

**UNIVERSIDAD NACIONAL AMAZÓNICA DE
MADRE DE DIOS**

FACULTAD DE INGENIERÍA

**CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL Y MEDIO
AMBIENTE**



TÍTULO

**STOCK DE CARBONO AÉREO EN UN BOSQUE CON PACA DE TERRAZAS
ALTAS DE LA CONCESION DE CONSERVACION “GALLOCUNCA”, SECTOR
BALTIMORE, DISTRITO TAMBOPATA, MADRE DE DIOS – PERÚ**

Tesis Para Optar el Título Profesional de Ingeniero Forestal y Medio Ambiente

PRESENTADO POR:

Bach. JOSÉ LUÍS MAMANI CONDORI

Asesor:

Ing. Mishari Rolando García Roca

Co Asesor:

Blgo. Germán Heber Correa Núñez

MADRE DE DIOS-PERÚ

2012

**ACTA DE SUSTENTACIÓN PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO FORESTAL Y
MEDIO AMBIENTE**

En la ciudad de Puerto Maldonado, siendo las 16 horas con 30 del día 05 de noviembre del año 2012, en las instalaciones del anfiteatro Nro 02 de la ciudad Universitaria de la UNAMAD, dando cumplimiento a la Resolución de Decanatura N° 157-2012-UNAMAD-DFI, se reunieron los miembros del Jurado integrado por los siguientes docentes:

Ing. M.Sc. Joel Peña Valdeiglesias (Presidente)

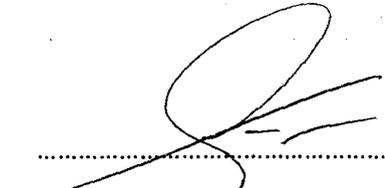
Ing. M.Sc. Gabriel Alarcón Aguirre (Secretario)

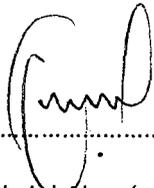
Ing. Raúl Huamán Cruz (Vocal)

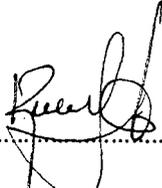
Con la finalidad de evaluar el Trabajo de Investigación titulado: "**Stock de Carbono Aéreo en un Bosque con paca de Terrazas Alta de la Concesión de Conservación Gallocunca, Sector Baltimore, Distrito de Tambopata, Madre de Dios- Perú**" presentado por el Bachiller **José Luis Mamani Condori**. Seguido de la exposición de trabajo por parte del sustentante el jurado procede al cuestionamiento del trabajo y el sustento por parte del responsable del trabajo de Investigación. Acto seguido, el jurado procede a la deliberación en base a una discusión en forma reservada y libremente, declarando el trabajo expuesto como APROBADO por unanimidad con el calificativo de Muy Bueno y la nota de 17.

En fe de la cual firmamos la presente acta, siendo las 17 horas con 52 minutos del día 05 de noviembre del 2012, se dio por culminado el presente acto de sustentación.

El sustentante deberá levantar todas las observaciones realizadas por los miembros del Jurado calificador.

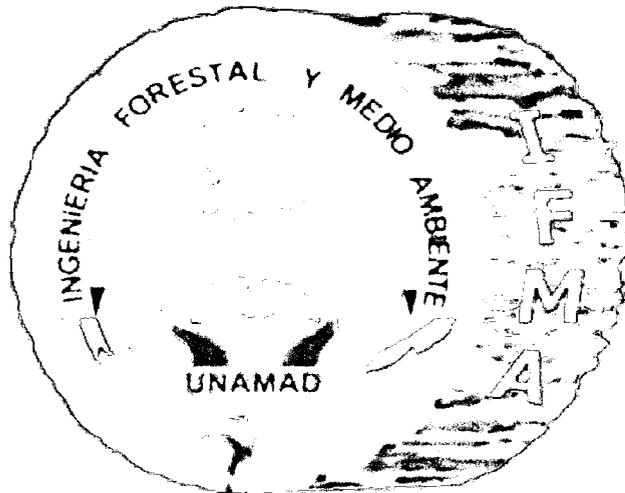

.....
Ing. M.Sc. Joel Peña Valdeiglesias


.....
Ing. M.Sc. Gabriel Alarcón Aguirre


.....
Ing. Raúl Huamán Cruz

“Madre de Dios, capital de la Biodiversidad del Perú”

UNIVERSIDAD NACIONAL AMAZÓNICA DE MADRE DE DIOS



Carrera Profesional de Ingeniería Forestal y Medio Ambiente

TÍTULO

**STOCK DE CARBONO AÉREO EN UN BOSQUE CON PACA DE TERRAZAS
ALTAS DE LA CONCESION DE CONSERVACION “GALLOCUNCA”, SECTOR
BALTIMORE, DISTRITO TAMBOPATA, MADRE DE DIOS – PERÚ**

Bach. JOSÉ LUÍS MAMANI CONDORI

Tesis Para Optar el Título Profesional de Ingeniero Forestal y Medio Ambiente

PUERTO MALDONADO, MADRE DE DIOS, PERÚ

2012

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a...

Dios (SER TODOPODEROSO)

Por guiarme en cada paso, por darme su fortaleza, por su bondad de brindarme mucha salud en todo momento y por bendecirme con el regalo más valioso... mi familia.

Mi querida mami (VENANCIA CONDORI ALCCA)

El amor más grande de mi vida... por su constancia, por su comprensión, por sus grandes sacrificios, por creer en mí, por ser mi ejemplo y por permitirme cumplir uno de mis más grandes sueños...

Mi estimado viejo (JOSE MAMANI CHOQUE)

Por su cautela, por sus enseñanzas de caminar en el bosque, por su compañía en el camino de la vida y por su apoyo...

Mi gran hermano (RONALD MAMANI CONDORI)

Por ser mi mejor amigo...por su gran afecto y apoyo incondicional...

Mis queridos tíos: GUILLERMO, ABDON, CRISOSTOMO, JUAN, BERTHA, BENEDICTA, ERNESTINA y GLADYS, por sus enseñanzas en principios y valores...

Mis queridos primos: CHRISTIAN, MARIBEL, VANESSA, MELISSA, ISABEL, VALERIA y VALENTINA, por su compañía en mi infancia...

