la biomasa total del árbol y las variables del mismo medidas en pie. Para el cálculo de biomasa viva con base en ecuaciones alométricas basta con diseñar un muestreo estadísticamente representativo en el que se midan las variables independientes de la ecuación alométrica seleccionada. Los datos finales pueden ser presentados por clase diamétrica (Vallejo *et al.*, 2007).

Segura *et ál.* (1999), en dos áreas experimentales de la Tirimbina, Costa Rica, desarrollaron modelos para estimar la biomasa total y el carbono almacenado por árbol de siete especies tropicales, a partir de variables como dap, altura comercial y total, biomasa y volumen del fuste, probando modelos lineales (logarítmicos, cuadráticos y exponenciales).

### **2.3. Tabla de biomasa**

A continuación se presentan los diferentes métodos para estimar la cantidad o fracción de carbono existente en un bosque.

#### **2.3.1. Estimación de la producción de la biomasa**

Existen algunos trabajos acerca de la determinación de la biomasa principalmente de ramas y follaje en los bosques tropicales de bajura. Brown *et al.* (1989) elaboraron una estrategia para estimar el total de la biomasa sobre el suelo en bosques tropicales con información de inventarios forestales en diferentes tipos de bosque, también utilizaron análisis recientes para reducir la discrepancia basado entre el volumen y las mediciones directas de estimaciones de bosque cerrado (Brown y Lugo, 1982, 1984).

Cornejo y Lombrado (1993), estimaron la producción de hojarasca en un bosque sucesional en el Parque Nacional Manu de la Estación Biológica de Cocha Cashu (Provincia de Manu, Departamento de Madre de Dios) con un reconocimiento florístico y estructural del área y con posterior análisis químico del suelo y hojas. Este estudio muestra datos de producción de

hojarasca para bosques joven y maduro de 11,46 t/ha/año y de 12,33 t/ha/año respectivamente. Además, indica que los bosques transicionales relativamente jóvenes pueden alcanzar una biomasa similar o mayor que la del bosque maduro.

### **2.3.2. Tablas para el cálculo de biomasa en los bosques**

Brown y Lugo (1982), citado por Brown *et al* (1989) y Brown y Lugo, (1984) realizaron dos estimaciones del total de biomasa (sobre y bajo el suelo) de bosques tropicales de dos diferentes bases de información. En la primera estimación (1982), sintetizaron la información de la literatura en el total de biomasa de la vegetación de bosques tropicales estimados por medición directa en parcelas experimentales.

### **2.4. Concepto de Alometría**

Aguirre *et al* (2002), menciona que la alometría es el estudio del crecimiento de una parte de la planta en relación al crecimiento de la planta completa o a una parte de la misma, se estudian las variaciones relacionadas al tamaño en formas y procesos de la planta.

García (2000), indica que la alometría es un fenómeno que implica que una estructura, parte del cuerpo, u otro aspecto cuantitativo del organismo cuya proporción, (sobre una medida de referencia tal como la talla corporal, peso, volumen, altura en la cruz, o cualquier otra) varía entre diferentes individuos. (El término se aplica también a la disciplina que lo trata). Tiene tres diferentes tipos: 1) desde el punto de vista del material que se compara, estática (inter-específica e intra-específica) y ontogenética (o de la ontogenia); 2) desde el punto de vista del valor de la pendiente de la línea de regresión, isometría, alometría positiva y alometría negativa.

Haemig (2011), manifiesta que la alometría es la medición y la descripción de la dependencia de las sub unidades estructurales o funcionales de un organismo, con el crecimiento y la función de una parte de ese organismo o de ese ser vivo como un todo. Una alometría es una función de potencia que relaciona diferentes cosas entre sí. Las alometrías ecológicas son regresiones y por ello no se refieren a los mecanismos.

Higuchi *et al.* (2005), es el estudio de las variaciones de las formas y de los procesos de los organismos y tiene dos significaciones: (i) el crecimiento de una parte del organismo en

relación al crecimiento del organismo entero o de una parte de él y (ii) el estudio de las consecuencias del tamaño sobre las formas y los procesos.

## **2.5. Uso de la regresión en estudios de biomasa**

El propósito general de la regresión es analizar la relación entre variables independientes o predictoras y una variable o criterio dependiente.

Ogawa *et al.* (1965), probaron varios tipos de regresión, para encontrar el mejor estimador para la biomasa total del árbol. El peso seco de árboles enteros con y sin hojas, fue estimado en función de  $d^2h$ ; donde  $d$  es el diámetro elevado al cuadrado y  $h$  es la altura; ya que según los autores, el peso seco de los árboles es más correlacionado con esa dimensión de la que el diámetro y la altura separadamente.

Regazzi *et al.* (1993), indican que en manejo forestal es fundamental el uso de modelos no-lineales para estimar el crecimiento de un árbol individual y consecuentemente, del bosque que presenta una tendencia no-lineal y sigmoideal, y también porque existen modelos no-lineales flexibles y confiables para ese tipo de análisis.

Schlegel (2001), menciona que las ecuaciones con mejor ajuste para el tipo forestal en la región centro-sur de Chile, son la basadas en el modelo alométrico con forma idealizada mediante logaritmo natural, lo que concuerda con la mayoría de estudios de biomasa forestal.

Santos (1996), probó 34 modelos de regresión para estimar la fitomasa de un bosque tropical húmedo en la ciudad de Manaus, de las cuales 21 modelos eran aritméticos, 6 modelos logarítmicos, 6 modelos no lineales y 1 modelo aritmético ponderado. Para los modelos lineales y logarítmicos el método para obtener las estimaciones de los parámetros fue el de mínimo cuadrados, y para lo no-lineales utilizó métodos interactivos. En la solución para el ajuste de las ecuaciones relativas a los modelos, el peso de la madera fue convertido de kilogramos a toneladas, el DAP de centímetros a metros y la altura comercial fue expresado en metros.

Beauchamp *et al.* (1974), citaron que en una regresión log-log, el error sistemático en la transformación para unidades aritméticas resultan en una subestimación de la biomasa estimada.

Crow *et al.* (1980), afirman que el uso de ecuaciones logarítmicas  $\ln(Y) = b \ln(X) + \ln(\epsilon_i)$ ; donde  $\ln$  es logaritmo natural, (Y) es la variable dependiente, (X) es la variable independiente, b es el coeficiente de regresión y  $\epsilon_i$  es el error; produce una subestimación sistemática en la variable original no transformada (Y).

Cunia (1964), manifiesta que cuando las estimaciones logarítmicas son convertidas nuevamente a sus unidades originales ellas son negativamente media geométrica, en vez de una aritmética.

Jordan *et al.* (1978), utilizaron el procedimiento de Beauchamp *et al.* (1974) para corregir esa tendencia, teniendo como objetivo obtener aproximaciones de estimaciones de biomasa no-arbitrarias y comparan éstas con las estimaciones de peso no corregidas.

### **III. METODOLOGÍA**

#### **3.1. Localización del estudio**

El estudio se realizó en cuatro parcelas distribuidas en tres comunidades situadas en el área de influencia del eje de la carretera Iquitos – Nauta. La primera parcela se ubica en las coordenadas UTM 669126 Este 9548994 Norte, la segunda parcela se encuentra en las coordenadas UTM 668647 Este 9549702 Norte, ambas situadas en el comunidad “24 de Octubre”, la tercera parcela se encuentra ubicada en las coordenadas UTM 669576 Este 9545681 Norte, en la comunidad “San Lucas” y la cuarta parcela se ubica en las coordenadas UTM 681156 Este 9568214 Norte, en la comunidad “Tres de Octubre” (Figura 21 del Anexo).

Cada parcela está provista de cuatro a cinco especies de frutales nativos, los propietarios son agricultores acogidos al sub proyecto “Diversificación de los sistemas de producción con frutales nativos amazónicos en comunidades de la zonas de influencia de la carretera Iquitos – Nauta, entre las cuencas de los ríos Nanay e Itaya” (INCAGRO, 2011).

##### **3.1.1. Geología**

Geológicamente la zona está constituida por niveles de sedimentitas rojizas, originadas en facies continentales. Sobre la base de sus relaciones sedimentológicas, describen las alternancias de areniscas y limoarcillitas de tonalidades que varían de amarillo a rojiza, y gravillas redepositadas.

Fue descubierta en las proximidades de Nauta y en algunos sectores del eje de la carretera, aunque muchas veces se confunde con las secuencias de las unidades Iquitos, por constituir sedimentos con características similares como arenitas blancas con alto porcentaje de cuarzo. (Castro, 2012).

##### **3.1.2. Fisiografía**

La zona presenta una fisiografía bastante heterogénea, la misma que se caracteriza por geofomas definidas por las características del macrorrelieve, identificándose tres grandes paisajes: llanura aluvial, superficies plano - onduladas, y relieve colinoso. (Escobedo y Torres, 2012).

### **3.1.3. Suelo**

Están conformado por suelos moderadamente desarrollados con perfiles tipo ABC de textura moderadamente gruesa a fina pardo oscuro a amarillo pálido con rojo, con estructura blocosa subangular media a incipiente, con límite de horizontes claro. Estructurado en bloques subangulares medio débil, de consistencia friable; con abundantes raíces finas, medias y algunas gruesas en los primeros 40 cm. Químicamente son de reacción ultra ácida a extremadamente ácida (pH 2,26 a 3,65). Alto porcentaje de materia orgánica y bajo fósforo en la capa superficial; el potasio varía de 24 ppm a 74 ppm, la capacidad de intercambio catiónico por acetato de amonio fluctúa de 8,0 meq/100 g de suelo a 20,80 meq/100 g de suelo, la saturación de bases es 3 % a 8 %. (Escobedo y Torres, 2012).

### **3.1.4. Clima**

Climáticamente la zona se caracteriza por ser cálida, tropical y húmeda durante todo el año. El régimen de precipitación presenta valores de 2600 mm/año a 3000 mm/año, distribuidos de tal forma que no hay un período seco extenso, y casi ningún mes con precipitación menor de 100 mm. Las mayores precipitaciones ocurren en el mes de abril y las menores en julio-agosto. Los meses más calientes ocurren a finales de la estación lluviosa (Tello, 2010), con mínimas medias de 20°C – 23°C y máximas entre 30°C – 33°C. Las medias anuales oscilan en torno a los 27°C, y las máximas absolutas históricas llegan alcanzar los 40°C. La variación diaria de la temperatura oscila entre 10°C y 12°C, lo que es mucho mayor que la variación anual, que apenas llega a ser de 1°C a 2°C (Paredes, 2012).

### **3.1.5. Vegetación**

Esta unidad vegetal corresponde a los diferentes cultivos agrícolas y purmas abandonadas y otras actividades que en ellas se desarrollan, formados por la intervención humana. Su fisonomía varía desde herbazales, arbustales hasta bosques con alturas variadas. También se distingue una comunidad vegetal que se desarrolla en las áreas con suelos arenosos intervenidos, donde antes estaban ubicados los varillales, pero ahora en estas áreas se desarrolla una composición muy particular de especies herbáceas, arbustivas y arbóreas. En las áreas abandonadas de los pastos para ganados presentan una colonización fuerte de una especie de Araceae, y en varios sectores aledaños a la carretera Iquitos-Nauta hay poblaciones de cañabrava, que posiblemente haya sido introducida cuando se construyó la carretera.

En cuanto a los principales cultivos agrícolas que se desarrollan en el área de estudio tenemos las siguientes especies: yuca, plátano, caña, maíz, limón, y dentro de los huertos familiares tenemos: pijuayo, caimito, ubilla, macambo, guaba, copoazu, mango, entre otros.

### **3.2. Materiales y equipo**

#### **3.2.1. Materiales:**

- a. De gabinete:
  - Computadora y accesorios
  - Programa estadístico SPSS 15
  - Material de escritorio y papelería en general
- b. De campo:
  - Formato de datos
  - Tablero de madera
  - Cinta diamétrica
  - Cámara fotográfica
  - Receptor GPS
  - Sacos de plásticos
  - Plástico
  - Wincha de 50 m
  - Wincha de 3 m
  - Forcípula
  - Tijera de podar
  - SERRUCHO corto
  - Machete
  - Cuchillo
  - Rafia
  - Plumón indeleble
  - Bolsas de papel

#### **3.2.2. Equipos:**

- Motosierra
- Balanza de campo de diferentes capacidades 5 kg a 25 kg
- Balanza digital (1 g a 5000 g)

### 3.3. Método

#### 3.3.1. Tipo de investigación

La presente investigación es del tipo descriptivo correlacional, que consistió en demostrar que la modificación de la variable independiente, altura total del árbol (Ht), ocasiona un cambio en la variable dependiente peso seco (Ps). En base a esta información se elaboraron funciones predictoras de biomasa utilizando el método de regresión.

#### 3.3.2. Población y muestra

La población estuvo representada por 576 individuos de diferentes especies distribuidos en cuatro parcelas, siendo la muestra determinada en función de la siguiente ecuación (Hernández, *et al*; 2006):

$$n = \frac{Z^2 \cdot P \cdot Q}{E^2}$$

Dónde:

$N$  = Tamaño de la muestra

$P$  = Proporción de individuos que poseen en la población la característica del estudio

$Q$  = proporción de individuos que no poseen esa característica, es decir, es 1-p.

$Z$  = Es el valor de la abscisa de la distribución normal asociada a un nivel de confianza. Para el presente estudio se ha determinado un nivel de confianza del 95 % siendo el Z correspondiente de 1,96

$E$  = Error aceptado. Para el estudio se tolera un error del 10%

Aplicando un ajuste a la muestra se toma en consideración la siguiente relación:

$$n_o = \frac{n}{1 + \frac{n-1}{N}}$$

Dónde:

$n_o$  = Tamaño de la muestra ajustada

$N$  = Tamaño de la muestra inicial

$N$  = Población muestral, conformada por el número de individuos distribuidos en cuatro parcelas

### 3.3.3. Selección de la muestra

El tamaño de la muestra obtenida fue de 82 individuos. Para el estudio se tomó una muestra de 90 individuos distribuidas en cinco especies, tomando como criterio la frecuencia de todas las clases de altura, con el fin de obtener valores representativos de todas las parcelas. En el Cuadro 1 se muestra la tabla de frecuencia de los árboles seleccionados.

Cuadro 1. Frecuencia de individuos seleccionados para la estimación de biomasa

<b>CLASE DE ALTURA (m)</b>	<b>FRECUENCIA</b>
0,60 - 0,80	2
0,81 - 1,00	10
1,01 - 1,20	11
1,21 - 1,40	16
1,41 - 1,60	14
1,61 - 1,80	11
1,81 - 2,00	14
2,01 - 2,20	9
2,21 - 2,40	3
<b>TOTAL</b>	<b>90</b>

A cada individuo se le midió la altura total del suelo a la última hoja.

### 3.3.4. Diseño de la investigación

El diseño de muestreo y la metodología utilizada es la propuesta por **Martínez (2002)**, que consistió en el establecimiento de parcelas de 50 m por 50 m, agrupando a los individuos de diferentes especies en la parcela, con un distanciamiento de siembra de 4 m por 4 m (figura 1).

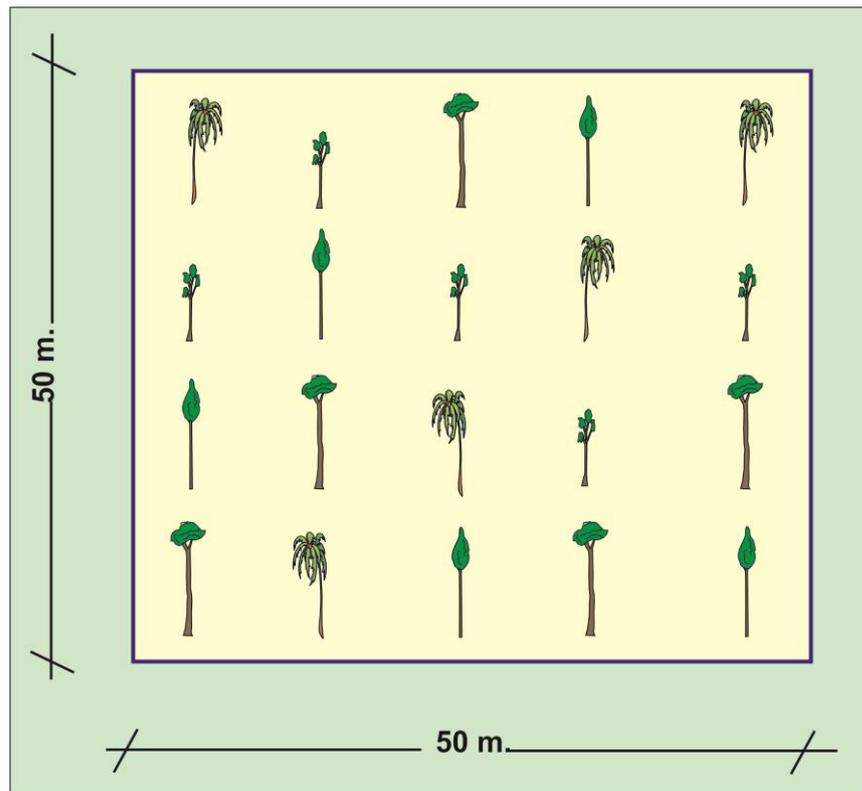


Figura 1. Diseño de distribución de las especies de frutales dentro de la parcela

#### a. Selección de los sitios de muestreo

Para la selección de los sitio de muestreo, se tomaron referencias de la ubicación de las parcelas de los agricultores acogidos al sub proyecto “Diversificación de los sistemas de producción con frutales nativos amazónicos en comunidades de la zonas de influencia de la carretera Iquitos – Nauta, entre las cuencas de los ríos Nanay e Itaya” (INCAGRO, 2011). Para la selección de las cuatro parcelas se tomaron en cuenta criterios básicos, como la existencia de condiciones para facilitar el desarrollo de la investigación, la edad de los individuos, buenas condiciones de las parcelas de frutales nativos, coordinación entre los actores locales que inciden en la zona y que cuenten con cuatro o cinco especies diferentes por cada parcela.