Mis seres queridos que ya no están: VICTORIA, VICENTINA, VALERIANO, VICENTE y DAYSI, por su simpatía y cariño hasta el día de su partida...

Y en especial a mis amigos que de alguna u otra manera me apoyaron en cada momento de mi formación profesional...

JOSE LUIS

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se realizó gracias a la financiación de la empresa Inversiones Maldonado S.A.C "TPL" a través del convenio con la UNAMAD, mediante el programa de BECAS TPL. Al Gerente de Inversiones Maldonado S.A.C, Lic. Rolando Sota Pulido y a todas las personas comprometidas con el Albergue "Tambopata EcoLogde", Adm. María Antonieta, María Yucra, Yenni Ranilla, Prado Prado, por su hospitalidad, por su colaboración en aspectos logísticos y administrativos.

A mi Alma Mater, Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios y a los docentes de la Carrera Profesional de Ingeniería Forestal y Medio Ambiente, por darme una formación profesional y albergarme durante la que ha sido la mejor etapa de mi vida.

Quiero agradecer especialmente al Blgo. Germán Correa Núñez e Ing. For. Mishari Rolando García Roca por la orientación, disposición, revisión y valiosos aportes en el desarrollo de este trabajo.

De manera especial al equipo técnico: Suffer Marcial Báez Quispe, Luis Alberto Mesa Vega, Giancarlo Renzo Sicclia Zarate, Hilario Huisa Manol y Robert Farfán Huanca por el apoyo en la fase de campo de esta investigación, sinceramente muchas gracias.

Al Coordinador del Consorcio Madre de Dios, Ing. M.Sc. Gabriel Alarcón Aguirre y a todas las personas vinculadas a esta organización, Jhon Frich Farfán, Nemin Bejar y Wendy Cueva, por las facilidades de préstamo de instrumentos y otros...

Al Responsable del Laboratorio Ambiental Regional, Quim. Liset Rodríguez Achata y a Linda Mayra Malatesta Siani, por las facilidades del uso y manejo de equipos para el secado de muestras herbáceas.

A la Dr. Eurídice N. Honorio Coronado, Geo. Rosa Goodman, Blgo. Juan Carlos Rivero, Dr. Naikoa Aguilar Amuchastegui, Dr. Galia Selaya y Dr. Sergio Alonso Orrego por su amabilidad, de brindarme información, dedicación en aclarar mis dudas así como compartir sus aportes y conocimientos en el presente trabajo.

A mis apreciables amigos: Dante Cueva, Roxana Casilla, Rike Huisñay, Roger Chambi, Javier Valles, Alex Amachi, Milton Huanca, Ronal Cisneros, Ronald Mendoza, Frank Valera, Laura Ramírez, Lisbeth Estrada entre otros por compartir y disfrutar momentos agradables en toda mi vida universitaria. ¡Muchas Gracias!!!!

INDICE

RESUMEN	1
SUMMARY	2
INTRODUCCION	3
OBJETIVOS	6
Objetivo General	6
Objetivos Específicos	6
FORMULACION DE LA HIPOTESIS	7
Hipótesis General	7
Hipótesis Específicos	7
VARIABLES	8
Variable Independiente	8
Variable Dependiente	8
CAPITULO I	9
MARCO TEORICO	9
1.1. Antecedentes	9
1.1.1. Antecedentes a nivel internacional	9
1.1.2. Antecedentes a nivel nacional	27
1.1.3. Antecedentes a nivel regional	30
1.2. Revisión de Literatura	34
1.2.1. Evolución de las negociaciones internacionales sobre cambio climático	34
1.2.1.1. Antecedentes	34
1.2.1.2. Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático	34
1.2.1.3. El protocolo de Kioto	36
1.2.2. Surgimiento de acuerdos sobre la participación de proyectos de carbono forestal	37
1.2.3. El cambio climático, antecedentes e importancia	41
1.2.4. El papel de los ecosistemas de bosques en el cambio climático	43

1.2.5. Estimación de biomasa y carbono	46
1.2.6. Depósitos o reservorios de carbono	50
1.2.7. Bosques del Perú	51
1.2.7.1. Bosques de Selva Baja	51
1.2.7.2. Bosques de Selva Alta	52
1.2.7.3. Bosques Andinos	52
1.2.7.4. Bosques Montanos Occidentales del Norte	53
1.2.7.5. Bosques Secos de la Costa Norte	53
1.2.7.6. Bosques Secos del Marañón	54
1.2.8. Breve historia y acontecimientos sobre REDD en el Perú	54
1.2.9. Iniciativas REDD+ en Madre de Dios	58
1.3. Conceptos fundamentales	60
1.3.1. Biomasa	60
1.3.2. Captura de carbono	60
1.3.3. Cambio climático	60
1.3.4. Dióxido de carbono	60
1.3.5. Ecuaciones o modelos alométricos	60
1.3.6. Fuente	60
1.3.7. Gases de efecto invernadero	61
1.3.8. Reservorios	61
1.3.9. Secuestro de carbono	61
1.3.10. Servicio ambiental	61
1.3.11. Stock de carbono	61
CAPITULO II	62
MATERIALES Y METODOS	62
2.1. Descripción del Área de Estudio	62
2.1.1. Información General	62
2.1.2. Ubicación del área de estudio	62
2.1.3. La Accesibilidad	63

2.1.4. Geología	63
2.1.5. Suelos	63
2.1.6. Hidrología	63
2.1.7. Clima	64
2.1.8. Bosque de terraza disectada suave (BTdS)	64
2.1.9. Bosque con paca de terrazas altas (BPTa)	64
2.2. Materiales, equipos y herramientas	66
2.3. Metodología	67
2.3.1. Tipo de Investigación	67
2.3.2. Estadística Empleada	67
2.3.3. Tamaño, Forma y Diseño de la parcela	69
2.3.3.1. Tamaño de la parcela	69
2.3.3.2. Forma de la parcela	69
2.3.3.3. Diseño de la parcela	69
2.3.4. Fase de Inventario	70
2.3.4.1. Instalación de parcelas	70
2.3.4.2. Información a registrar	71
2.3.4.2.1. Especie vegetal (Esp)	71
2.3.4.2.2. Diámetro a la altura del pecho (DAP)	71
2.3.4.2.3. Altura total de los árboles (HT)	72
2.3.4.3. Composición florística	73
2.3.4.4. Inventario de biomasa y carbono	74
2.3.4.4.1. Biomasa de árboles grandes (BAG)	74
2.3.4.4.2. Biomasa de árboles pequeños (BAP)	74
2.3.4.4.3. Biomasa herbácea (BH)	75
2.3.5. Fase de Laboratorio	77
2.3.5.1. Estimación de biomasa de árboles grandes (BAG)	78
2.3.5.2. Estimación de biomasa de árboles pequeños (BAP)	78
2.3.5.3. Estimación de biomasa herbácea (BH)	79

2.3.5.4. Estimación de la biomasa aérea (BA)	80
2.3.6. Fase de Análisis	80
2.3.6.1. Cálculo del stock de carbono aéreo	80
2.3.6.2. Cálculo de la cantidad de carbono equivalente (CO ₂ -equi)	82
CAPITULO III	83
RESULTADOS Y DISCUSION	83
3.1. Composición florística del bosque con paca de terrazas altas	83
3.1.1. Composición florística del componente árboles grandes	83
3.1.2. Composición florística del componente árboles pequeños	88
3.2. Estimación de biomasa en los componentes	92
3.2.1. Biomasa de árboles grandes (BAG)	92
3.2.2. Biomasa de árboles pequeños (BAP)	96
3.2.3. Biomasa herbácea (BH)	98
3.3. Biomasa aérea (BA)	99
3.4. Stock de carbono aéreo	104
3.5. Cantidad de carbono equivalente (CO ₂ -equi)	108
CONCLUSIONES	112
RECOMENDACIONES	114
BIBLIOGRAFIA	115
ANEXOS	125

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Reservas de carbono superficial en los sistemas de roza y quema y otros usos alternativos, promediadas temporalmente.	45
Cuadro 2. Biomasa y madera muerta, por región y subregión, 2010.	47
Cuadro 3. Existencias de carbono en los bosques, por región y subregión, 2010.	48
Cuadro 4. Descripción de los distintos tipos de depósitos de carbono.	50
Cuadro 5. Iniciativas REDD+ en Madre de Dios.	59
Cuadro 6. Ubicación política.	62
Cuadro 7. Coordenadas UTM (Zona 19, WGS 84).	62
Cuadro 8. Materiales utilizados en la investigación.	66
Cuadro 9. Formulas estadísticas.	67
Cuadro 10. Parámetros estadísticos de las parcelas de premuestreo de BAG.	68
Cuadro 11. Ecuaciones alométricas para estimar la biomasa (Kg de materia seca por árbol) a nivel local y para regiones amazónicas.	77
Cuadro 12. Parámetros estadísticos de la biomasa aérea.	99
Cuadro 13. Parámetros estadísticos del stock de carbono aéreo.	104
Cuadro 14. Parámetros estadísticos de la cantidad de carbono equivalente.	108
Cuadro 15. Características de las parcelas del componente de árboles grandes, del bosque con paca de terrazas altas.	127
Cuadro 16. Características de las parcelas del componente de árboles pequeños, del bosque con paca de terrazas altas.	127
Cuadro 17. Resumen de la abundancia de individuos en el componente de árboles grandes (con base a 20 especies botánicas, con $DAP \geq 10$ cm), del bosque con paca de terrazas altas.	128
Cuadro 18. Riqueza del componente de árboles grandes por géneros, especies e individuos (con $DAP \geq 10$ cm), del bosque con paca de terrazas altas.	128
Cuadro 19. Riqueza de especies en las familias del componente de árboles grandes (con base a 20 especies botánicas, con $DAP \geq 10$ cm), del bosque con paca de terrazas altas.	129
Cuadro 20. Composición florística del componente de árboles grandes (con $DAP \geq 10$ cm), del bosque con paca de terrazas altas.	130
Cuadro 21. Resumen de la abundancia de individuos en el componente de árboles pequeños (con base a 20 especies botánicas, con $2.5 \leq DAP < 10$ cm), del bosque con paca de terrazas altas.	138
Cuadro 22. Riqueza del componente de árboles pequeños por géneros, especies e	138

individuos (con $2.5 \leq \text{DAP} < 10$ cm), del bosque con paca de terrazas altas.	
Cuadro 23. Riqueza de especies en las familias del componente de árboles pequeños (con base a 20 especies botánicas, con $2.5 \leq \text{DAP} < 10$ cm), del bosque con paca de terrazas altas.	139
Cuadro 24. Composición florística del componente de árboles pequeños (con $2.5 \leq \text{DAP} < 10$ cm), del bosque con paca de terrazas altas.	140
Cuadro 25. Resumen de la estructura horizontal de árboles grandes (con base a 20 especies botánicas, con $\text{DAP} \geq 10$ cm), del bosque con paca de terrazas altas.	146
Cuadro 26. Resumen de la estructura horizontal de árboles pequeños (con base a 20 especies botánicas, con $2.5 \leq \text{DAP} < 10$ cm), del bosque con paca de terrazas altas.	147
Cuadro 27. Promedio de los componentes de biomasa, biomasa aérea, carbono aéreo y carbono equivalente por parcela de muestreo.	148
Cuadro 28. Parámetros estadísticos de los componentes de biomasa, biomasa aérea, carbono aéreo y carbono equivalente.	148