#### 3.3.5. Procedimiento de recolección de datos

El trabajo se realizó en cuatro parcelas de frutales nativos amazónicos. Para el desarrollo de la investigación se llevó a cabo un inventario, que consistió en el conteo y numeración de las especies de frutales en cada cultivo. Posteriormente se procedió a seleccionar cinco especies de frutales: *Th. cacao*, *Th. grandiflorum*, *R. mucosa*, *Theobroma bicolor* y *Pouteria caimito* (caimito), debido a la importancia económica que representan estas especies. Este resultado llevó a realizar la selección aleatoria de los individuos a ser talados y pesados (Cuadro 4).

**a. Cultivos de frutales nativos amazónicos**

Conformado por cuatro parcelas ubicadas en el área de influencia del eje de la carretera Iquitos – Nauta (Cuadro 2).



**Figura 2:** Individuos de *P. caimito* (caimito) y *Th. bicolor* (macambo) con alturas superiores a 2 metros.

**Parcela 1.** De 0,25 ha conformada por 4 especies: *Th. cacao*, *Th. grandiflorum*, *Th. bicolor* y *P. caimito*, haciendo un total de 144 individuos (Cuadro 11 del Anexo).

**Parcela 2.** De 0,25 ha, conformado por 5 especies: *Th. cacao*, *Th. grandiflorum*, *R. mucosa*, *Th. bicolor* y *P. caimito*, haciendo un total de 144 individuos (Cuadro 12 del Anexo).

**Parcela 3.** De 0,25 ha, conformado por 5 especies: *Th. cacao*, *Th. grandiflorum*, *R. mucosa*, *Th. bicolor* y *P. caimito*, haciendo un total de 144 individuos (Cuadro 13 del Anexo).

**Parcela 4.** De 0,25 ha, conformado por 5 especies: *Th. cacao*, *Th. grandiflorum*, *R. mucosa*, *Th. bicolor* y *P. caimito*, haciendo un total de 144 individuos (Cuadro 14 del Anexo).



**Figura 3:** Georreferenciación de las parcelas de frutales nativos.

**Cuadro 2.** Ubicación de las parcelas de frutales nativos en estudio.

Nº	CENTRO POBLADOS	PROPIETARIOS	EDAD	COORDENADAS UTM	
				X	Y
Parcela 1	24 de Octubre	Ezequiel García Tapullima	2 años	669126	9548994
Parcela 2	24 de Octubre	Armando Vásquez Apuela	2 años	668647	9549702
Parcela 3	San Lucas	Mario Escobedo	2 años	669576	9545681
Parcela 4	Tres de Octubre	Enrique Villacorta Lima	2 años	681156	9568214

#### **b. Selección aleatoria y apeo de individuos**

En función de la disponibilidad de las especies de frutales nativos se realizó una selección del número de individuos (Cuadro 1) para ser apeados (Ávila *et al.*, 2001; Locatelli y Leonard, 2001). Posteriormente se midieron y cortaron 18 individuos por altura y especie para ser pesados, haciendo un total de 90 individuos de frutales nativos, con el propósito de aumentar el intervalo de variación de frutales nativos medidos y darle validez a las ecuaciones de regresión. En cada individuo seleccionado se midió la altura total (Ht), para la estimación de la biomasa individual sobre el suelo, que consiste en la tala y pesado de los individuos (Santos, 1996; Higuchi *et al.*, 1998). No se tomó en cuenta la variable DAP, debido a la

arquitectura y la forma de crecimiento de las especies, además que en la altura de medición del DAP no cumplen con 1,3 m.

**c. Pesado de las secciones de los individuos seleccionados**

Los individuos después de ser apeados fueron pesados en una balanza mecánica con una capacidad de 5 kg; la cual estuvo instalada en el área de estudio, de esta manera se obtuvo el peso fresco de cada componente del individuo. Posteriormente se tomaron tres (3) submuestras de 100 g al azar por especie. Todas las submuestras fueron ordenadas, codificadas por individuo y enviado al laboratorio para ser secadas al horno para obtener su peso seco de acuerdo con la metodología empleada por Arreaga (2002).



**Figura 4:** Pesado de las muestras de los individuos.

**d. Determinación del porcentaje de materia seca**

El porcentaje de materia seca se consiguió con las muestras obtenidas de las plantas de frutales de la siguiente manera:

Se trituró en un molino con una malla de 0,1mm. Se pesaron las cajas petri con su respectiva tapa, luego se pesó 1 g de muestra homogenizada de cada una de las muestras con su respectiva repetición. Luego se colocó en un horno a 70°C por un lapso de 24 horas.

Los valores de peso de biomasa se expresaron en base seca. Para el cálculo se utilizaron las siguientes fórmulas (Segura, 1999):

$$MS = \frac{\text{Peso de muestra seca}}{\text{Peso de la muestra original}} * 100$$

Dónde:

$MS$  = Materia seca (%)

#### e. Determinación de la biomasa aérea

Con la finalidad de evitar errores de medición se procedió a determinar la biomasa realizando el método destructivo que consiste en derribar cada individuo y calcular la biomasa total. Para esto se procedió a seccionar y posteriormente se pesaron todos los individuos para obtener de manera directa el peso verde, donde se tomaron tres (3) submuestras al azar, las que se codificaron con un marcador permanente. Después de obtener las submuestras, se colocó por separado en bolsas de polietileno para evitar la pérdida de humedad y obtener el peso verde, utilizando para ello una balanza digital. Todas las submuestras fueron ordenadas por individuos y codificados.

$$B_m = \frac{P_m * MS}{100}$$

Dónde:

$MS$  = Porcentaje de materia (%)

$P_m$  = Peso de la muestra (kg)

$B_m$  = Biomasa aérea del individuo (kg)

#### f. Modelos matemáticos desarrollados

Después de obtener la biomasa total y con la altura total de cada individuo, se procedió buscar las ecuaciones de mejor ajusten, las ecuaciones comúnmente usada en la estimación de biomasa tienen formas simples lineales, simples no lineales, lineales múltiples y no lineales múltiples (Clutter *et al.*, 1983). En este trabajo se tomaron los modelos matemáticos (Cuadro 3). Para poder decidir cuál es el “mejor” modelo, se utilizó la técnica de regresión para estimar varios modelos lineales y no lineales, con el fin de poder predecir la biomasa total a partir de las variables predictoras o independientes. Este coeficiente, expresa el

porcentaje de la variación total presente en la variable biomasa total por encima del suelo, que es atribuible al modelo de regresión en cuestión.

**Cuadro 3.** Modelos alométricos para la estimación de la biomasa por especie

Nº	MODELO MATEMATICO	ECUACIONES
1	Lineal	$Y = b_0 + (b_1 * h)$
2	Logarítmica	$Y = b_0 + (b_1 * \text{Ln}(h))$
3	Inversa	$Y = b_0 + (b_1 / h)$
4	Cuadrática	$Y = b_0 + (b_1 * h) + (b_2 * h^2)$
5	Cubica	$Y = b_0 + (b_1 * h) + (b_2 * h^2) + (b_3 * h^3)$
6	Compuesta	$Y = b_0 * (b_1^h)$
7	Potencia	$Y = b_0 * (h^{b_1})$
8	S	$Y = \exp^{(b_0 + (b_1 / h))}$
9	Crecimiento	$Y = \exp^{(b_0 + (b_1 * h))}$
10	Exponencial	$Y = b_0 * (\exp^{(b_1 * h)})$
11	Logística	$Y = 1 / (1/u + b_0 (b_1^h))$



**Figura 5:** Medición de la altura total de *Th. cacao*.

#### IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El cuadro 4, muestra los resultados de los 18 individuos por especie como la altura total, que sirvió como variable independiente y el peso verde que permitió encontrar la biomasa en base a la altura por cada individuo y que fueron seleccionados para ser apeados en las cuatro parcelas, donde las alturas fluctuaron de 0,9 m a 1,97 m y la biomasa de 0,32 kg a 2,65 kg para la especie *Th. cacao*, para *Th. grandiflorum* la altura varió de 0,62 m a 2,07 m y la biomasa de 0,47 kg a 4,77 kg, en el caso de *R. mucosa* la altura varió de 0,75m a 2,37 m y la biomasa de 0,32 kg a 2,33 kg, para *Th. bicolor* la altura varió de 0,83 m a 2,40 m y la biomasa de 0,36 kg a 1,28 kg y en el caso de *P. caimito* la altura varió de 0,85 m a 2,15 m y la biomasa de 0,54 kg a 3,33 kg.

Con el fin de evitar valores extremos y lograr desarrollar ecuaciones consistentes, se trabajó con los datos de 90 individuos (Hernández *et al*, 2006) y que fueron distribuidos en 18 individuos por especie, teniendo en cuenta la disponibilidad por clase de altura, encontrando una distribución relativa variable de la biomasa total por cada individuo, estos resultados se deben a algunos factores físicos (nutrientes del suelo, drenaje, luminosidad, precipitación, temperatura, entre otros) y biológicos (factores externos como plagas, competencia de otras especies por el mismo hábitat y factores internos; como la genética de los individuos), así como por las diferencias de manejo que algunos individuos recibieron, afectando este hecho al desarrollo de una biomasa normal (Moraes, 2001).

Otros factores que influyen en la variación de la biomasa son: características de la especie, tamaño del árbol (altura y diámetro), diámetro en la base de la copa y atributos del rodal (Gayoso *et al.*, 2002).

Cuadro 4. Valores obtenidos de la altura y peso de *Th. cacao*, *Th. grandiflorum*, *P. caimito*, *Th. bicolor* y *R. mucosa*

N°	CACAO				COPUOZU				ANONA				MACAMBO				CAIMITO			
	ALTURA (m)	PESO VERDE (kg)	BIOMA SA (kg)	BIOMA SA (%)	ALTURA (m)	PESO VERDE (kg)	BIOMA SA (kg)	BIO MAS A (%)												
1	0,90	1,15	0,47	40,90	0,62	0,90	0,47	52,20	0,75	0,65	0,36	55,40	0,83	0,98	0,36	36,70	0,85	1,01	0,56	55,40
2	0,92	0,88	0,32	36,40	1,12	1,10	0,58	52,70	0,86	0,71	0,39	54,90	0,95	1,15	0,43	37,40	0,92	0,98	0,54	55,10
3	0,98	1,25	0,51	40,80	1,13	1,36	0,72	52,90	0,98	0,58	0,32	55,20	1,11	1,17	0,44	37,60	0,97	1,52	0,84	55,30
4	1,04	1,00	0,40	40,00	1,18	1,28	0,67	52,30	1,05	0,98	0,54	55,10	1,13	1,34	0,5	37,30	1,07	1,26	0,70	55,60
5	1,12	0,90	0,36	40,00	1,24	1,65	0,87	52,70	1,15	1,15	0,63	54,80	1,25	1,59	0,59	37,10	1,25	1,68	0,93	55,40
6	1,24	1,15	0,47	40,90	1,26	1,90	1,00	52,60	1,17	1,39	0,76	54,70	1,40	1,92	0,71	37,00	1,31	2,15	1,19	55,30
7	1,31	1,80	0,73	40,60	1,27	1,25	0,66	52,80	1,25	1,98	1,08	54,50	1,45	1,86	0,69	37,10	1,38	2,21	1,22	55,20
8	1,32	1,30	0,53	40,80	1,30	1,80	0,95	52,80	1,31	1,47	0,80	54,40	1,51	2,23	0,83	37,20	1,42	2,87	1,59	55,40
9	1,47	1,43	0,58	40,60	1,33	1,60	0,84	52,50	1,35	1,68	0,92	54,80	1,59	2,79	1,04	37,30	1,53	2,98	1,65	55,40
10	1,50	1,50	0,61	40,70	1,47	2,20	1,16	52,70	1,43	1,39	0,76	54,70	1,63	2,51	0,93	37,10	1,65	3,13	1,73	55,30
11	1,54	1,45	0,59	40,70	1,53	2,90	1,53	52,80	1,52	2,14	1,17	54,70	1,68	3,13	1,16	37,10	1,71	2,91	1,61	55,30
12	1,62	1,50	0,61	40,70	1,60	2,87	1,52	53,00	1,55	1,98	1,08	54,50	1,70	3,21	1,19	37,10	1,82	3,26	1,81	55,50
13	1,70	1,73	0,70	40,50	1,77	4,00	2,12	53,00	1,63	2,56	1,40	54,70	1,84	3,52	1,31	37,20	1,93	4,05	2,24	55,30
14	1,78	2,81	1,14	40,60	1,82	5,64	2,98	52,80	1,84	2,15	1,18	54,90	1,97	3,98	1,48	37,20	1,95	3,97	2,20	55,40
15	1,80	3,16	1,29	40,80	1,86	7,12	3,77	52,90	1,89	2,87	1,57	54,70	2,07	2,98	1,11	37,20	2,05	4,24	2,35	55,40
16	1,86	6,26	2,56	40,90	1,98	8,00	4,24	53,00	1,95	3,56	1,95	54,80	2,15	4,13	1,54	37,30	2,10	4,58	2,54	55,50
17	1,93	6,50	2,65	40,80	2,03	8,70	4,61	53,00	2,12	3,94	2,16	54,80	2,33	4,32	1,61	37,30	2,12	5,56	3,08	55,40
18	1,97	5,50	2,24	40,70	2,07	9,00	4,77	53,00	2,37	4,25	2,33	54,80	2,40	4,51	1,68	37,30	2,15	6,01	3,33	55,40

#### 4.1. Estimación de las ecuaciones alométricas

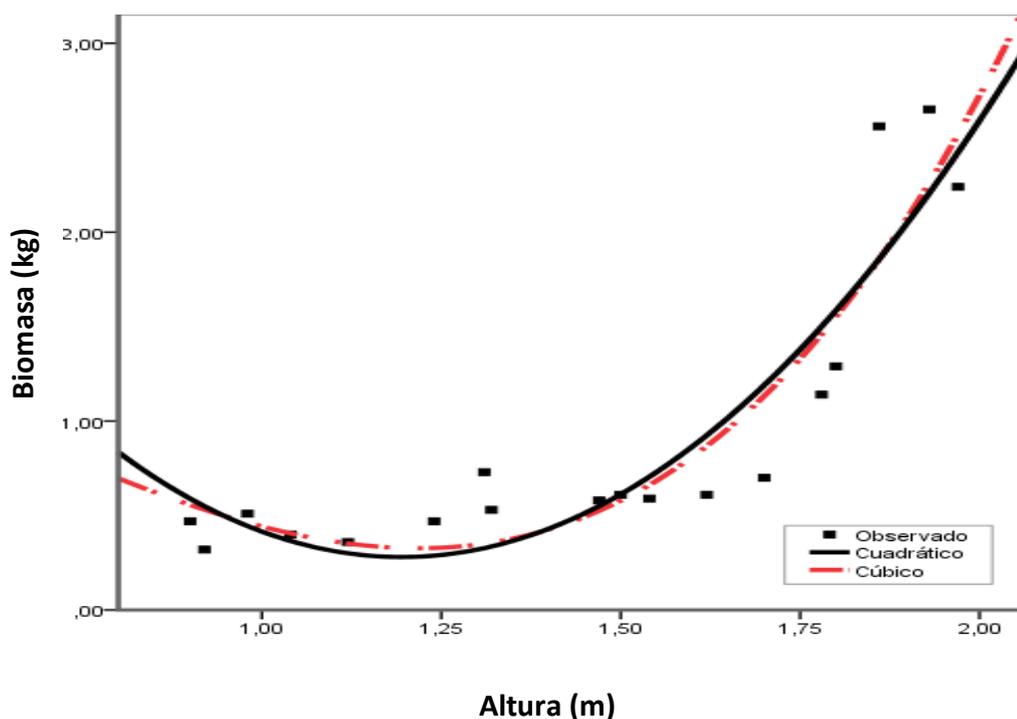
##### 4.1.1 Ecuación de biomasa de *Th. cacao*

En el cuadro 5 se presenta los resultados de la prueba de los 11 modelos matemáticos de regresión para encontrar la ecuación más apropiada para determinar la biomasa *Theobroma cacao* (cacao). Se observa que las ecuaciones cuadrática y cúbica son las que presentan los más altos coeficientes de determinación (por encima de 0,8).