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Concentración y emisiones de dióxido de carbono en los últimos 150 años.	42
Figura 2. Balance global anual de los flujos de carbono a nivel mundial en Gt C-eq.	44
Figura 3. Ubicación de la concesión de conservación “Gallocunca” - Inversiones Maldonado. Sector Baltimore, Distrito de Tambopata. Madre de Dios - Perú.	65
Figura 4. Representación gráfica del diseño de parcelas anidadas para el inventario de biomasa y carbono.	70
Figura 5. Resumen de la metodología utilizada para la estimación de la biomasa aérea y el stock de carbono aéreo.	81
Figura 6. Especies botánicas (20 primeros) con alta abundancia y densidad de individuos del bosque con paca de terrazas altas, con $\text{DAP} \geq 10$ cm.	85
Figura 7. Riqueza de especies en las familias del bosque con paca de terrazas altas, con $\text{DAP} \geq 10$ cm.	87
Figura 8. Las 20 especies botánicas más comunes del bosque con paca de terrazas altas, con $2.5 \leq \text{DAP} < 10$ cm.	89
Figura 9. Riqueza de especies en las familias del bosque con paca de terrazas altas, con $2.5 \leq \text{DAP} < 10$ cm.	91
Figura 10. Distribución de la biomasa de árboles grandes (BAG), por parcelas de muestreo, del bosque con paca de terrazas altas.	92
Figura 11. Distribución de la biomasa de árboles pequeños (BAP), por parcelas de muestreo, del bosque con paca de terrazas altas.	96

Figura 12. Distribución de la biomasa herbácea (BH), por parcelas de muestreo, del bosque con paca de terrazas altas.	98
Figura 13. Distribución de la biomasa aérea (BA), por parcelas de muestreo, del bosque con paca de terrazas altas.	101
Figura 14. Distribución del stock de carbono aéreo, por parcelas de muestreo, del bosque con paca de terrazas altas.	105
Figura 15. Distribución del carbono equivalente, por parcelas de muestreo, del bosque con paca de terrazas altas.	109
Figura 16. Porcentaje de las 20 especies botánicas con mayor Índice de valor de importancia (I.V.I) del componente de árboles grandes (con $DAP \geq 10$ cm).	149
Figura 17. Porcentaje de las 20 especies botánicas con mayor Índice de valor de importancia (I.V.I) del componente de árboles pequeños (con $2.5 \leq DAP < 10$ cm).	149
Figura 18. Constancia expedida por el INRENMA, que los especímenes forestales colectadas, fueron identificadas y determinadas por un Especialista en Dendrología.	150

INDICE DE FOTOGRAFIAS

Fotografía 1. Dirección de la trocha base a 0° de azimut.	71
Fotografía 2. Apertura de la trocha base, en un bosque con paca.	71
Fotografía 3. Medida del DAP de un Ana caspi (<i>Apuleia leiocarpa</i>).	72
Fotografía 4. Medida del DAC de una Paca (<i>Guadua weberbaueri</i>).	72
Fotografía 5. Lectura del ápice de una Quinilla (<i>Manilkara bidentata</i>).	73
Fotografía 6. Lectura de la base de una Quinilla (<i>Manilkara bidentata</i>).	73
Fotografía 7. Muestra con fruto de Moquete de tigre (<i>Perebea guianensis</i>).	73
Fotografía 8. Prensado de muestras de plantas colectadas.	73
Fotografía 9. Codificado de un Ana caspi (<i>Apuleia leiocarpa</i>) con pintura roja, en IM-21.	74
Fotografía 10. Árbol codificado de Moena negra (<i>Ocotea oblonga</i>), en IM-24.	74
Fotografía 11. Evaluando la biomasa de árboles pequeños, de un Chuchuasi trepador (<i>Salacia grandiflora</i>), en IM-12.	75
Fotografía 12. Evaluando la biomasa de árboles pequeños, de un grupo de pacas (<i>Guadua weberbaueri</i>), en IM-24.	75
Fotografía 13. Delimitando la subparcela de 4x4 m, en IM-15.	75
Fotografía 14. Corte y colección de hierbas y arbustos, en IM-04.	75

Fotografía 15. Llenado de saco con hierbas y arbustos, en IM-35.	76
Fotografía 16. Pesado de la biomasa herbácea total (PFT), en IM-31.	76
Fotografía 17. Registro del peso de muestra (PFM) con código BH-23, en IM-23.	76
Fotografía 18. Pesado de la muestra (200 g) (PFM), con código BH-31, en IM-31.	76
Fotografía 19. Muestras de BH cubierta con papel aluminio.	79
Fotografía 20. Secado de las muestras de BH a 80°C, en una estufa	79
Fotografía 21. PSM en gramos, con código BH-01.	80
Fotografía 22. Registro PSM, con código BH-01.	80
Fotografía 23. Rio Tambopata.	151
Fotografía 24. Quebrada Aguajalito o Gallocunca.	151
Fotografía 25. Bote de transporte de fibra de vidrio.	151
Fotografía 26. Abordo del bote con destino al albergue.	151
Fotografía 27. Bungalows, capacidad 6 personas.	151
Fotografía 28. Cenando en el comedor Anaconda.	151
Fotografía 29. Equipo de investigación al final de un día de trabajo.	152
Fotografía 30. Equipo de investigación en la parcela IM-35.	152
Fotografía 31. Vegetación de la parcela IM-1.	152
Fotografía 32. Vegetación de la parcela IM-4.	152
Fotografía 33. Vegetación de la parcela IM-11.	152
Fotografía 34. Vegetación de la parcela IM-12.	152
Fotografía 35. Vegetación de la parcela IM-13.	152
Fotografía 36. Vegetación de la parcela IM-15.	152
Fotografía 37. Vegetación de la parcela IM-21.	153
Fotografía 38. Vegetación de la parcela IM-23.	153
Fotografía 39. Vegetación de la parcela IM-24.	153
Fotografía 40. Vegetación de la parcela IM-30.	153
Fotografía 41. Vegetación de la parcela IM-31.	153
Fotografía 42. Vegetación de la parcela IM-35.	153

RESUMEN



En el último siglo han ocurrido diversas manifestaciones climatológicas extremas que indican que la temperatura global está directamente asociada con el aumento de las concentraciones de gases de efecto invernadero (Ureta, 2009) en especial de dióxido de carbono (CO_2) (COP 12, 2006; IPCC, 2007; citado por MAVDT, 2010). Por consiguiente los bosques tropicales almacenan grandes cantidades de carbono en su biomasa, y por ello juegan un papel determinante en el ciclo global de este elemento (Yepes *et al.* 2011).

El presente estudio se realizó en un bosque con paca de terrazas altas de la concesión de conservación “Gallocunca”, Sector Baltimore, Distrito Tambopata, Madre de Dios – Perú, en un área de 527.5 has. Se ubica geográficamente entre los $12^\circ 49' 35.8''$ y $12^\circ 46' 53.2''$ de latitud Sur y entre los $69^\circ 25' 26''$ y $69^\circ 24' 19.4''$ de longitud Oeste, dentro de la zona de amortiguamiento de la Reserva Nacional Tambopata. El objeto de estudio fue estimar el stock de carbono aéreo o la cantidad de carbono almacenado, en un bosque con paca de terrazas altas de la concesión de conservación “Gallocunca”.

Se realizó un inventario de la biomasa aérea y sus componentes en 12 parcelas de muestreo rectangulares, de diseño anidado (Honorio *et al.* 2010 y Araujo, 2011). Donde se evaluó la biomasa de árboles grandes (BAG) individuos con $\text{DAP} \geq 10$ cm en 0.5 ha (50x100 m), la biomasa de árboles pequeños (BAP) individuos con $2.5 \leq \text{DAP} < 10$ cm en 0.04 ha (20x20 m) y la biomasa herbácea (BH) individuos con $\text{DAP} < 2.5$ cm en 0.0016 ha (4x4 m). Para estimar la biomasa se emplearon ecuaciones alométricas generadas localmente y a nivel de bosques tropicales (LULUCF, 2003 citado por Rüginitz *et al.* 2009). Sin embargo la biomasa herbácea se obtuvo mediante un análisis de muestras de 200 gramos que se secaron a 80°C en una estufa (Rüginitz *et al.* 2009). Los valores promedio de biomasa aérea estimados fueron 331.25 ± 149.18 t/ha (conformados por la BAG en 306.07 t/ha, la BAP en 23.51 t/ha y la BH en 1.67 t/ha). Seguidamente se estimó el stock de carbono aéreo o la cantidad de carbono almacenado en la biomasa aérea del bosque con paca de terrazas altas, la cual en promedio fue de 165.63 ± 74.59 t C/ha. Al respecto la cantidad de carbono equivalente (CO_2 -equi) que evitaríamos en emitir o liberar a la atmósfera, si estos bosques con paca de terrazas altas se conservaran, sería en promedio de 607.30 ± 273.50 t CO_2 -equi/ha.

SUMMARY

In the last century there have been many extreme weather events that indicate that the global temperature is directly associated with increased concentrations of greenhouse gases (Ureta, 2009) especially carbon dioxide (CO₂) (COP 12, 2006; IPCC, 2007, cited by MAVDT, 2010). Consequently tropical forests store large amounts of carbon in their biomass, and thus play a role in the global turnover of this element (Yepes *et al.* 2011).

This study was conducted into bamboo forest of high terraces of conservation concession "Gallocunca" Baltimore Sector, Tambopata District, Madre de Dios region, at Peru, in an surface of 527.5 hectares. It is geographically located between 12 ° 49 '35.8" and 12 ° 46' 53.2" south latitude and between 69 ° 25 '26" and 69 ° 24' 19.4" West longitude, within the buffer zone of the Tambopata National Reserve. The goal of this study was to estimate the aboveground carbon stock or the amount of carbon stored in a bamboo forest with high terraces of conservation concession "Gallocunca".

An inventory of biomass and yours components in 12 rectangular sample plots, nested design (Honorio *et al.* 2010 y Araujo, 2011) was made. There was evaluated biomass of large trees (BAG) individuals with DBH \geq 10 cm in 0.5 ha (50x100 m), small tree biomass (BAP) individuals with 2.5 \leq DBH $>$ 10 cm in 0.04 ha (20x20 m) and herbaceous biomass (BH) individuals with DBH $<$ 2.5 cm in 0.0016 ha (4x4 m). To estimate biomass, equations generated locally and rainforests level were used (LULUCF, 2003 citaded by Rüginitz *et al.* 2009). However herbaceous biomass was obtained by analyzing samples of 200 grams which were dried at 80 °C in an oven (Rüginitz *et al.* 2009). The average values of biomass estimates were 331.25 \pm 149.18 t/ha (consisting of the BAG in 306.07 t/ha, the BAP at 23.51 t/ha and 1.67 BH t/ha). Then estimated the aboveground carbon stock or the amount of carbon stored in forest biomass with high terraces bale, which in mean was 165.63 \pm 74.59 t C/ha. In this regard the amount of carbon equivalent (CO₂-equi) that we would avoid to release into the atmosphere if these bamboo forests with high terraces is retained, in mean would be 607.30 \pm 273.50 t CO₂-equi/ha.

INTRODUCCION

En el último siglo han ocurrido diversas manifestaciones climatológicas extremas que indican que el sistema climático mundial ha sido afectado por las actividades humanas (Del Alamo, 2007; citado por Ureta, 2009), varios estudios han demostrado que el incremento percibido en la temperatura global está directamente asociado con el aumento de las concentraciones de gases de efecto invernadero (GEI) (Vignola, 2006; Djoghlaif, 2007; Smith, 2007; citado por Ureta, 2009) en especial de dióxido de carbono (CO₂) (COP 12, 2006; IPCC, 2007; citado por MAVDT, 2010). La quema de combustibles fósiles es una de las principales fuentes de GEI en el mundo, con una estimación de 28 000 millones de toneladas de dióxido de carbono (M t CO₂) en el año 2008 (WRI, 2010); sin embargo se calcula que 1 700 millones de toneladas de carbono se emiten anualmente a la atmósfera como resultado del cambio en el uso del suelo. Una gran proporción de estas emisiones provienen de la deforestación en zonas tropicales (Angelsen *et al.* 2010).

Los bosques tropicales son importantes en el balance del carbono (C) global y mitigación del cambio climático, pues representan cerca del 59% del C total acumulado en los ecosistemas boscosos del mundo (Dixon *et al.* 1994, citado por Quinto, 2010). Dado que estos ecosistemas fijan CO₂ atmosférico mediante el proceso de fotosíntesis y almacenan carbono en sus tejidos (Chazdon & Montgomery, 2002; Clark *et al.* 2001a; citado por Quinto, 2010), el estudio de la dinámica de la biomasa y el C es fundamental para comprender el papel que éstos desempeñan en el ciclo global de este elemento (Clark *et al.* 2001a; Sierra *et al.* 2007 citado por Quinto, 2010) y en la mitigación del cambio climático (Brown, 1997; IPCC, 2001; citado por Quinto, 2010).