**Cuadro 5:** Ecuaciones con sus coeficiente de determinación ( $R^2$ ) para *Th. cacao*

Ecuación	Resumen del modelo		Estimaciones de los parámetros			
	$R^2$	F	Constante	b1	b2	b3
Lineal	0,60	23,92	-1,45	1,65		
Logarítmica	0,52	17,42	0,22	2,10		
Inversa	0,44	12,77	2,80	-2,53		
Cuadrática	0,84	38,25	5,36	-8,51	3,56	
Cúbica	0,86	44,61	1,69	0,00	-2,75	1,50
Compuesto	0,75	47,99	0,07	4,93		
Potencia	0,68	34,06	0,37	2,08		
S	0,60	24,44	1,58	-2,56		
Crecimiento	0,75	47,99	-2,61	1,60		
Exponencial	0,75	47,99	0,07	1,60		
Logística	0,75	47,99	13,61	0,20		

La Figura 6 muestra el comportamiento de la biomasa para 18 individuos de *Th. cacao* en función de la variable altura, respecto a la superficie de regresión del modelo escogido, de esta se deduce que los modelos cúbico y cuadrático estiman con una buena precisión la biomasa ajustándose bien a la superficie de la regresión, esto se corroboró con el ANVA encontrando que no existe diferencia estadística. Los valores reales son bien precedidos por la superficie de regresión que está en función a la altura.



**Figura 6:** Diagrama de dispersión de los valores observados para estimar la biomasa en *Th. cacao* y la línea de regresión generada con los modelos de las ecuaciones cúbica y cuadrática.

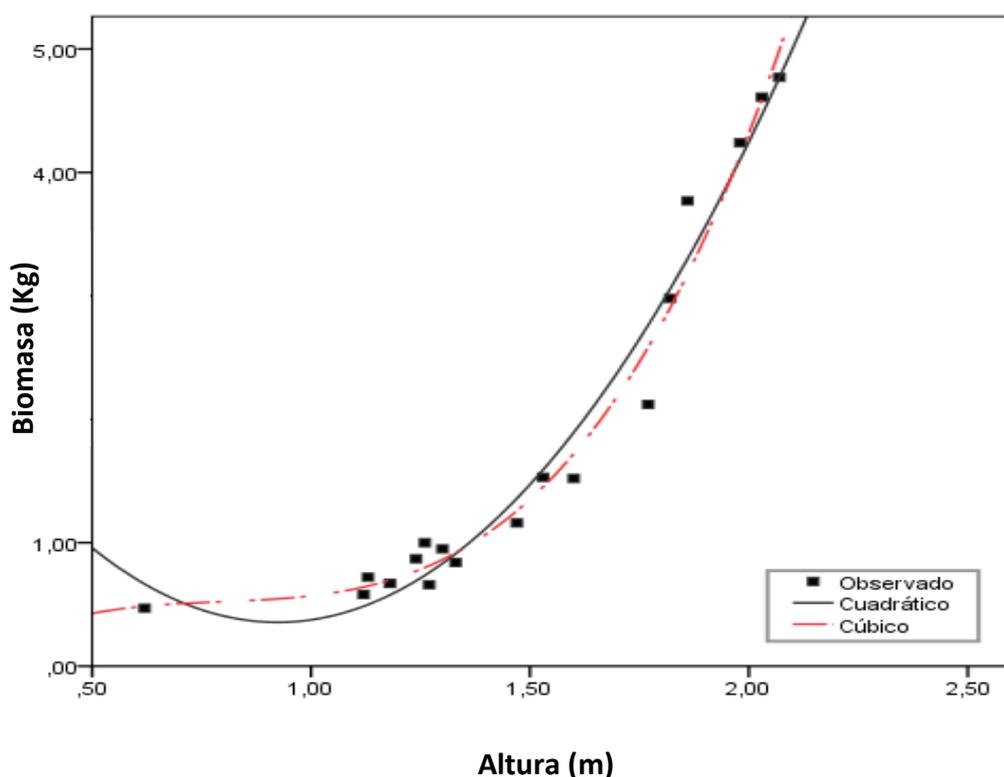
#### 4.1.2. Ecuación de biomasa de *Th. grandiflorum* (copoazú)

Cuadro 6: Ecuaciones con sus coeficiente de determinación ( $R^2$ ) para *Th. grandiflorum*

Ecuación	Resumen del modelo		Estimaciones de los parámetros			
	$R^2$	F	Constante	b1	b2	b3
Lineal	0,81	70,02	-3,33	3,52		
Logarítmica	0,65	29,83	0,40	4,14		
Inversa	0,44	12,80	4,71	-3,88		
Cuadrático	0,97	257,92	3,22	-6,21	3,36	
Cúbica	0,98	224,90	-0,63	4,04	-4,91	2,06
Compuesto	0,93	200,26	0,08	6,85		
Potencia	0,80	65,48	0,60	2,36		
S	0,61	24,75	2,04	-2,33		
Crecimiento	0,93	200,26	-2,52	1,93		
Exponencial	0,93	200,26	0,08	1,93		
Logística	0,93	200,26	12,37	0,15		

En el cuadro 6 se presenta los resultados de la prueba de los 11 modelos matemáticos de regresión para encontrar la ecuación más apropiada para determinar la biomasa *Th. grandiflorum*. Se observa que las ecuaciones cuadrática, cúbica, compuestas, crecimiento, exponencial, logística son las que presentan los más altos coeficientes de determinación (por encima de 0,9).

La Figura 7 muestra el comportamiento de la biomasa para 18 individuos de *Th. cacao* en función de la variable altura, respecto a la superficie de regresión del modelo escogido, de esta se deduce que los modelos cúbico y cuadrático estiman con una buena precisión la biomasa ajustándose bien a la superficie de la regresión, esto se corrobora con el ANVA encontrando que no existe diferencia estadística. Los valores reales son bien precedidos por la superficie de regresión que está en función a la altura.



**Figura 7:** Diagrama de dispersión de los valores observados para estimar la biomasa en *Th. grandiflorum* y la línea de regresión generada con los modelos de las ecuaciones cúbica y cuadrática.

#### 4.1.3 Ecuación de biomasa de *Th. bicolor* (macambo)

En el cuadro 7 se presenta los resultados de la prueba de los 11 modelos matemáticos de regresión para encontrar la ecuación más apropiada para determinar la biomasa *Th. bicolor*. Se observa que las ecuaciones lineal, logarítmica, cuadrática, cubica, compuesta, potencia, S, crecimiento, exponencial y logística son las que presentan los más altos coeficientes de determinación (por encima de 0,9).

Cuadro 7: Ecuaciones con sus coeficiente de determinación ( $R^2$ ) para *Th. bicolor*

Ecuación	Resumen del modelo		Estimaciones de los parámetros			
	R2	F	Constante	b1	b2	b3
Lineal	0,93	209,91	-0,49	0,91		
Logarítmica	0,90	144,31	0,39	1,36		
Inversa	0,82	74,17	2,20	-1,80		
Cuadrático	0,93	98,40	-0,48	0,90	0,004	
Cúbica	0,94	72,95	1,40	-3,03	2,56	-0,53
Compuesto	0,92	187,57	0,17	2,81		
Potencia	0,95	286,81	0,44	1,59		
S	0,92	181,85	1,34	-2,17		
Crecimiento	0,92	187,57	-1,79	1,034		
Exponencial	0,92	187,57	0,17	1,03		
Logística	0,92	187,57	6,01	0,36		

La Figura 8 muestra el comportamiento de la biomasa para 18 individuos de *Th. bicolor* en función de la variable altura, respecto a la superficie de regresión del modelo escogido, de esta se deduce que los modelos lineal, cuadrático, cúbica y potencia estiman con una buena precisión la biomasa ajustándose bien a la superficie de la regresión, esto se corroboró con el ANVA encontrando que no existe diferencia estadística. Los valores reales son bien precedidos por la superficie de regresión que está en función a la altura.

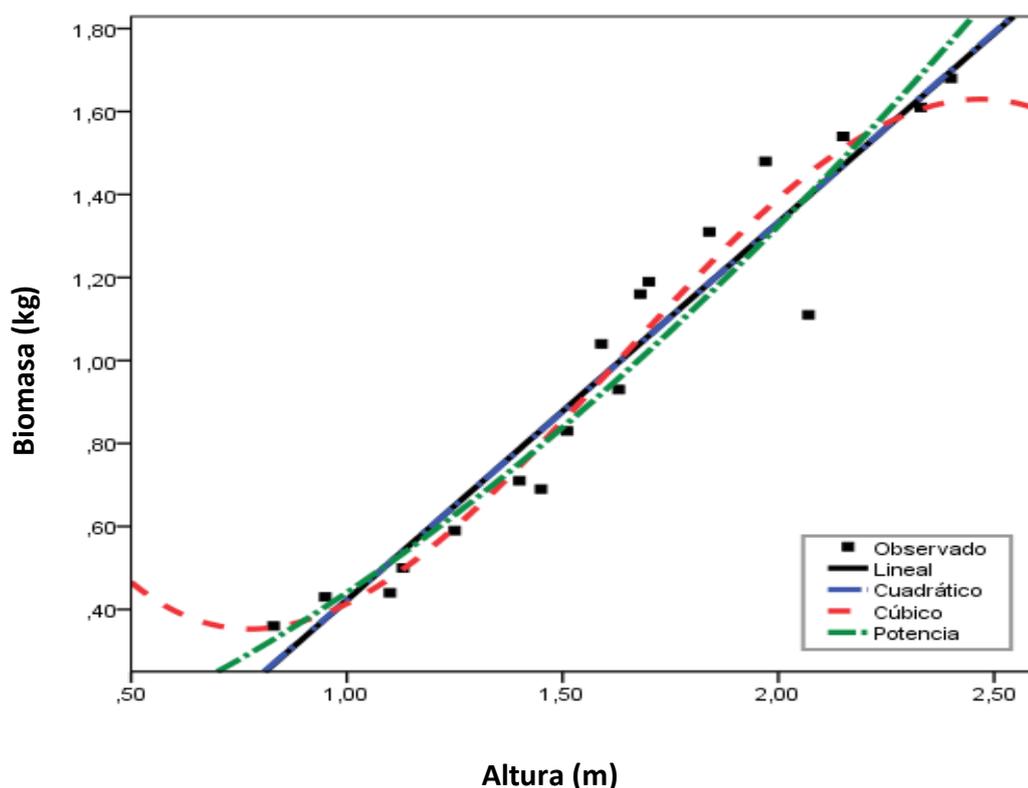


Figura 8: Diagrama de dispersión de los valores observados para estimar la biomasa en *Th. bicolor* y la línea de regresión generada con los modelos lineal, cuadrático, cúbica y potencia.

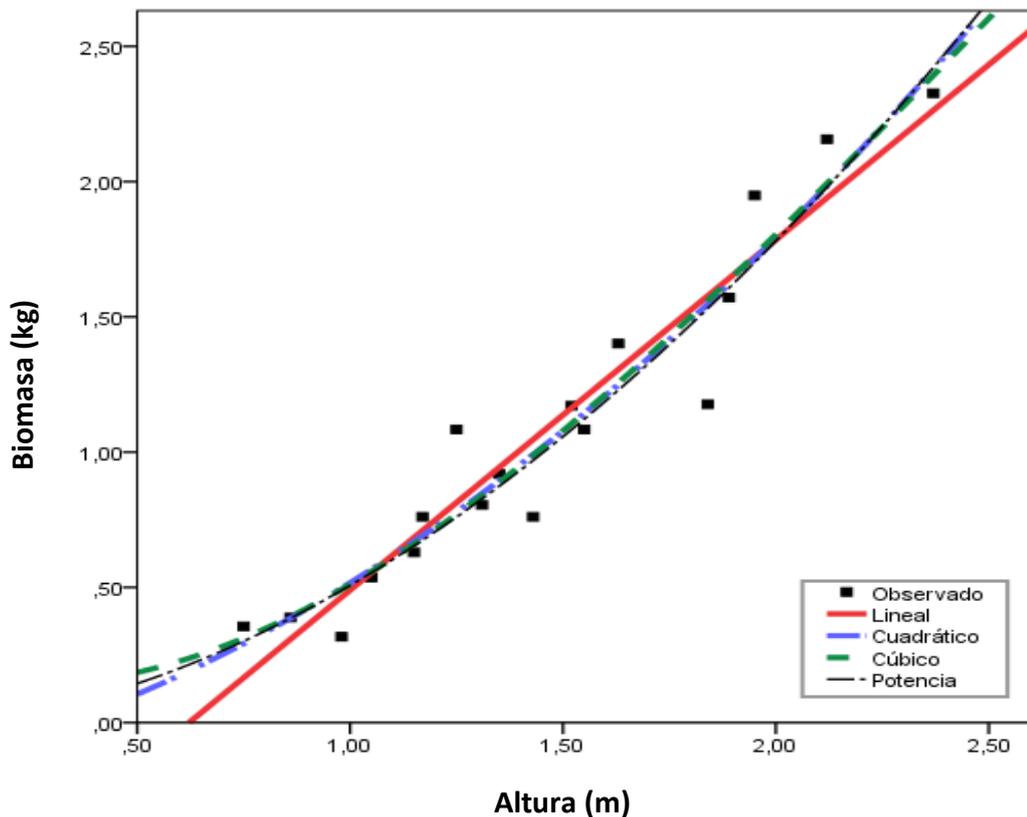
#### 4.1.4. Ecuación de biomasa de *R. mucosa*

Cuadro 8: Ecuaciones con sus coeficiente de determinación ( $R^2$ ) para *R. mucosa*

Ecuación	Resumen del modelo		Estimaciones de los parámetros			
	$R^2$	F	Constante	b1	b2	b3
Lineal	0,92	173,67	-0,81	1,30		
Logarítmica	0,86	96,10	0,49	1,78		
Inversa	0,75	49,01	2,69	-2,14		
Cuadrático	0,93	94,82	-0,16	0,37	0,30	
Cúbica	0,93	59,29	0,19	-0,39	0,82	-0,11
Compuesto	0,89	127,81	0,15	3,53		
Potencia	0,91	163,89	0,51	1,81		
S	0,88	114,95	1,64	-2,28		
Crecimiento	0,89	127,81	-1,92	1,26		
Exponencial	0,89	127,81	0,15	1,26		
Logística	0,89	127,81	6,81	0,28		

En el cuadro 8 se presenta los resultados de la prueba de los 11 modelos matemáticos de regresión para encontrar la ecuación más apropiada para determinar la biomasa *R. mucosa*. Se observa que las ecuaciones lineal, cuadrática, cúbica y potencia son las que presentan los más altos coeficientes de determinación (por encima de 0,9).

La Figura 9 muestra el comportamiento de la biomasa para 18 individuos de *R. mucosa*, en función de la variable altura, respecto a la superficie de regresión del modelo escogido, de esta se deduce que los modelos lineal, cuadrático, cúbica y potencia estiman con una buena precisión la biomasa ajustándose bien a la superficie de la regresión, esto se corroboró con el ANVA encontrando que no existe diferencia estadística. Los valores reales son bien precedidos por la superficie de regresión que está en función a la altura.



**Figura 9:** Diagrama de dispersión de los valores observados para estimar la biomasa en *R. mucosa* y la línea de regresión generada con los modelos lineal, cuadrático, cúbica y potencia.