La Amazonía, con sus 6 millones de km² es el bosque tropical más grande del mundo (Honorio *et al.* 2010) y es el escenario de un número significativo de esfuerzos internacionales de investigación, demostrando que los valores más elevados en contenido de carbono y biomasa aérea están en bosques amazónicos (Overman *et al.* 1994; Brown *et al.* 1996; Ordóñez, 1999; Dauber *et al.* 2000; Arreaga, 2002; Baker *et al.* (2004 a,b); Chave *et al.* (2001; 2005; 2006 a,b); Mostacedo *et al.* 2006; Phillips *et al.* (1998; 2002a; 2004; 2009); Malhi *et al.* 2009; Ureta, 2009 citado por Quinto, 2010).

El Perú es un país de bosques, que ocupan casi dos tercios del territorio nacional. A nivel mundial, es el noveno país con mayor extensión de bosques y el cuarto país con

mayor superficie de bosques tropicales. Al 2011, la superficie total estimada, de bosques del Perú es de 73 294 958 millones de hectáreas (MINAM & MINAG, 2011). En el Perú, los bosques son afectados por el cambio de uso del suelo, constituyendo una grave amenaza para su conservación. Al año 2000, el 47.5% de emisiones de gases de efecto invernadero, causantes del cambio climático, se debieron a este factor.

En el año 1997, en la ciudad de Kioto, Japón se llevó a cabo El Protocolo de Kioto un acuerdo internacional que se adoptó entre las Partes de la CMNUCC. En este acuerdo los países del Anexo I (países desarrollados) se comprometen a reducir las emisiones globales de GEI en un 5.2% tomando como base las emisiones medidas en 1990, bajo diferentes esquemas y mercados. Es así, que los países suscriben este compromiso de llegar a esos niveles entre el 2008 y el 2012 (primer periodo de compromisos del Protocolo de Kioto), posteriormente se establecieron medidas para el apoyo financiero y técnico a los países en desarrollo (MAVDT, 2010).

El mercado voluntario y las iniciativa de Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación Evitada del Bosque (REDD) viene siendo apoyada por muchos gobiernos, resultando ser para los países industrializados, el mecanismo más fácil con el cual podrían cumplir sus compromisos de reducir sus emisiones de gases de efecto invernadero en proyectos de desarrollo sustentable (Vallenas & Parillo 2007; Larrea, 2007; Elaboración propia, 2012).

Es por ello que en 2008 se crea el Programa ONU-REDD, que apoya a los países en desarrollo a mejorar su capacidad de reducir emisiones y participar en mecanismo de REDD+. También en el mismo año se crea el Grupo REDD Perú, que actualmente es el espacio de participación más importante sobre REDD (Che piu & García, 2011). En la Región de Madre de Dios, existe un gran interés en acogerse a los proyectos de REDD, por el cual se ha identificado once iniciativas REDD + en diferentes áreas de trabajo (Hajek *et al.* 2011; FONAM, 2011).

El presente estudio tuvo como objetivo estimar el stock de carbono aéreo o la cantidad de carbono almacenado, en un bosque con paca de terrazas altas de la concesión de conservación “Gallocunca”, Sector de Baltimore, Distrito Tambopata, Madre de Dios – Perú. El estudio busca responder las siguientes preguntas de investigación: ¿Cuánto es la biomasa aérea en un bosque con paca de terrazas altas de la concesión de conservación “Gallocunca”? ¿Cuánto es el stock de carbono aéreo en un bosque con

paca de terrazas altas de la concesión de conservación “Gallocunca”? y ¿qué cantidad de carbono equivalente (CO₂-equi) evitaríamos emitir o liberar a la atmosfera, si estos bosques con paca de terrazas altas de la concesión de conservación “Gallocunca”, se conservaran o no se cambiaran de uso?

Con los resultados obtenidos, se espera aportar elementos importantes para el conocimiento de la cantidad de carbono almacenado en bosques primarios de Madre de Dios, y generar información que puede ser aplicada a las iniciativas nacionales e internacionales que busquen mitigar y reducir el calentamiento global controlando las emisiones por deforestación y degradación de los bosques (REDD) a través de la formulación e implementación de proyectos REDD (Yepes *et al.* 2011).

OBJETIVOS

Objetivo General

Estimar el stock de carbono aéreo en un bosque con paca de terrazas altas de la concesión de conservación “Gallocunca”, Sector Baltimore, Distrito Tambopata, Madre de Dios – Perú.

Objetivos Específicos

- Determinar la composición florística del bosque con paca de terrazas altas de la concesión de conservación “Gallocunca”, Sector Baltimore, Distrito Tambopata, Madre de Dios – Perú.
- Estimar la biomasa de árboles grandes del bosque con paca de terrazas altas de la concesión de conservación “Gallocunca”, Sector Baltimore, Distrito Tambopata, Madre de Dios – Perú.
- Estimar la biomasa de árboles pequeños del bosque con paca de terrazas altas de la concesión de conservación “Gallocunca”, Sector Baltimore, Distrito Tambopata, Madre de Dios – Perú.
- Estimar la biomasa herbácea del bosque con paca de terrazas altas de la concesión de conservación “Gallocunca”, Sector Baltimore, Distrito Tambopata, Madre de Dios – Perú.
- Estimar la biomasa aérea del bosque con paca de terrazas altas de la concesión de conservación “Gallocunca”, Sector Baltimore, Distrito Tambopata, Madre de Dios – Perú.
- Estimar el stock de carbono aéreo del bosque con paca de terrazas altas de la concesión de conservación “Gallocunca”, Sector Baltimore, Distrito Tambopata, Madre de Dios – Perú.
- Estimar la cantidad de carbono equivalente (CO₂-equi) del bosque con paca de terrazas altas de la concesión de conservación “Gallocunca”, Sector Baltimore, Distrito Tambopata, Madre de Dios – Perú.