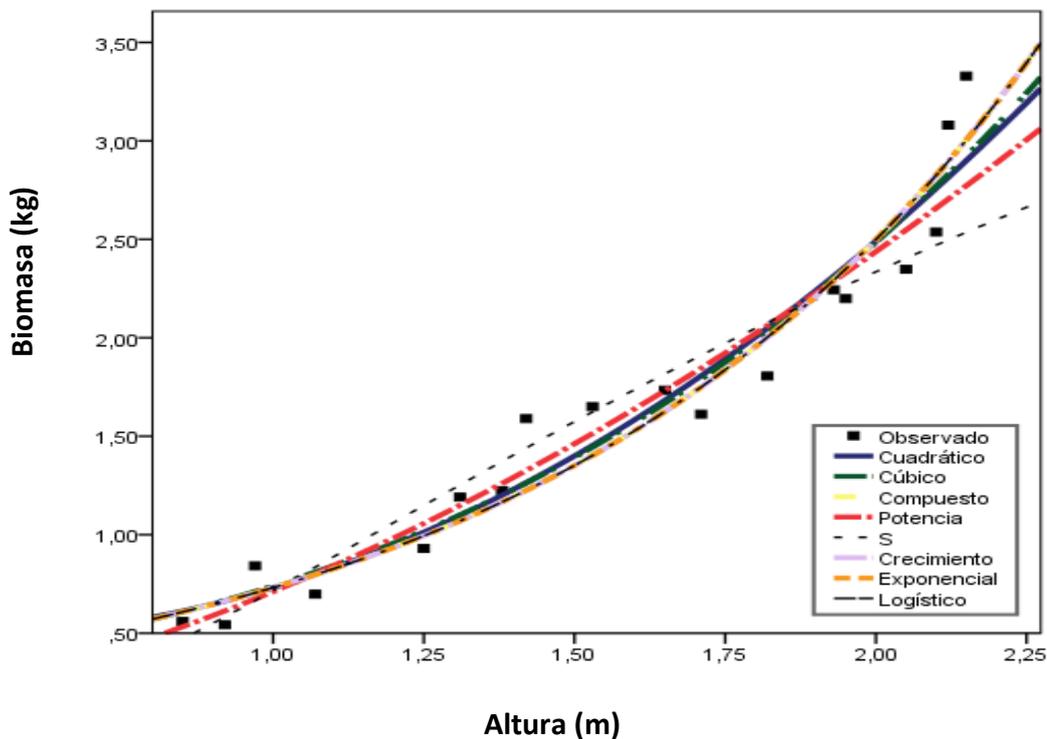
#### 4.1.5. Ecuación de biomasa de *P. caimito*

En el cuadro 9 se presenta los resultados de la prueba de los 11 modelos matemáticos de regresión para encontrar la ecuación más apropiada para determinar la biomasa *P. caimito*. Se observa que las ecuaciones cuadrática, cubica, compuesta, potencia, S, crecimiento, exponencial y logística son las que presentan los más altos coeficientes de determinación (por encima de 0,9).

Cuadro 9: Ecuaciones con sus coeficiente de determinación ( $R^2$ ) para *P. caimito*

Ecuación	Resumen del modelo		Estimaciones de los parámetros			
	$R^2$	F	Constante	b1	b2	b3
Lineal	0,914	170,420	-1,151	1,804		
Logarítmica	0,867	104,343	0,643	2,533		
Inversa	0,797	62,913	3,953	-3,271		
Cuadrático	0,939	115,589	0,665	-0,783	0,848	
Cúbico	0,942	121,121	0,172	0,370	0,000	0,197
Compuesto	0,948	289,733	0,213	3,422		
Potencia	0,954	329,822	0,710	1,780		
S	0,931	215,608	2,032	-2,368		
Crecimiento	0,948	289,733	-1,545	1,230		
Exponencial	0,948	289,733	0,213	1,230		
Logística	0,948	289,733	4,686	0,292		

La Figura 10 muestra el comportamiento de la biomasa para 18 individuos de *R. mucosa*, en función de la variable altura, respecto a la superficie de regresión del modelo escogido, de esta se deduce que los modelos cuadrática, cubica, compuesta, potencia, S, crecimiento, exponencial y logística estiman con una buena precisión la biomasa ajustándose bien a la superficie de la regresión, esto se corroboró con el ANVA encontrando que no existe diferencia estadística. Los valores reales son bien precedidos por la superficie de regresión que está en función a la altura.



**Figura 10:** Diagrama de dispersión de los valores observados para estimar la biomasa en *P. caimito* y la línea de regresión generada con los modelos cuadrática, cubica, compuesta, potencia, S, crecimiento, exponencial y logística.

En las figuras 6, 7, 8, 9 y 10 se presenta la dispersión de los datos de biomasa con relación a la altura de cada uno de las especies evaluadas, así como sus respectivas ecuaciones alométricas para cada una de las especies: *R. mucosa*, *P. caimito*, *Th. grandiflorum*, *Th. bicolor*, y *Th. cacao*

También se puede observar que a medida que va aumentando el valor de la variable independiente altura (X), el valor de la variable dependiente biomasa (Y) también aumenta.

#### 4.2. Estimación de biomasa por parcelas

En el cuadro 10 se consignan las ecuaciones alométricas que presentaron mejor ajuste de regresión para determinar la biomasa por especie, y que servirá para conocer el aporte de la biomasa por cultivo. Donde la altura total fue incluida como variable en todos los modelos a pesar de que en algunas fracciones su inclusión no mejora significativamente el ajuste. Esto se debe a que es una variable fácil de medir en el campo, y que al incluirla se

recoge de manera indirecta información sobre el ambiente competitivo en el que se desarrolla un árbol como la edad del rodal, la densidad o la calidad de estación, siendo más altos durante los meses de invierno (Wirth *et al.*, 2004).

Cuadro 10: Ecuaciones alométricas por especies

ECUACIONES		ESPECIES	R2
$Y = 5,36 + (-8,51 * h) + (3,56 * h^2)$	Cuadrática	<i>Th. cacao</i>	0,84
$Y = 1,69 + (-2,75 h^2) + (1,50 h^3)$	Cúbica		0,86
$Y = 3,22 + (-6,21 * h) + (3,36 * h^2)$	Cuadrática	<i>Th. grandiflorum</i>	0,97
$Y = -0,63 + (4,04 h) + (-4,91 h^2) + (2,06 h^3)$	Cúbica		0,98
$Y = 0,44 * (h^{1,59})$	Potencia	<i>Th. bicolor</i>	0,95
$Y = 1,40 + (-3,03 * h) + (2,56 h^2) + (0,53 h^3)$	Cúbica		0,94
$Y = -0,156 + (0,372 * h) + (0,301 * h^2)$	Cuadrática	<i>R. mucosa</i>	0,93
$Y = 0,187 + (-0,385 * h) + (0,821 h^2) + (-0,112 h^3)$	Cúbica		0,93
$Y = 0,71 (h^{1,78})$	Potencia	<i>P. caimito</i>	0,95
$Y = 0,213 * (3,422 h^h)$	Compuesto		0,94
$Y = e^{(-1,545 + (1,230 + h))}$	Crecimiento		0,94
$Y = 0,213 (e^{(1,230 * h)})$	Exponencial		0,94
$Y = 1/(1/u+4,686*(0,292^h))$	Logística		0,94

La utilización de estas ecuaciones en la estimación de la biomasa total se debe tomar con precaución cuando se realice inventarios de biomasa en plantaciones. Su aplicabilidad es más eficiente en el rango de parámetros dasométricos observados en este estudio. Cuando aplicamos estas ecuaciones a individuos de mayor altura, las estimaciones de biomasa podrían resultar sesgadas. Otra fuente de variación adicional incluye el error asociado con la selección de la unidad muestrales son las consideraciones más importantes en el error asociado con la selección aleatoria del rodal (Parresol, 1999). El esquema de muestreo y la variación inherente a la selección de la unidad muestrales son las consideraciones más importantes en el error. Los gradientes en altitud sobre el nivel del mar, anudados con otras variables asociadas con la pendiente originan unidades muestrales diferentes en estructura y diversidad y el error total en la estimación de la biomasa total puede incrementar considerablemente. La inclusión de nuevas variables en las ecuaciones de biomasa es materia de estudios adicionales para este sistema.

#### 4.2.1. Biomasa en la parcela 1 “24 de Octubre”

De las cuatro parcelas estudiadas es la única que está conformada por 4 especies, distribuidas en 32 individuos de *Th. cacao* con una biomasa de 21,36 kg, 45 individuos de *Th. grandiflorum* con una biomasa de 42,82 kg, 45 individuos de *Th. bicolor* con una biomasa de 42,43 kg y 22 individuos de *P. caimito* con una biomasa de 28,46 kg, haciendo un total en biomasa de 135,06 kg, en 144 individuos y en 0,25 hectárea (Figura 11). Extrapolando esta información a una hectárea el aporte de biomasa sería de 540,24 kg.

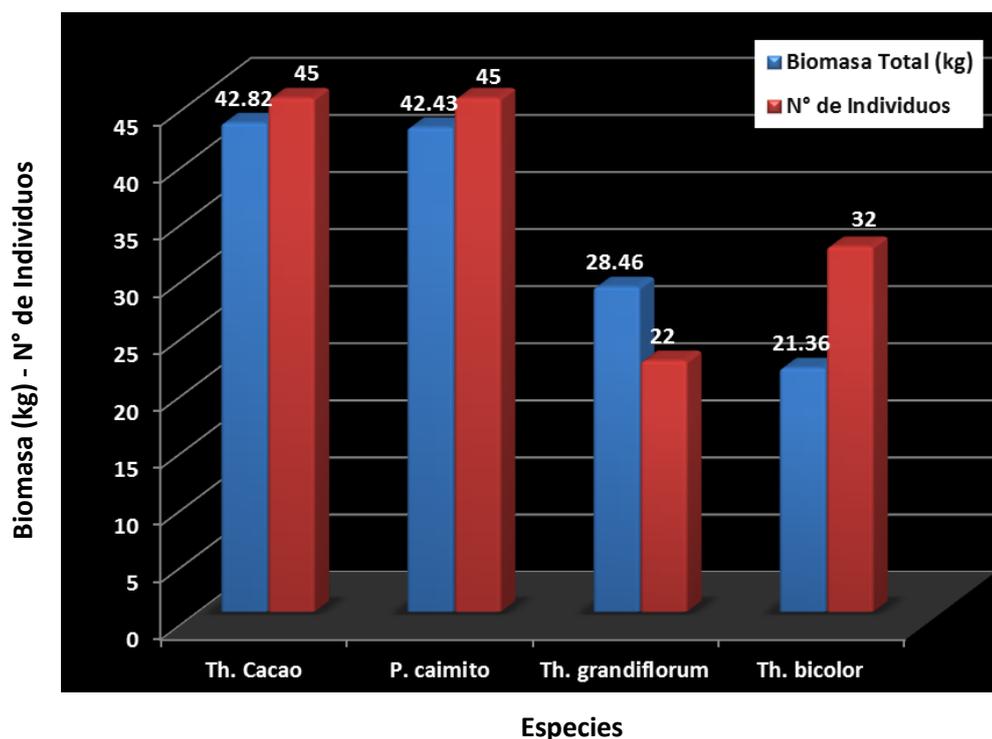


Figura 11: Número de individuos inventariados de frutales nativos en la parcela 1

En la figura 11 podemos apreciar que la mayor biomasa total por especie presenta *Th. grandiflorum* (42,82 kg) y *Th. bicolor* (42,43 kg), por presentar mayor número de individuos (45), sucede lo contrario cuando obtenemos el promedio por cada especie; en la figura 12 se muestra que la especie *P. caimito* aporta mayor cantidad de biomasa, con el 33,55% debido a la alta densidad que presenta en la madera de 880 kg/m<sup>3</sup> (IBDF. 1988), a comparación con las demás especies del genero de *Theobroma* como *Th. grandiflorum*, *Th. bicolor* y *Th. cacao* que presentan una densidad promedio de 410 kg/m<sup>3</sup> (Woodcock, 2000).

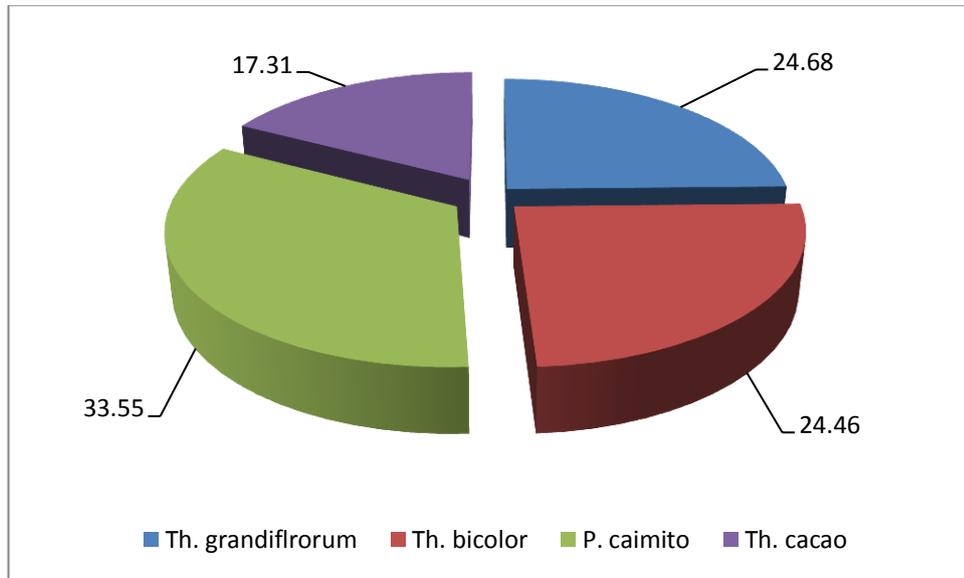


Figura 12: Porcentaje de biomasa por especie en la parcela 1

#### 4.2.2. Biomasa en la parcela 2 “24 de Octubre”

Conformado por 5 especies, distribuidas en 25 individuos *R. mucosa* con una biomasa de 66,49 kg, 31 individuos de *P. caimito* con una biomasa de 39,93 kg, 36 individuos de *Th. grandiflorum* con una biomasa de 39,73 kg, 29 individuos de *Th. bicolor* con una biomasa de 31,61 kg, y 23 individuos de *Th. cacao* con una biomasa de 16,95 kg, haciendo un total en biomasa de 194,71 kg con 144 individuos en 0,25 hectáreas (Figura 13). Extrapolando esta información a una hectárea el aporte de biomasa sería de 778,84 kg.

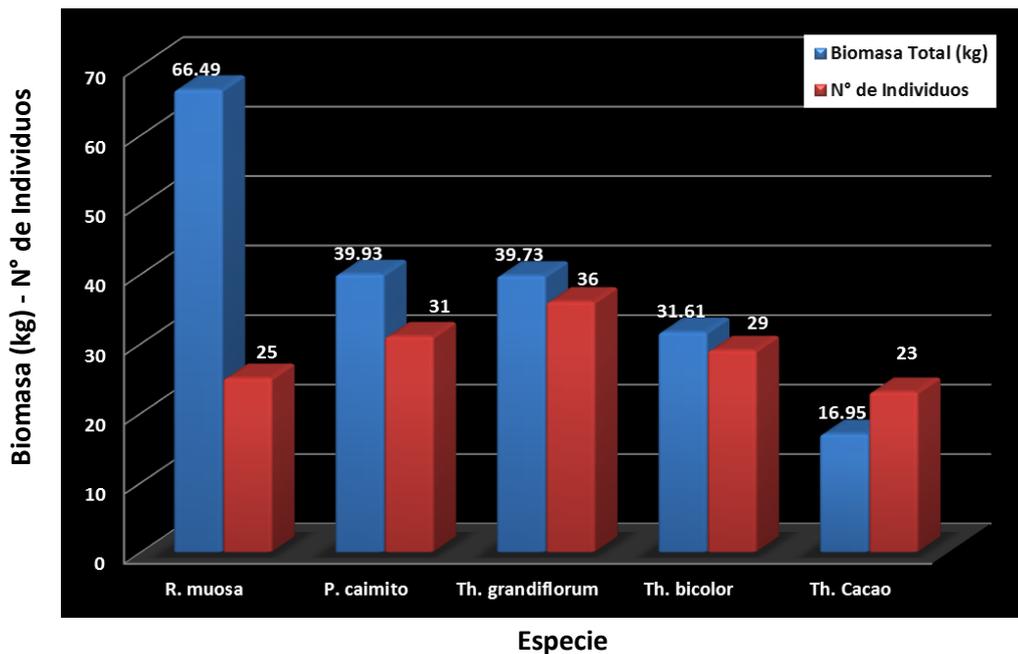


Figura 13: Número de individuos inventariados de frutales nativos en la parcela 2

En la figura 14 se puede apreciar que la mayor biomasa presenta la especie *R. mucosa* con 38,67%, en comparación con las demás especies, esto se debe que las anonas tienen ramas alargadas, alguna de las cuales crecen verticales y se ramifican desde cerca de la base y presenta copa extendida, esto hace posible que tenga un mayor peso a pesar que su densidad es de  $320 \text{ kg/m}^3$  (Lorenzi. 1992), menor a las demás especies. La segunda especie que aporta mayor biomasa es *P. caimito* con 18,73%, debido a la alta densidad que presenta en la madera de  $880 \text{ kg/m}^3$  (IBDF. 1988), a comparación con las demás especies del genero de *Theobroma* como *Th. grandiflorum*, *Th. bicolor* y *Th. cacao* que presentan una densidad promedio de  $410 \text{ kg/m}^3$  (Woodcock, 2000).

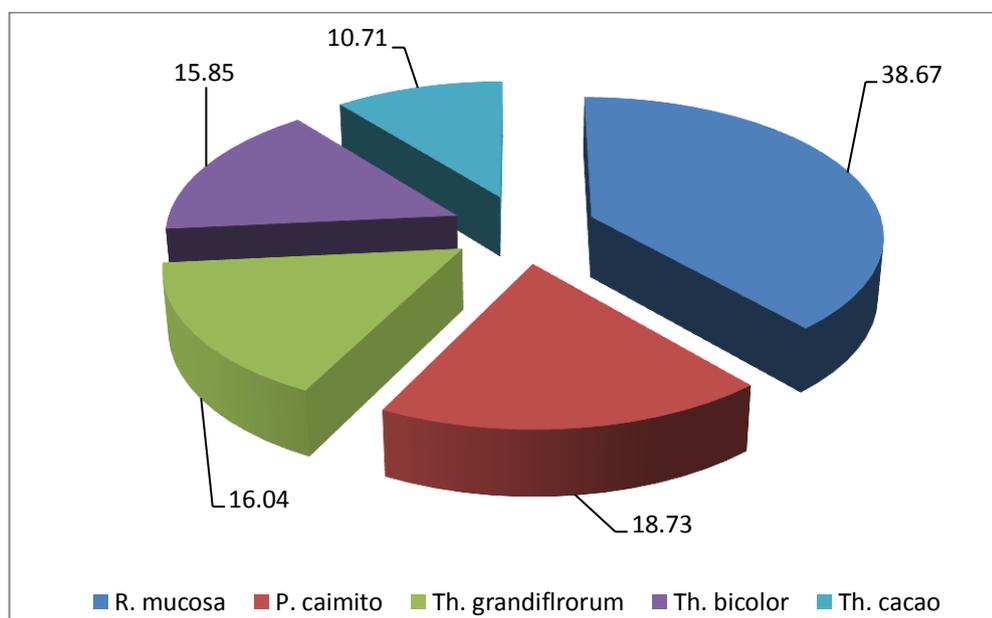


Figura 14: Porcentaje de biomasa por especie en la parcela 2

#### 4.2.3. Biomasa de la parcela 3 “San Lucas”

Conformado por 5 especies, distribuidas en 41 individuos de *R. mucosa* con una biomasa de 99,91 kg, 25 individuos de *Th. grandiflorum* con una biomasa de 42,83 kg, 14 individuos de *P. caimito* con una biomasa de 21,27 kg, 27 individuos de *Th. bicolor* con una biomasa de 29,02 kg, y 37 individuos de *Th. cacao* con una biomasa de 30,02 kg, haciendo un total en biomasa de 223,5 kg con 144 individuos en 0,25 hectárea (Figura 15). Extrapolando esta información a una hectárea el aporte de biomasa sería de 894 kg.

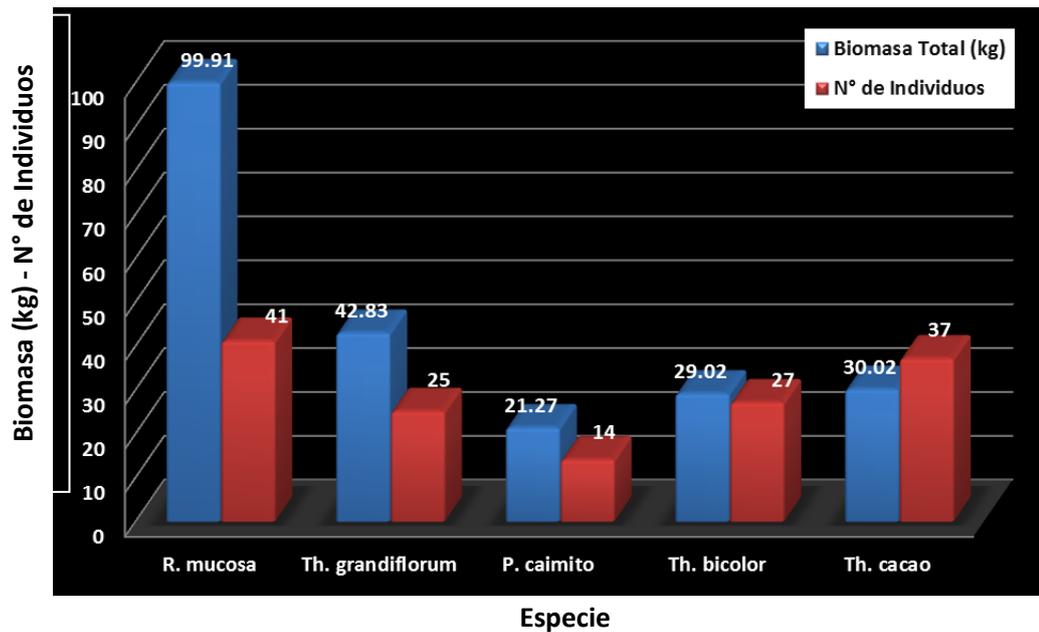


Figura 15: Número de individuos inventariados de frutales nativos en la parcela 3

En la figura 16 podemos apreciar que la mayor biomasa promedio presenta *R. mucosa* con 32,25%, en comparación con las demás especies, esto se debe a varios factores que tiene esta especie, como el rápido crecimiento, mayor ramificación y follaje que hace posible que tenga un mayor peso a pesar que su densidad es de  $0,32 \text{ kg/m}^3$  (Lorenzi. 1992), y que es menor a la densidad de las demás especies, la segunda especie que aporta mayor biomasa con 22,68% es *Th. grandiflorum*, seguido por *P. caimito*, *Th. bicolor* y *Th. cacao*.

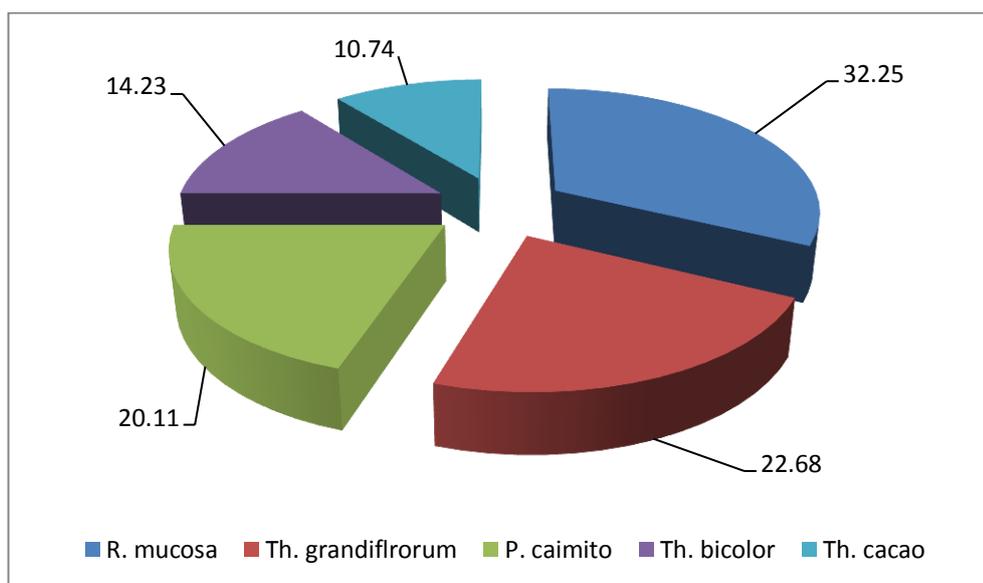


Figura 16: Porcentaje de biomasa por especie en la parcela 3

#### 4.2.4. Biomasa de la parcela 4 “Tres de Octubre”

Conformado por 5 especies, distribuidas en 25 individuos de *R. mucosa* con una biomasa de 56,23 kg, 32 individuos de *P. caimito* con una biomasa de 43,29 kg, 32 individuos de *Th. grandiflorum* con una biomasa de 34,48 kg, 27 individuos de *Th. bicolor* con una biomasa de 26,60 kg, y 28 individuos de *Th. cacao* con una biomasa de 21,41 kg, haciendo un total en biomasa de 182 kg, en 144 individuos en 0,25 hectárea (Figura 17). Extrapolando esta información a una hectárea el aporte de biomasa sería de 728 kg.

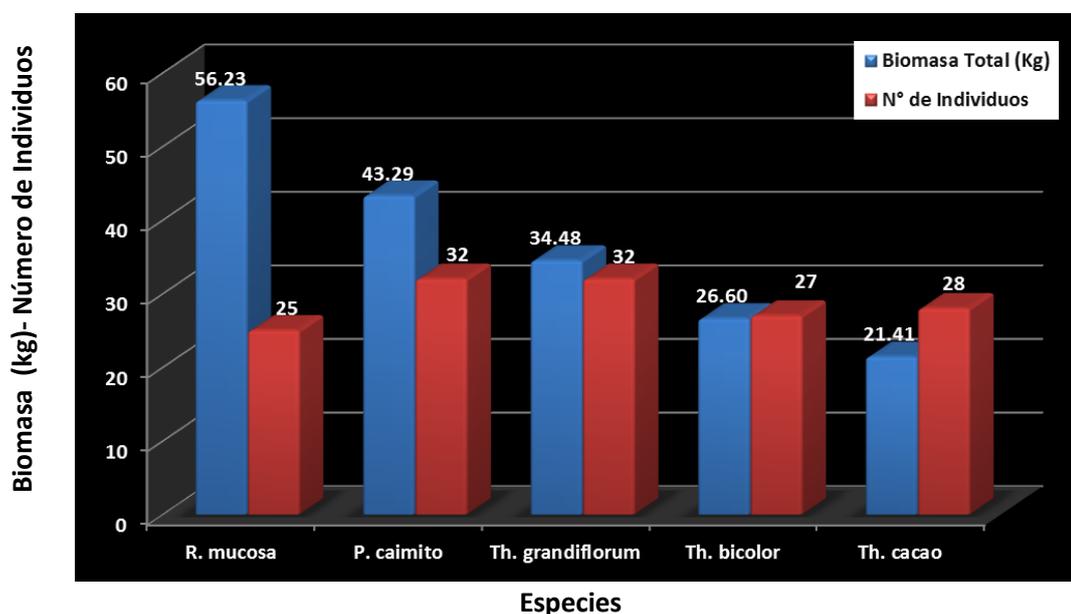


Figura 17: Número de individuos inventariados de frutales nativos en la parcela 4

En la figura 18 se puede apreciar que la mayor porcentaje de biomasa lo presenta *R. mucosa* con 34,98 %, en comparación con las demás especies, esto se debe a varios factores que tiene esta especie, uno de los posible factores de esta diferencia es la adaptación a los suelos, rápido crecimiento, mayor ramificación y follaje que esto hace posible que tenga un mayor peso a pesar que su densidad es de 320 kg/m<sup>3</sup> (Lorenzi, 1992), menor a las demás especies, la segunda especie que aporta mayor biomasa el 21,04% es *P. caimito*, debido a la alta densidad que presenta en la madera de 880 kg/m<sup>3</sup> (IBDF, 1988), a comparación con las demás especies del genero de *Theobroma* como *Th. grandiflorum*, *Th. bicolor* y *T. cacao* que presentan una densidad promedio de 410 kg/m<sup>3</sup> (Woodcock, 2000).

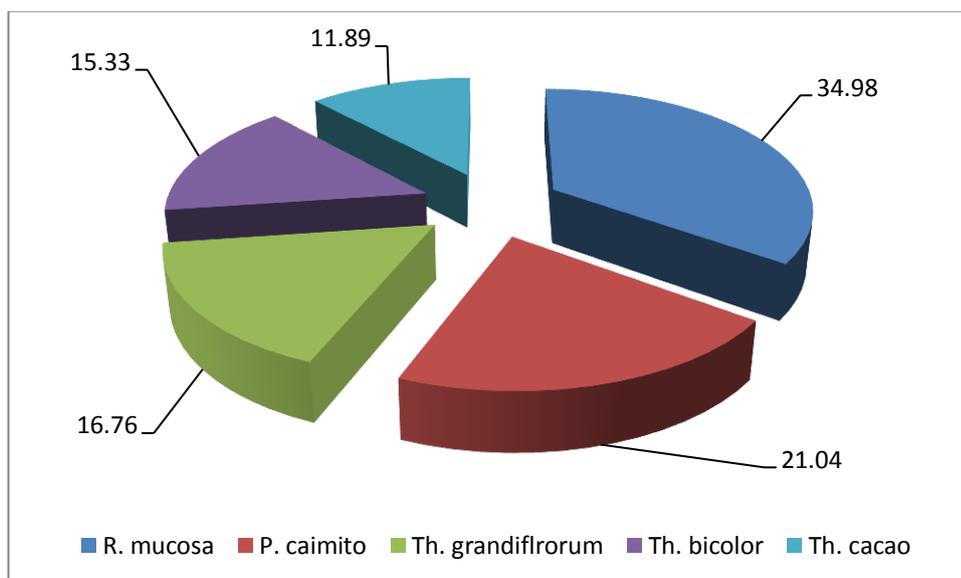


Figura 18: Porcentaje de biomasa por especie en la parcela 4

La cantidad de biomasa acumulada en estos cultivos aumenta a medida que aumenten la edad de los individuos. Similares resultados se han obtenido para otras especies, la producción anual de biomasa aérea seca no varía excesivamente en las parcelas estudiadas, con valores que oscilan entre 10,2 Mg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> y 13 Mg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>, aspecto que refleja las escasas diferencias en cuanto a calidad de estación (O'Connell & Menagé, 1982).

En diversos estudios de distribución de biomasa en árboles se ha identificado una disminución de la proporción de biomasa con el aumento del tamaño del árbol. Esto ocurre porque la producción de este componente se modifica con el tamaño del árbol, lo que es causado por el gasto fisiológico que supone mantener el follaje que no aporta ganancias netas positivas de fotosíntesis (Hiura, 2005).

La estimación de la biomasa es fundamental para evaluar el almacenamiento de carbono y la dinámica de los ciclos biogeoquímicos de los ecosistemas forestales. Algunos autores (Brown *et al.*, 2000) han usado los datos de los inventarios forestales para calcular los reservorios tanto de biomasa como de carbono en muchas regiones del mundo para diferentes especies.

### 4.3. Estimación de biomasa total

En el análisis de la información de la biomasa total por hectárea podemos apreciar *R. mucosa* es la que aporta mayor biomasa con 222,63 kg con 91 individuos, seguido de *Th. grandiflorum* con una biomasa de 159,86 kg con 138 individuos, *P. caimito* con una biomasa de 132,94 kg con 99 individuos, *Th. bicolor* con una biomasa de 129,66 kg con 128 individuos y *Th. cacao* con una biomasa de 89,73 kg con 120 individuos, haciendo un total en biomasa por hectárea de 734,82 kg con 144 individuos tal como podemos apreciar en la Figura 19.

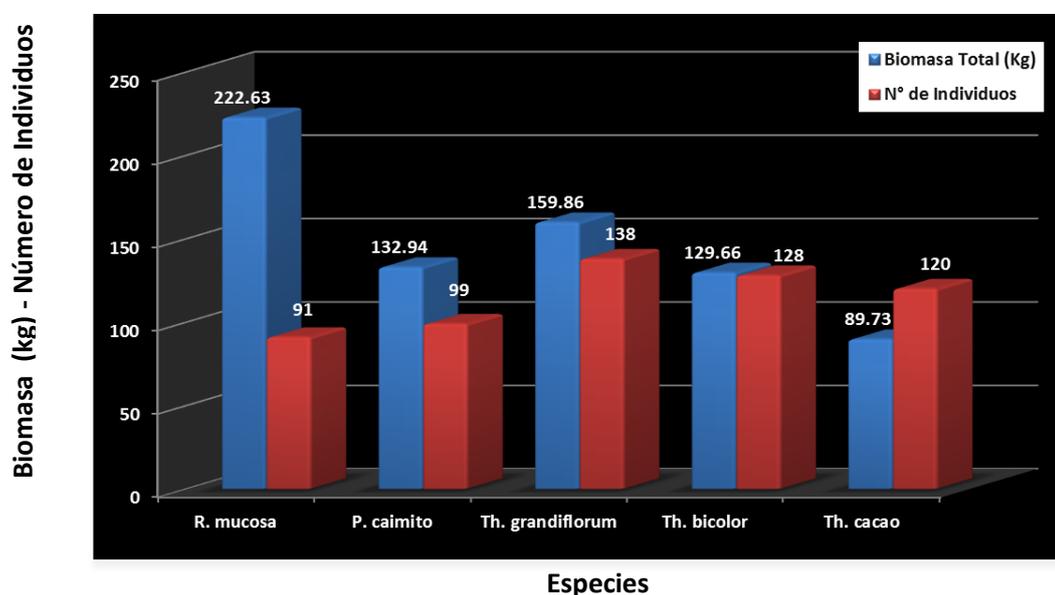


Figura 19: Biomasa y número de individuos inventariados de frutales nativos total

En la figura 20 se puede apreciar que el mayor porcentaje de biomasa lo presenta *R. mucosa* con 36,47%, en comparación con las demás especies, esto podría atribuirse a varios factores que tiene esta especie, como la adaptación a los suelos, rápido crecimiento, mayor ramificación y follaje que hace posible que tenga un mayor peso a pesar que su densidad es de 320 kg/m<sup>3</sup> (Lorenzi, 1992), menor a las demás especies. La segunda especie que aporta mayor biomasa el 20,02% es *P. caimito*, debido a la alta densidad que presenta en la madera de 880 kg/m<sup>3</sup> (IBDF. 1988), en comparación con las demás especies del genero de *Theobroma* como *Th. grandiflorum*, *Th. bicolor* y *Th. cacao* que presentan una densidad promedio de 410 kg/m<sup>3</sup> (Woodcock, 2000).