FORMULACION DE LA HIPOTESIS

Hipótesis General

H₀: La cantidad de carbono equivalente estimado del bosque con paca de terrazas altas de la concesión de conservación “Gallocunca”, es inferior a 334 – 451 t CO₂-equi/ha. (Valores estimados para bosques con paca en la región Madre de Dios, por WINROCK, 2006a y AIDER, 2011).

H_i: La cantidad de carbono equivalente estimado del bosque con paca de terrazas altas de la concesión de conservación “Gallocunca”, es superior a 334 – 451 t CO₂-equi/ha. (Valores estimados para bosques con paca en la región Madre de Dios, por WINROCK, 2006a y AIDER, 2011).

Hipótesis Específicos

H₁₀: La biomasa aérea estimada del bosque con paca de terrazas altas de la concesión de conservación “Gallocunca”, es inferior a 200 – 300 t/ha. (Valores estimados para bosques primarios en la región Madre de Dios, por Saatchi *et al.* 2011; Anderson, 2012 y WHRC, 2012).

H_{1i}: La biomasa aérea estimada del bosque con paca de terrazas altas de la concesión de conservación “Gallocunca”, es superior a 200 – 300 t/ha. (Valores estimados para bosques primarios en la región Madre de Dios, por Saatchi *et al.* 2011; Anderson, 2012 y WHRC, 2012).

H₂₀: El stock de carbono aéreo estimado del bosque con paca de terrazas altas de la concesión de conservación “Gallocunca”, es inferior a 125 – 150 t C/ha. (Valores estimados para bosques primarios en la región Madre de Dios, por Asner *et al.* 2010; Saatchi *et al.* 2011 y WHRC, 2012).

H_{2i}: El stock de carbono aéreo estimado del bosque con paca de terrazas altas de la concesión de conservación “Gallocunca”, es superior a 125 – 150 t C/ha. (Valores estimados para bosques primarios en la región Madre de Dios, por Asner *et al.* 2010; Saatchi *et al.* 2011 y WHRC, 2012).

VARIABLES

Variable Independiente: Dasometría

N°	Indicador	Criterios	Definición operacional
1	DAP	< 2.5 cm	El diámetro a la altura del pecho es la medida de la circunferencia del árbol a una altura de 1.30 m de la base entre π (PI).
		2.5 - 10 cm	
		> 10 cm	
2	DAC	> 2.5 cm	El diámetro a la altura del cuello es la medida de la circunferencia de la base del tallo entre π (PI).
3	HT	> 5 m	Es la medida toma en el ápice del árbol, generalmente expresado en metros.
4	Densidad	g/cm ³	Está definida como la masa por unidad de volumen (tomado de los datos de densidad de madera de Zanne <i>et al.</i> 2009).

Fuente: Elaboración propia (2012).

Variable Dependiente: Cantidad de Carbono

N°	Indicador	Criterios	Definición operacional
1	Biomasa aérea	200 – 300 t/ha en la Amazonía Occidental (Oeste) 300 – 400 t/ha en la Amazonía Oriental (Este)	Compuesta por la biomasa de árboles grandes, biomasa de árboles pequeños y biomasa herbácea. Se expresa como la cantidad total de materia viva presente en un sistema biológico, generalmente se expresa en unidades de peso por superficie. (Valores estimados por Saatchi <i>et al.</i> 2011; Anderson, 2012 y WHRC, 2012).
2	Stock de carbono aéreo	100 – 150 t C/ha en la Amazonía Occidental (Oeste) 150 – 200 t C/ha en la Amazonía Oriental (Este)	Es la cantidad absoluta de carbono almacenado en la biomasa aérea en un momento determinado. (Valores estimados por Saatchi <i>et al.</i> 2011 y WHRC, 2012).
3	Carbono equivalente	≥ 334 t CO ₂ -equi/ha ≤ 451 t CO ₂ -equi/ha	Es la cantidad de dióxido de carbono (CO ₂) que evitaríamos en emitir a la atmosfera. (Valores estimados para bosques con paca en la región Madre de Dios, por WINROCK, 2006a y AIDER, 2011).

Fuente: Elaboración propia (2012).

CAPITULO I

MARCO TEORICO

1.1. Antecedentes

1.1.1. Antecedentes a nivel internacional

- Anderson (2012), analizó los patrones a gran escala de las propiedades de los ecosistemas forestales en la Amazonía en base a observaciones de campo y satélite; primero evaluó las propiedades forestales biofísicas que influyen directamente en la dinámica del carbono en la Amazonía (densidad de la madera, biomasa aérea, la altura del árbol, el tamaño de la corona y la productividad de la madera); segundo, evaluó los patrones fenológicos a escala macro y tercero, puso en discusión los estudios recientes derivados de los datos de teledetección. La revisión indica que los bosques de crecimiento lento de la Amazonía Central y Oriental (este), donde los suelos son más pobres, tienen significativamente biomasa encima del suelo (AGB) más alta y una mayor densidad de la madera, los árboles son más altos que en los rodales en el Noroeste y el Suroeste de la Amazonía. Sin embargo la productividad y el dinamismo del bosque, es mayor en la Amazonia occidental (oeste) que en los bosques centrales y orientales (este). Estudios recientes basados enteramente en datos de campo (Malhi *et al.* 2006) y un conjunto de datos de teledetección (Saatchi *et al.* 2007), sugieren una alta biomasa (300 - 400 t/ha) en el noreste de la Amazonía, en la zona central oeste del río Trombetas al oeste del río Negro; una menor biomasa (250 - 300 t/ha) en el principal canal del río Amazonas, y en las llanuras inundables de Igapó y Várzea y entre 200 - 300 t/ha en el Oeste y Sur de la Amazonía. A escala global, la AGB se ha estimado recientemente mediante el uso de una combinación de sensores remotos y datos de campo: los datos de altura de los bosques globales fueron medidos por el sistema de altímetro Láser Geociencias (GLAS), a bordo del Ice Cloud y el satélite terrestre de elevación (ICESat), el Spectroradiómetro de Imagen con Resolución Moderada (MODIS), la misión topográfica Radar Shuttle (SRTM) y el dispersómetro rápido (QSCAT) (Saatchi *et al.* 2011). La comparación de este AGB global con el mapa elaborado por (Saatchi *et al.* 2007) reveló en este nuevo conjunto de datos biomasa más bajas en la cuenca del Río Negro, región

central, y una mayor biomasa en la Amazonía oriental (este). La Amazonía occidental es una región que presenta una menor biomasa seguidas por las regiones centrales (Malhi *et al.* 2006; Baker *et al.* 2004a; Baker *et al.* 2004b y Anderson *et al.* 2009) y se podría hipotetizar que los bosques de bambú, presentes en esta región, podría tener efectos sobre las mediciones Lidar. Se sugiere que para mejorar la comprensión de los patrones a gran escala en los bosques amazónicos, considerar imprescindibles análisis integrados que combinen las nuevas tecnologías en teledetección y datos de campo ecológicos a largo plazo.