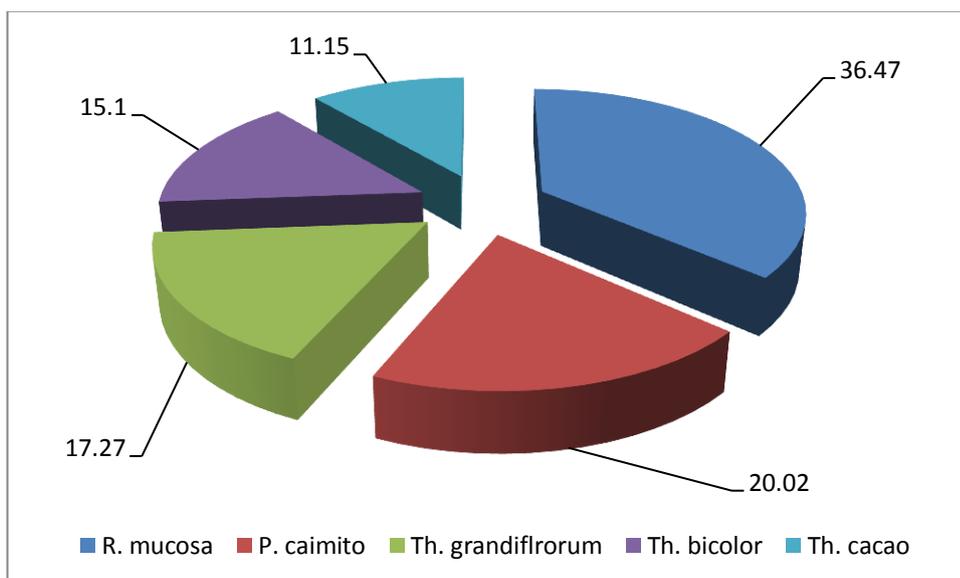


Figura 20: Porcentaje de biomasa total

## V. CONCLUSIONES

- 5.1 Los modelos matemáticos determinados para estimar la biomasa fueron el cúbico, para el caso de las especies *Th. cacao*  $Y = 1,69 + (-2,75 h^2) + (1,50 h^3)$ , *Th. grandiflorum*  $Y = 0,63 + (4,04 h) + (-4,90 h^2) + (2,06 h^3)$  y *R. mucosa*  $Y = 0,187 + (-0,385 h) + (0,821 h^2) + (-0,112 h^3)$ , y el modelo de potencia para *P. caimito*  $Y = 0,71 (h^{1,78})$  y *Th. bicolor*  $Y = 0,44 * (h^{1,59})$ .
- 5.2 En la parcela 1, la biomasa total fue de 540,24 kg/ha teniendo un mayor aporte promedio por individuo la especie *P. caimito* con 33,55% por la alta densidad de su madera.
- 5.3 En la parcela 2, la biomasa total fue de 778,83 kg/ha teniendo un mayor aporte promedio por individuo la especie *R. mucosa* con 38,67% por su gran ramificación y las alargadas ramas que posee y siendo *P. caimito* con 18,73% la segunda especie con mayor aporte promedio.
- 5.4 En la parcela 3, la biomasa total fue de 892,18 kg/ha teniendo un mayor aporte promedio por individuo la especie *R. mucosa* con 32,25% por su gran ramificación y las alargadas ramas que posee.
- 5.5 En la parcela 4, la biomasa total fue de 728,02 kg/ha teniendo un mayor aporte promedio por individuo la especie *R. mucosa* con 34,98% por su gran ramificación y las alargadas ramas que posee.
- 5.6 *R. mucosa* aporta la mayor cantidad de biomasa promedio con 36,47%, en comparación con las demás especies, seguida de la especie *P. caimito* que aporta el 20,02%.
- 5.7 En el análisis de datos y consignación de la información presentada de biomasa podemos decir que un cultivo de frutal nativo amazónico contiene en promedio una biomasa aérea total de 0,735 t/ha con un distanciamiento de siembra de 4 m x 4 m.

## VI. RECOMENDACIONES

- 6.1 Complementar los estudios de biomasa con evaluaciones de individuos mayores de dos años para ajustar los datos y contar con una línea base para estimar la biomasa de los cultivos de frutales nativos amazónicos.
- 6.2 En trabajos futuros complementar los estudios de biomasa aérea incluyendo la biomasa en sotobosque (plantas, arbusto), necromasa y raíces, porque pueden representar cantidades significativas de biomasa.
- 6.3 Se recomienda la aplicación de estas ecuaciones a otros inventarios que se encuentren para ampliar la información sobre valores de biomasa y así cubrir mayor parte de los bosques del país.
- 6.4 Para la estimación de biomasa con características similares utilizar los modelos desarrollados en la presente investigación, siempre y cuando la variable y altura total estén dentro de los rangos evaluados en el presente estudio.
- 6.5 Para estudios futuros con respecto de este tema, incluir como variable predictora además de las variables altura total, la variable DAP como la edad del árbol.
- 6.6 Compartir y analizar los resultados obtenidos, con otras universidades e instituciones afines, con el propósito de consolidar el proceso metodológico para la estimación de biomasa.

## VI. BIBLIOGRAFÍA

- AGUIRRE, V.; DISANTE, A.; MARTORELL, M. y STARA S. 2002. Influencia de la luz sobre la arquitectura de hierbas. Santa Fé. 48 p.
- ACOSTA, M.; VARGAS, J.; VELÁZQUEZ, A.; ETCHEVERS, J.; 2002. Estimación de la biomasa aérea mediante el uso de relaciones alométricas en seis especies arbóreas en Oaxaca, México. *Agrociencia* 36: 725 – 736.
- ARAUJO, M.; HIGUCHI, N.; DE CARVALHO JUNIOR, A. 1999. Comparison of formula for biomass content determination in a tropical rain forest site in the state of Para Brazil. *Forest Ecology and Management* 117: 43-52.
- ARREAGA, W. 2002. Almacenamiento del carbono en bosques con manejo forestal sostenible en la reserva de Biosfera Maya, Peten, Guatemala. Tesis M.Sc. Turrialba, CR, CATIE. 111 p.
- BEAUCHAMP, J.; OLSON, S. 1974. Corrections for bias in regression estimates after logarithmic transformation. In: Bidwell, R. G. S. (Ed.) *Plant Physiology*, New York: MacMillan. 643 p.
- BROWN, S.; LUGO, A. E. 1982. The storage and production of organic matter in tropical forests and their role in de global carbon cycle. *Biotropica*. 14: 161-187.
- BROWN, S. 1989. Biomass estimation methods for tropical forests with applications to forest inventory data. *Forest Science* 35:881-902.
- BROWN, S. 1997. Los bosques y el cambio climático: el papel de los terrenos forestales como sumideros de carbono. In actas del XI Congreso Mundial Forestal: Recursos Forestales y Árboles. Vol 1. Antalya Turkia 13-22.
- BROWN, S.; LUGO, A. E. 1984. Biomass of tropical forests: A new estimate based on forest volumes. *Science*. 223: 1290-1293.
- BROWN, S.; BURNHAM, L.; DELANEY, M.; VACA, R.; POWELL, M.; MORENO, A. 2000. Issues and challenges for forest-based carbon offset projects: A case study of the Noel Kempff climate action project in Bolivia. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 5:99–121.
- CASTRO, W. 2012. Geología, documento temático. Proyecto Microzonificación Ecológica y Económica del Área de Influencia de la Carretera Iquitos-Nauta, convenio entre el IIAP y DEVIDA. Iquitos - Perú

- CHIYENDA, S. S. y KOZAK, A. 1984. Additivity of component biomass regression equation when the underlying model is linear. *Can. J. For. Res.* 14: 441-446
- CLUTTER, J.; FORSTON, J.; PIENAAR, L.; BRISTER, G.; BAILEY, R. 1983. Timber Management. A quantitative approach. Krieger Publishing Company. Malabar, Florida. 333 p.
- CORNEJO, F.; LOMBARDI, I. 1993. Estimación de la hojarasca en un bosque sucesional en el Parque Manú. *Revista Forestal del Perú* 20 (1): 22-34.
- CROW, T. R.; LAIDLAY, P. R. 1980. Alternative models for estimating woody plant biomass. *Can. J. For. Res.* 10:367-370
- CUNIA, T.; GILLESPIE, A. J. R. 1964. Weighted least squared methods and construction of volume tables. *For. Sci.* 10:180-191
- DEANS, J. D.; MORA, J.; GRACE, J. 1996. Biomass relationships for tree species in regenerating semi-deciduous tropical moist forest in Cameroon. *For. Ecol. Manag.* 88: 215-225.
- DELANEY, M.; BROW, S.; LUGO, A.; TORRES, L.; QUINTERO, N. 1997. The distribution of organic carbon in major components of forest located in five zones of Venezuela. *Journal Tropical Ecology* 13:697 – 708
- DOS SANTOS, J. 1996. Análise de Modelos de regressão para estimar a fitomassa da floresta tropical úmida de terra firme da amazônia brasileira. Dissertação (Doctorado) – Universidad Federal de Viçosa, Minas Gerais. 121.p.
- ESCOBEDO, R. 2012. Suelos y capacidad de uso mayor de las tierras, documento temático. Proyecto Microzonificación Ecológica y Económica del Área de Influencia de la Carretera Iquitos-Nauta, convenio entre el IIAP y DEVIDA. Iquitos – Perú. 182 p.
- ESCOBEDO, R.; TORRES, G. 2012. Fisiografía, documento temático. Proyecto Microzonificación Ecológica y Económica del Área de Influencia de la Carretera Iquitos-Nauta, convenio entre el IIAP y DEVIDA. Iquitos – Perú. 73 p.
- ESPÍRITU, J. (2007). Modelos alométricos para estimar la biomasa aérea individual arbórea, en un bosque secundario en la región de Manaus (AM) Brasil. Tesis Ing. Forestal. Facultad de Ciencias Forestales de la UNAP. Iquitos, Perú. 51 p
- GARCÍA, E. 2001. Apuntes Zoología. In: [http://www.uam.es/personal\\_pdi/ciencias/egb/alometria.htm](http://www.uam.es/personal_pdi/ciencias/egb/alometria.htm)

- GAYOSO, J.; GUERRA, J.; ALARCON, D. 2002. Contenido de carbono y funciones de biomasa en especies nativas y exóticas. Valdivia (Chile): Universidad Austral de Chile, Proyecto medición de la capacidad de captura de carbono en bosques de Chile y promoción en el mercado mundial. Informe Final, Documento N° 1. 53 p.
- HAEMIG, P. D. 2011. Leyes de la Ecología Poblacional. ECOLOGIA. INFO. N 23
- HERNANDEZ, R.; FERNANDEZ, C.; BAPTISTA, P. 2006. Métodos y Técnicas de la Investigación. Cuarta edición. México D.F. 148 p.
- HIGUCHI, N.; CARVALHO, J. R. 1994. Fitomassa e conteúdo de Carbono de Espécies Arbóreas da Amazônia. *In*: Seminário Emissão y seqüestro de CO<sub>2</sub> – Uma nova oportunidade de negócios para o Brasil. Porto Alegre. Anais do Seminário. Companhia Vale do Rio Doce, Rio do Janeiro. 125-153.
- HIGUCHI, N.; SANTOS, J.; RIBEIRO, R.; MIENTE, L.; BIOT, Y. 1998. Biomassa de parte aérea da vegetação da floresta tropical úmida de terra – firme da Amazônia brasileira. *Acta Amazonica* 28:153– 166.
- HIGUCHI, N.; SANTOS, J.; TRIBUZY, E. S.; LIMA, A. N.; TEIXEIRA, L. M.; CARNEIRO, V. M. C.; FELSEMBURG, C. A.; PINTO, F.R.; SILVA, R. P.; PINTO, A. C. M. 2005. Noções básicas sobre manejo florestal. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia. CPST/LMF. Manaus (AM)-Basil.
- HIURA, T. 2005. Estimation of aboveground biomass and net biomass increment in a cool temperate forest on a landscape scale. *Ecological Research* 20:271–277.
- IBDF. 1988. Madeiras da Amazônia, características e utilização. Estação experimental de Curua-Una. Vol 2. Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal. Brasília – Brasil..
- JORDAN, C. F.; UHL, C. 1978. Biomass of a “terra – firme” forest of the amazon basin. *Ecol Plant*. 13(4):387–400.
- LÓPEZ, D.; SOTO, L.; JIMÉNEZ, G.; HERNÁNDEZ, S. 2003. Relaciones alométricas para la predicción de biomasa forrajera y leña de *Acacia pennatula* y *Guazuma ulmifolia* en dos comunidades del norte de Chiapas, México. *Interciencia* 28(006):334-339.
- LOPEZ, M.; KONING, R.; PAREDES, H.; BENITES, P. (2002). Estimación de carbono en biomasa de bosques secundarios y plantaciones forestales en el noroccidente del Ecuador. Proyecto CO<sub>2</sub> – GTZ casilla 17-21-1925, Quito – Ecuador. 42 p.

- LORENZI, H. 1992. Árboles brasileiras: Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. Nova Odessa, SP, Brazil. 352 p.
- MACDICKEN, K. 1997. A guide to monitoring carbon storage in forestry and agroforestry projects.: Winrock International Institute for Agricultural Development. Arlington, VA – Estados Unidos.
- MÁKELÁ, A. 1997. A carbon balance model of growth and selfpruning in tree based on structural relationships. *For. Sci.* 43: 7-24
- MARTINELLI, L. A.; MOREIRA, M. Z.; BROWN, I. F.; VICTORIA, R. L. 1994. Incertezas associadas às estimativas de biomassa em florestas tropicais: O exemplo de uma floresta situada no estado de Rodôvia. In: Seminário Emissão y seqüestro de CO<sub>2</sub> – Uma nueva oportunidade de negócios para o Brasil. Porto Alegre. Anais do Seminário. Companhia Vale do Rio Doce, Rio do Janeiro. 192-221.
- MARTÍNEZ, P. 2002. Tablas de volumen y almacenamiento de carbono de *Calycophyllum spruceanum* (Bentham) Hooker f. ex Schumann “capirona” en bosques aluviales. Jenaro Herrera. Loreto Tesis de grado. Universidad Nacional de la Amazonía Peruana 121 p.
- MARTÍNEZ, P., MARTÍNEZ, J. 2012. Forestal, documento temático. Proyecto Microzonificación Ecológica y Económica del Área de Influencia de la Carretera Iquitos-Nauta, convenio entre el IIAP y DEVIDA. Iquitos – Perú. 135 p.
- MONTAGINNI, F.; JORDAN, C. F. 2001. Reciclaje de Nutrientes. In: Ecología y Conservación de Bosques Tropicales. 171–172.
- MORAES, C. 2001. Almacenamiento de carbono en bosques secundarios en el municipio de San Carlos, Nicaragua. Escuela de postgrado, Centro Agronómico de Investigación y Enseñanza, CATIE, Turrialba, Costa Rica. 171 p.
- MORRISSEY, A.; JUSTUS, J. 1998. Global Climate Change. Committee for The National Institute for the Environment, Washington D. C.
- NÁVAR, N.; GONZÁLEZ, B.; GRACIANO, L. 2001. Ecuaciones para estimar componentes de biomasa en plantaciones forestales de Durango, México. In: Simposio internacional medición y monitoreo de la captura de carbono en ecosistemas forestales. Valdivia, Chile. 12 p.
- O’CONNELL, A.M. y MENAGÉ, P.M.A. 1982. Litterfall and nutrient cycling in karri (*Eucalyptus diversicolor* F. Muell.) forest in relation to stand age. *Australian Journal of Ecology* 7: 49-62.

- OFICINA COSTARRICENSE DE IMPLEMENTACION CONJUNTA (OCIC) 1996. Propuesta para la consolidación territorial de los parques nacionales y reservas biológicas de Costa Rica como depósitos de gases con efecto de invernadero, bajo el marco de implementación conjunta, OCIC, San José, Costa Rica. (Documento para discusión). 23 p.
- OGAWA, H.; YODA, K.; OGINO, K. 1965. Comparative ecological studies on three main types of forest vegetation in Thailand. II. Plant Biomass. *Nat Life South Asia*. 4:49-80.
- ORREGO, S. A.; del Valle J. I. 2001. Existencia y tasas de incremento neto de la biomasa y del carbono en bosques primarios y secundarios de Colombia. Simposio internacional. 65 p.
- ORTIZ, M. E. 1993. Técnicas para la estimación del crecimiento y rendimiento de árboles individuales y bosques. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Departamento de Ingeniería Forestal. Serie de apoyo académico No. 16. Cartago, Costa Rica. 71 p.
- OTAROLA, E. 2001. El bosque, El Hombre y la Sostenibilidad del Ecosistema. *Bosques Amazónicos*, 25:12-13.
- OVERMAN, J. P. M.; WITTE, H. J. L.; SALDARRIGA, J. G. 1994. Evaluation of regression models for above-ground biomass determination in amazonian rainforest. *Forest Ecology and Management*. 10:207-218.
- PARRESOL, B. R. 1999. Assessing tree and stand biomass. A review with examples and critical comparisons. *In: Forestal. Science*. Vol. 45, no. 4, 1999; 573-593.
- ONERN.- OFICINA NACIONAL DE EVALUACIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES. 1989. Vigilancia Ecológica de la Degradación de las Tierras y Desertificación en el Perú. Monitoreo Ecológico Huallaga Central y Bajo Mayo. Lima – Perú.
- PAREDES, M. 2012. Clima, documento temático. Proyecto Microzonificación Ecológica y Económica del Área de Influencia de la Carretera Iquitos-Nauta, convenio entre el IIAP y DEVIDA. Iquitos – Perú. 81 p.
- PARDÉ, D. R. 1980. Forest Biomass. Review article. *Forestry Abstract*. 41 (8): 343- 362.
- PASTOR, J. AND J. G. BOCKHEIM. 1981. Biomass and production of an aspen mixed hardwood-spodosol ecosystem in northern Wisconsin. *Can. J. for. Res.* 11: 132-138.
- REGAZZI, A. J.; LEITE, H. G. 1993. Análise de Regressão: Teoria e Aplicações em manejo Florestal. UFV/DEF/SIF, 232 (Apostila).

- SALOMÃO, R. P.; NEPSTAND, D. C.; VIERIRA, I. C. G. 1996. Como a biomassa de florestas tropicais influi no efeito estufa. *Ciências Hoje*, 21(122):38–47.
- SCHLEGEL, B. 2001. Estimación de la biomasa y carbono en bosques del tipo siempreverdes. Simposio Internacional Medición y Monitoreo de la Captura de Carbono en Ecosistemas Forestales Valdivia - Chile. 12 p.
- SCHROEDER, P; S.; BROWN, J. M.O.; BIRDSEY R. and CIESZEWSKI C. 1997. Biomass estimation for temperate broadleaf forest of the United States using inventory data. *For. Sci.* 43 (3): 424-434.
- SCHULZE, E. D.; WIRTH, C. and HEIMANN, M. 2000. Kyoto and the global carbon cycle. *Managing forests after Kyoto Science* 289 (2487):2058-2059.
- SEGURA, M. 1999. Valoración del servicio de fijación y almacenamiento de carbono en bosques privados en el área de conservación Cordillera Volcánica Central, Costa Rica. Tesis M. Sc. CATIE. Turrialba - Costa Rica. 120 p.
- SEGURA, M.; KANNINEN, M. 2002. Inventario para estimar carbono en ecosistemas forestales tropicales. In Orozco, L; Brumer, C. (Eds.). Inventarios forestales para bosqueslatifoliados en América Central. Turrialba Costa Rica, CATIE. p. 202-216. (SerieTécnica. Manual Técnico No. 50).
- SIERRA, C.; DEL VALLE, J. y ORREGO, S. 2003 Ecuaciones de biomasa de raíces en bosques primarios intervenidos y secundarios. En: ORREGO, S.; DEL VALLE, J. y MORENO, F. Medición de la captura de Carbono en ecosistemas forestales tropicales de Colombia: Contribuciones para la mitigación del cambio climático. Medellín: Universidad Nacional de Colombia. p 169-188.
- TELLO, D. 2010. Clasificación Climática de la Cuenca del río Itaya en función a la flora predominante Tesis Lic. en Ecología. Facultad de Ciencias e Ingeniería de la UCP. Iquitos, Perú. 94 p.
- TER-MIKAELIAN, M. T. AND M. D. KORZUKHIN. 1997. Biomass equations for sixty five North American tree species. *Forest Ecology and Management* 97:1-24.
- VALLEJO, A.; RODRÍGUEZ, P.; MARTÍNEZ, C.; HERNÁNDEZ, P.; DE JONG, B. 2007. Guía para el diseño de proyectos MDL forestal y de bioenergía. CATIE, Turrialba, CR. 253 p.
- VAN LAAR, A.; AKÇA, A. 1997. Forest Mensuration. *Managing Forest Ecosystems*, Vol. 13. 115 p.

- VIDAL, A.; BENÍTEZ, J.Y.; RODRÍGUEZ, J.; CARLOS R.; GRA, H. 2001. Estimación de la biomasa de copa para árboles en pie de *Pinus caribaea* var *caribaea* en la EFI. La Palma de la provincia de Pinar del Río, Cuba. *Quebracho* 11. 60-66.
- WIRTH, C.; SCHUMECHER J., S. E. D. 2004. Generic biomass functions for Norway spruce in Central Europe a meta-analysis approach toward prediction and uncertainty estimation. *Tree Physiology*, 24, 121-139.
- ZARATE, R. y MORI, T. 2012. Vegetación, documento temático. Proyecto Microzonificación Ecológica y Económica del Área de Influencia de la Carretera Iquitos-Nauta, convenio entre el IIAP y DEVIDA. Iquitos – Perú. 139 p.
- ZAMORA, C. J. 2003. Estimación del contenido de carbono en biomasa aérea en el bosque de pino del Ejido “La Majada”. Municipio de Periban de Ramos, Michoacán, México. Tesis de Ingeniero Agrónomo. Universidad de Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. 47p.
- WOODCOCK, D.W. 2000. Wood specific gravity of trees and forest types in the Southern Peruvian Amazon. *Acta Amazonica* 30(4): 589-599.

## **ANEXO**

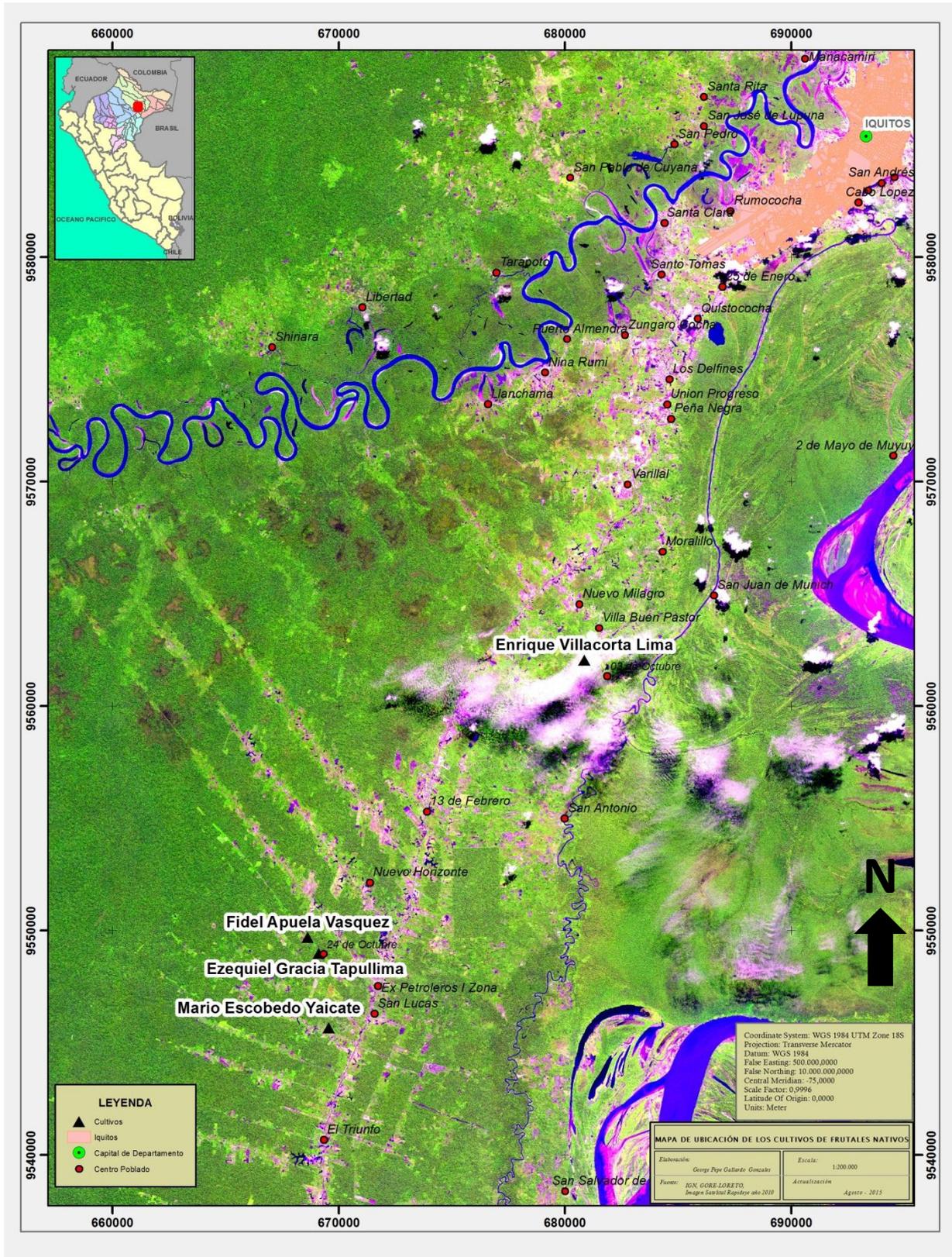


Figura 21: Mapa de ubicación de los cultivos de frutales nativos en estudio.

## Anexo 2: Inventarios de frutales nativo por parcela

**Cuadro 11:** Inventario de la parcela 1 “24 de octubre”

N°	ESPECIES	ALTURA (m)	BIOMASA (kg)	N°	ESPECIES	ALTURA (m)	BIOMASA (kg)
1	Cacao	1,48	0,543	41	Macambo	1,34	0,710
2	Cacao	1,15	0,339	42	Cacao	1,76	1,372
3	Copoazú	1,50	1,351	43	Copoazú	0,84	0,528
4	Macambo	2,30	1,595	44	Copoazú	0,99	0,566
5	Macambo	1,50	0,870	45	Cacao	1,23	0,328
6	Macambo	2,10	1,453	46	Caimito	1,74	1,903
7	Copoazú	1,67	2,037	47	Caimito	1,61	1,657
8	Copoazú	1,53	1,452	48	Macambo	1,24	0,615
9	Macambo	1,70	1,076	49	Macambo	1,22	0,597
10	Macambo	2,40	1,648	50	Cacao	1,45	0,494
11	Copoazú	1,70	2,189	51	Macambo	1,28	0,652
12	Copoazú	1,70	2,189	52	Copoazú	0,84	0,528
13	Macambo	1,50	0,870	53	Caimito	1,17	0,939
14	Macambo	2,30	1,595	54	Caimito	1,26	1,071
15	Copoazú	1,04	0,588	55	Macambo	1,75	1,127
16	Copoazú	2,04	4,696	56	Cacao	1,43	0,465
17	Copoazú	1,50	1,351	57	Copoazú	0,83	0,527
18	Macambo	2,30	1,595	58	Cacao	1,00	0,442
19	Copoazú	1,15	0,667	59	Macambo	1,56	0,931
20	Copoazú	1,46	1,229	60	Macambo	1,79	1,167
21	Macambo	1,40	0,769	61	Caimito	1,43	1,342
22	Copoazú	1,50	1,351	62	Copoazú	0,96	0,555
23	Cacao	1,10	0,363	63	Copoazú	0,82	0,525
24	Cacao	1,90	2,080	64	Macambo	1,38	0,749
25	Macambo	2,30	1,595	65	Cacao	0,81	0,682
26	Macambo	1,40	0,769	66	Macambo	1,56	0,931
27	Copoazú	1,37	1,000	67	Cacao	1,45	0,494
28	Macambo	2,40	1,648	68	Copoazú	0,81	0,524
29	Cacao	1,40	0,427	69	Cacao	1,29	0,342
30	Copoazú	1,53	1,452	70	Macambo	1,17	0,553
31	Cacao	1,63	0,898	71	Copoazú	0,92	0,544
32	Macambo	2,10	1,453	72	Copoazú	0,85	0,530
33	Copoazú	1,54	1,488	73	Caimito	1,50	1,461
34	Copoazú	1,50	1,351	74	Cacao	1,96	2,452
35	Copoazú	1,66	1,989	75	Cacao	1,50	0,579
36	Copoazú	1,54	1,488	76	Copoazú	0,80	0,522
37	Caimito	0,96	0,660	77	Macambo	1,14	0,528
38	Macambo	1,00	0,420	78	Caimito	1,77	1,962
39	Macambo	1,66	1,035	79	Cacao	1,12	0,352
40	Copoazú	0,90	0,539	80	Cacao	1,53	0,640

N°	ESPECIES	ALTURA (m)	BIOMASA (kg)
81	Caimito	1,77	1,962
82	Macambo	1,02	0,434
83	Caimito	1,08	0,814
84	Macambo	1,49	0,859
85	Caimito	1,42	1,325
86	Macambo	1,86	1,237
87	Cacao	1,36	0,387
88	Copoazú	0,85	0,530
89	Macambo	1,74	1,117
90	Copoazú	0,80	0,522
91	Macambo	1,51	0,880
92	Caimito	1,37	1,243
93	Macambo	1,48	0,849
94	Caimito	1,22	1,012
95	Copoazú	0,86	0,532
96	Cacao	0,87	0,596
97	Copoazú	0,81	0,524
98	Copoazú	0,87	0,533
99	Copoazú	0,90	0,539
100	Cacao	1,21	0,327
101	Cacao	1,46	0,509
102	Macambo	0,96	0,393
103	Caimito	1,52	1,496
104	Macambo	1,70	1,076
105	Copoazú	0,80	0,522
106	Cacao	1,00	0,442
107	Cacao	0,80	0,697
108	Caimito	0,80	0,477
109	Caimito	1,37	1,243
110	Cacao	1,61	0,839
111	Cacao	1,88	1,966
112	Copoazú	0,85	0,530
113	Cacao	1,17	0,333
114	Copoazú	0,80	0,522
115	Macambo	1,54	0,911
116	Macambo	1,27	0,643
117	Cacao	1,17	0,333
118	Caimito	1,19	0,968
119	Macambo	1,77	1,147
120	Macambo	1,74	1,117

N°	ESPECIES	ALTURA (m)	BIOMASA (kg)
121	Caimito	1,80	2,021
122	Caimito	1,72	1,864
123	Macambo	1,34	0,710
124	Copoazú	0,84	0,528
125	Cacao	1,31	0,352
126	Copoazú	0,87	0,533
127	Macambo	1,08	0,479
128	Caimito	1,06	0,788
129	Copoazú	0,93	0,546
130	Cacao	1,10	0,363
131	Macambo	1,26	0,634
132	Macambo	1,14	0,528
133	Copoazú	0,84	0,528
134	Copoazú	0,94	0,549
135	Caimito	1,41	1,309
136	Macambo	1,30	0,671
137	Copoazú	0,97	0,558
138	Cacao	0,95	0,495
139	Caimito	1,17	0,939
140	Copoazú	0,88	0,535
141	Macambo	1,46	0,829
142	Macambo	1,59	0,962
143	Copoazú	0,86	0,532
144	Cacao	1,40	0,427

**Cuadro 12:** Inventario de la parcela 2 “24 de Octubre”

N°	ESPECIES	ALTURA (m)	BIOMASA (kg)
1	Cacao	1,57	0,733
2	Caimito	1,43	1,342
3	Caimito	1,30	1,133
4	Caimito	1,12	0,869
5	Macambo	1,55	0,921
6	Macambo	1,37	0,739
7	Caimito	1,25	1,056
8	Caimito	1,16	0,925
9	Caimito	1,39	1,276
10	Macambo	1,76	1,137
11	Macambo	1,68	1,055
12	Anona	1,77	2,556
13	Anona	1,35	1,638
14	Caimito	1,48	1,427
15	Caimito	1,22	1,012
16	Caimito	1,35	1,211
17	Macambo	1,63	1,004
18	Cacao	1,50	0,579
19	Copoazú	0,90	0,539
20	Cacao	0,81	0,682
21	Anona	2,22	3,725
22	Cacao	1,52	0,619
23	Copoazú	1,56	1,561
24	Copoazú	1,28	0,830
25	Anona	2,05	3,257
26	Caimito	1,27	1,086
27	Copoazú	1,31	0,881
28	Cacao	1,12	0,352
29	Copoazú	1,26	0,799
30	Copoazú	1,64	1,895
31	Copoazú	0,94	0,549
32	Copoazú	0,80	0,522
33	Anona	2,09	3,364
34	Copoazú	1,36	0,979
35	Macambo	0,97	0,399
36	Cacao	1,87	1,910
37	Anona	1,19	1,321
38	Anona	0,91	0,798
39	Caimito	1,15	0,911
40	Caimito	1,63	1,694

N°	ESPECIES	ALTURA (m)	BIOMASA (kg)
41	Caimito	1,58	1,603
42	Caimito	1,11	0,855
43	Macambo	1,71	1,086
44	Macambo	1,73	1,107
45	Copoazú	1,55	1,524
46	Copoazú	0,9	0,539
47	Caimito	1,24	1,041
48	Anona	1,84	2,723
49	Anona	2,3	3,959
50	Copoazú	1,75	2,465
51	Copoazú	1,25	0,784
52	Macambo	1,57	0,942
53	Caimito	1,37	1,243
54	Caimito	1,53	1,513
55	Macambo	1,25	0,625
56	Cacao	1,06	0,390
57	Cacao	1,56	0,708
58	Copoazú	0,85	0,530
59	Cacao	1,37	0,396
60	Macambo	1,59	0,962
61	Copoazú	1,13	0,649
62	Anona	1,84	2,723
63	Anona	1,95	2,997
64	Cacao	1,45	0,494
65	Caimito	1,17	0,939
66	Copoazú	1,17	0,686
67	Copoazú	1,51	1,384
68	Caimito	1,25	1,056
69	Anona	2,25	3,812
70	Copoazú	1,02	0,578
71	Cacao	1,03	0,414
72	Macambo	2,31	1,601
73	Copoazú	1,47	1,258
74	Caimito	1,53	1,513
75	Caimito	1,17	0,939
76	Anona	2,33	4,048
77	Anona	2,02	3,178
78	Caimito	1,3	1,133
79	Macambo	1,44	0,809
80	Anona	2,09	3,364

N°	ESPECIES	ALTURA (m)	BIOMASA (kg)
81	Macambo	1,81	1,187
82	Caimito	1,38	1,260
83	Copoazú	1,16	0,676
84	Macambo	1,46	0,829
85	Macambo	1,36	0,729
86	Macambo	1,39	0,759
87	Macambo	1,64	1,014
88	Copoazú	0,93	0,546
89	Copoazú	1,26	0,799
90	Cacao	1,76	1,372
91	Cacao	1,31	0,352
92	Cacao	1,14	0,343
93	Macambo	1,52	0,890
94	Copoazú	1,08	0,612
95	Cacao	1,23	0,328
96	Caimito	1,22	1,012
97	Macambo	1,38	0,749
98	Copoazú	0,9	0,539
99	Anona	2,23	3,754
100	Anona	1,42	1,782
101	Anona	1,56	2,079
102	Anona	1,74	2,485
103	Copoazú	1,57	1,600
104	Copoazú	1,35	0,958
105	Copoazú	1,4	1,070
106	Macambo	1,79	1,167
107	Cacao	1,17	0,333
108	Caimito	1,24	1,041
109	Cacao	1,66	0,993
110	Cacao	1,38	0,406
111	Anona	1,55	2,058
112	Cacao	1,85	1,802
113	Cacao	1,26	0,332
114	Anona	1,91	2,896
115	Macambo	2,17	1,508
116	Macambo	1,98	1,350
117	Copoazú	1,13	0,649
118	Anona	1,97	3,048
119	Caimito	1,72	1,864
120	Macambo	2,38	1,638

N°	ESPECIES	ALTURA (m)	BIOMASA (kg)
121	Copoazú	1,71	2,242
122	Copoazú	1,53	1,452
123	Macambo	1,91	1,285
124	Cacao	1,96	2,452
125	Cacao	1,28	0,338
126	Anona	0,89	0,762
127	Anona	1,46	1,865
128	Caimito	1,94	2,309
129	Macambo	2,03	1,394
130	Caimito	1,82	2,061
131	Cacao	1,52	0,619
132	Caimito	1,88	2,184
133	Copoazú	1,76	2,523
134	Copoazú	1,39	1,046
135	Macambo	2,33	1,612
136	Macambo	2,22	1,543
137	Copoazú	1,62	1,806
138	Copoazú	1,67	2,037
139	Anona	1,66	2,301
140	Macambo	2,26	1,570
141	Copoazú	1,57	1,600
142	Copoazú	1,09	0,618
143	Caimito	0,94	0,636
144	Caimito	1,68	1,788

**Cuadro 13:** Inventario de la parcela 3 “San Lucas”

N°	ESPECIES	ALTURA (m)	BIOMASA (kg)
1	Copoazú	1,95	3,879
2	Cacao	1,30	0,346
3	Copoazú	1,13	0,649
4	Cacao	1,95	2,387
5	Copoazú	1,70	2,189
6	Cacao	1,16	0,336
7	Copoazú	1,50	1,351
8	Macambo	1,60	0,973
9	Cacao	1,15	0,339
10	Copoazú	1,80	2,770
11	Cacao	1,60	0,811
12	Cacao	1,00	0,442
13	Cacao	1,66	0,993
14	Cacao	1,07	0,382
15	Macambo	1,85	1,227
16	Anona	1,00	0,963
17	Cacao	0,80	0,697
18	Anona	1,60	2,167
19	Cacao	0,90	0,557
20	Anona	1,50	1,950
21	Anona	2,06	3,283
22	Caimito	1,30	1,133
23	Cacao	1,20	0,328
24	Anona	2,04	3,230
25	Cacao	1,10	0,363
26	Anona	2,03	3,204
27	Cacao	1,04	0,406
28	Macambo	0,93	0,374
29	Anona	2,23	3,754
30	Anona	1,73	2,462
31	Anona	2,23	3,754
32	Anona	1,70	2,393
33	Anona	1,90	2,871
34	Cacao	1,65	0,960
35	Macambo	1,78	1,157
36	Caimito	1,85	2,122
37	Anona	1,45	1,844
38	Anona	1,67	2,324
39	Copoazú	1,26	0,799
40	Copoazú	1,59	1,679
N°	ESPECIES	ALTURA (m)	BIOMASA (kg)
41	Cacao	1,54	0,662
42	Cacao	1,23	0,328
43	Macambo	1,9	1,275
44	Macambo	1,73	1,107
45	Cacao	1,45	0,494
46	Copoazú	1,64	1,895
47	Anona	1,45	1,844
48	Anona	1,83	2,699
49	Caimito	1,19	0,968
50	Caimito	1,45	1,376
51	Macambo	1,87	1,246
52	Macambo	1,57	0,942
53	Copoazú	1,71	2,242
54	Anona	1,58	2,123
55	Caimito	1,39	1,276
56	Caimito	1,14	0,897
57	Cacao	1,12	0,352
58	Macambo	2,03	1,394
59	Macambo	2,19	1,522
60	Anona	1,23	1,399
61	Anona	1,46	1,865
62	Cacao	0,81	0,682
63	Anona	1,87	2,797
64	Anona	1,73	2,462
65	Caimito	1,28	1,102
66	Macambo	2,40	1,648
67	Macambo	1,93	1,304
68	Anona	2,06	3,283
69	Copoazú	1,79	2,707
70	Copoazú	1,53	1,452
71	Cacao	1,17	0,333
72	Caimito	1,81	2,041
73	Anona	1,86	2,772
74	Anona	1,58	2,123
75	Copoazú	1,76	2,523
76	Cacao	1,50	0,579
77	Cacao	1,17	0,333
78	Copoazú	1,62	1,806
79	Anona	1,55	2,058
80	Anona	1,97	3,048

N°	ESPECIES	ALTURA (m)	BIOMASA (kg)
81	Caimito	2,10	2,659
82	Anona	1,72	2,439
83	Copoazú	1,73	2,351
84	Copoazú	1,59	1,679
85	Cacao	1,07	0,382
86	Macambo	1,61	0,983
87	Cacao	1,32	0,357
88	Macambo	2,30	1,595
89	Caimito	1,60	1,639
90	Anona	2,12	3,446
91	Anona	1,34	1,618
92	Macambo	1,73	1,107
93	Anona	1,45	1,844
94	Anona	1,70	2,393
95	Macambo	1,21	0,588
96	Copoazú	1,44	1,173
97	Caimito	2,00	2,438
98	Anona	2,36	4,139
99	Macambo	1,76	1,137
100	Caimito	1,45	1,376
101	Copoazú	1,35	0,958
102	Macambo	1,16	0,545
103	Caimito	1,21	0,997
104	Macambo	1,96	1,331
105	Macambo	1,19	0,571
106	Caimito	1,37	1,243
107	Copoazú	1,46	1,229
108	Cacao	1,05	0,398
109	Cacao	1,75	1,330
110	Macambo	1,98	1,350
111	Copoazú	1,15	0,667
112	Copoazú	1,49	1,319
113	Copoazú	1,28	0,830
114	Copoazú	1,77	2,583
115	Cacao	1,54	0,662
116	Cacao	1,93	2,260
117	Macambo	1,86	1,237
118	Anona	1,70	2,393
119	Macambo	1,33	0,700
120	Anona	1,37	1,679

N°	ESPECIES	ALTURA (m)	BIOMASA (kg)
121	Cacao	1,97	2,518
122	Anona	1,19	1,321
123	Cacao	1,64	0,929
124	Cacao	1,76	1,372
125	Cacao	1,54	0,662
126	Copoazú	1,68	2,087
127	Anona	1,47	1,886
128	Anona	1,80	2,627
129	Anona	1,40	1,740
130	Macambo	1,61	0,983
131	Anona	1,31	1,558
132	Anona	1,40	1,740
133	Cacao	1,52	0,619
134	Cacao	1,78	1,460
135	Cacao	1,89	2,022
136	Macambo	1,47	0,839
137	Cacao	1,07	0,382
138	Copoazú	1,55	1,524
139	Macambo	1,76	1,137
140	Anona	1,95	2,997
141	Macambo	1,38	0,749
142	Anona	2,11	3,418
143	Cacao	1,80	1,553
144	Copoazú	0,64	0,492

**Cuadro 14:** Inventario de la parcela 4 “Tres Octubre”

N°	ESPECIES	ALTURA (m)	BIOMASA (kg)
1	Cacao	1,57	0,733
2	Caimito	1,43	1,342
3	Caimito	1,30	1,133
4	Caimito	1,12	0,869
5	Macambo	1,55	0,921
6	Macambo	1,37	0,739
7	Caimito	1,25	1,056
8	Caimito	1,16	0,925
9	Caimito	1,39	1,276
10	Macambo	1,76	1,137
11	Macambo	1,68	1,055
12	Anona	2,17	3,584
13	Anona	2,29	3,929
14	Caimito	1,48	1,427
15	Caimito	1,22	1,012
16	Caimito	1,00	0,710
17	Caimito	1,35	1,211
18	Macambo	1,63	1,004
19	Cacao	1,50	0,579
20	Copoazú	0,90	0,539
21	Cacao	0,81	0,682
22	Anona	1,98	3,074
23	Cacao	1,52	0,619
24	Copoazú	1,56	1,561
25	Copoazú	1,28	0,830
26	Anona	1,13	1,206
27	Caimito	1,27	1,086
28	Copoazú	1,31	0,881
29	Cacao	1,02	0,423
30	Copoazú	1,26	0,799
31	Copoazú	1,64	1,895
32	Copoazú	0,94	0,549
33	Copoazú	0,80	0,522
34	Anona	2,06	3,283
35	Macambo	1,37	0,739
36	Anona	1,68	2,347
37	Anona	2,36	4,139
38	Anona	0,71	0,441
39	Caimito	1,15	0,911
40	Caimito	1,63	1,694
N°	ESPECIES	ALTURA (m)	BIOMASA (kg)
41	Caimito	1,58	1,603
42	Caimito	1,11	0,855
43	Macambo	1,71	1,086
44	Macambo	1,73	1,107
45	Copoazú	1,55	1,524
46	Copoazú	0,90	0,539
47	Caimito	1,24	1,041
48	Anona	1,14	1,225
49	Anona	2,37	4,169
50	Copoazú	1,75	2,465
51	Copoazú	1,25	0,784
52	Copoazú	1,36	0,979
53	Macambo	1,57	0,942
54	Caimito	1,37	1,243
55	Caimito	1,53	1,513
56	Macambo	1,25	0,625
57	Cacao	1,06	0,390
58	Cacao	1,56	0,708
59	Copoazú	0,85	0,530
60	Cacao	1,37	0,396
61	Macambo	1,59	0,962
62	Copoazú	1,13	0,649
63	Anona	0,70	0,423
64	Anona	0,66	0,353
65	Cacao	1,45	0,494
66	Caimito	1,17	0,939
67	Copoazú	1,17	0,686
68	Copoazú	1,51	1,384
69	Caimito	1,25	1,056
70	Cacao	1,08	0,376
71	Macambo	2,36	1,628
72	Macambo	1,74	1,117
73	Copoazú	1,47	1,258
74	Caimito	1,53	1,513
75	Caimito	1,17	0,939
76	Anona	2,31	3,988
77	Anona	1,87	2,797
78	Caimito	1,30	1,133
79	Macambo	1,44	0,809
80	Anona	1,33	1,598

N°	ESPECIES	ALTURA (m)	BIOMASA (kg)
81	Macambo	1,81	1,187
82	Caimito	1,38	1,260
83	Copoazú	1,16	0,676
84	Macambo	1,46	0,829
85	Macambo	1,36	0,729
86	Macambo	1,39	0,759
87	Macambo	1,64	1,014
88	Copoazú	0,80	0,522
89	Copoazú	0,93	0,546
90	Copoazú	1,26	0,799
91	Cacao	1,59	0,784
92	Cacao	1,31	0,352
93	Cacao	1,14	0,343
94	Macambo	1,52	0,890
95	Copoazú	1,08	0,612
96	Cacao	1,23	0,328
97	Caimito	1,22	1,012
98	Macambo	1,38	0,749
99	Copoazú	0,90	0,539
100	Anona	1,98	3,074
101	Anona	0,88	0,744
102	Anona	0,97	0,907
103	Anona	2,03	3,204
104	Copoazú	1,57	1,600
105	Copoazú	1,35	0,958
106	Cacao	0,92	0,531
107	Caimito	1,71	1,845
108	Cacao	1,02	0,423
109	Copoazú	1,77	2,583
110	Cacao	1,54	0,662
111	Cacao	1,93	2,260
112	Macambo	1,86	1,237
113	Anona	1,70	2,393
114	Macambo	1,33	0,700
115	Anona	1,37	1,679
116	Cacao	1,97	2,518
117	Anona	1,19	1,321
118	Cacao	1,64	0,929
119	Cacao	1,76	1,372
120	Copoazú	1,71	2,242

N°	ESPECIES	ALTURA (m)	BIOMASA (kg)
121	Copoazú	1,53	1,452
122	Macambo	2,18	1,515
123	Cacao	1,74	1,289
124	Cacao	1,21	0,327
125	Anona	2,00	3,125
126	Anona	1,66	2,301
127	Caimito	2,14	2,750
128	Macambo	2,26	1,570
129	Caimito	2,05	2,547
130	Cacao	1,39	0,416
131	Caimito	2,12	2,704
132	Copoazú	1,76	2,523
133	Caimito	1,37	1,243
134	Cacao	1,61	0,839
135	Cacao	1,88	1,966
136	Copoazú	0,85	0,530
137	Cacao	1,17	0,333
138	Copoazú	0,80	0,522
139	Macambo	1,54	0,911
140	Macambo	1,27	0,643
141	Cacao	1,17	0,333
142	Anona	0,98	0,926
143	Caimito	1,12	0,869
144	Caimito	2,06	2,570