- WHRC (2012), analizó el almacenamiento de carbono en la vegetación tropical del mundo: Presentando un nuevo mapa para ayudar a países en vías de desarrollo a rastrear la deforestación. La vegetación tropical del mundo contiene alrededor de 21% más de carbono que en estudios anteriores. Usando una combinación de sensores remotos y datos de campo, los científicos del Centro de Investigación Woods Hole (WHRC), de la Universidad de Boston y la Universidad de Maryland fueron capaces de producir el primer mapa "de pared a pared" (con una resolución espacial de 500x500 m) de almacenamiento de carbono de los bosques, matorrales y sabanas en los trópicos de África, Asia y América del Sur. Los científicos estiman que los bosques tropicales en América almacenan cerca de 118 mil millones de toneladas de carbono, un quinto más que lo indicado por los resultados anteriores. El resultado es un mapa de densidad de carbono en los trópicos con un nivel de consistencia y exactitud nunca antes alcanzado en mediciones globales ¿donde el carbono se acumula? y ¿donde se está perdiendo? "El trabajo es importante por dos razones," dijo el co-autor y científico Richard A. Houghton. "En primer lugar, proporciona un mapa de alta resolución de la densidad de la biomasa encima del suelo o aérea de los bosques tropicales del mundo". Mapas anteriores eran de mucha menor resolución y produjeron burdas estimaciones muy diferentes tanto en regionales totales y la distribución espacial. "En segundo lugar, el documento calcula una nueva estimación de emisiones de carbono a partir del cambio del uso de la tierra en los trópicos". Según el mapa de densidad de carbono elaborado por WHRC (2012) se observa que la vegetación del bosque del departamento de Madre de Dios, Perú presenta un rango de 100 a 150 t C/ha.

- Arango & Camargo (2011), estimaron el potencial de almacenamiento de carbono en Bosques de Bambú (*Guadua angustifolia*) localizados en la región del Eje Cafetero de Colombia, entre los 900 y los 2000 msnm. Evaluaron la factibilidad de incluir las plantaciones en esquemas de mercado voluntario y los bosques naturales en la iniciativa REDD+ con el propósito de definir oportunidades para acceder a incentivos relacionados con la mitigación del cambio climático. Se encontró que, en promedio, los bosques de bambú almacenan hasta 126 ± 4 t C/ha, lo que significa una buena posibilidad de aplicación de la iniciativa REDD+. No obstante, para alguno de los requerimientos evaluados se debe generar información más precisa que permita ajustarse a la iniciativa. En cuanto a los mercados voluntarios de carbono se encontró que, a pesar de que los criterios de elegibilidad pueden alcanzarse en las plantaciones evaluadas, es necesario profundizar en algunos aspectos específicos como dinámica, monitoreo y posibilidades en comparación con otros tipos de coberturas boscosas, ya que si bien los guaduales son ecosistemas boscosos, las especies de bambú no son árboles y, por lo tanto, se comportan de manera distinta.
- Saatchi *et al.* (2011), determinaron un mapa de referencia de stock de carbono forestal en las regiones tropicales de tres continentes sobre 2,5 millones de hectáreas, abarcando todos los bosques tropicales, para la década de 2000, que será muy valiosa para la evaluación de la reducción de emisiones por deforestación y degradación (REDD), tanto en los proyectos y las escalas nacionales. Se ha estimado el stock total de carbono en la biomasa viva (por encima y por debajo del suelo), utilizando una combinación de los datos de 4079 parcelas de inventario in situ y la detección por satélite y láser (LIDAR) y muestras de la estructura del bosque para estimar el almacenamiento de carbono, además de imágenes ópticas y de microondas (resolución de 1 km) para extrapolar sobre el paisaje. La biomasa del stock total de carbono de los bosques en la región de estudio se estima en 247 Gt C, con 193 Gt de carbono almacenado encima del suelo y 54 Gt C almacenado en las raíces. Los bosques en América Latina, África subsahariana y el sudeste asiático representaron el 49%, 25% y el 26% de la superficie total, respectivamente. Mediante el análisis

de los errores propagados a través del proceso de estimación, la incertidumbre a nivel de píxel (100 ha) fue de $\pm 6\%$ a $\pm 53\%$, pero se vió limitada en el proyecto típico (10.000 ha) y nacionales (más de 1.000.000 ha) en las escalas de $\pm 5\%$ y aprox. $\pm 1\%$, respectivamente. El mapa muestra los patrones regionales de referencia y proporciona estimaciones comparables metodológicamente de las reservas de carbono para 75 países en desarrollo que en las evaluaciones anteriores eran pobres o incompletos. Según el mapa de biomasa encima del suelo (AGB) y el stock de carbono total elaborado por Saatchi *et al.* (2011), registra para Perú 320 t/ha de biomasa total; 160 t C/ha stock de carbono total, sin embargo para el departamento de Madre de Dios reporta valores de AGB en 250 – 300 t/ha y el stock de carbono en 125 – 150 t C/ha:

- Selaya (2011), estimó el contenido de carbono en la biomasa encima del suelo, carbono del suelo, hojarasca y vegetación herbácea en los bosques de la localidad de Cobija, departamento de Pando, Bolivia, en parcelas permanentes de monitoreo (PPM) y transectos (T). Se instalaron 2 PPM de 1 ha en el Centro de Investigación e Interpretación de la Biodiversidad (CIIB), en el predio San Silvestre respectivamente y 3 transectos botánicos de 0.05 ha en un predio castañero. Se estimó la biomasa y el carbono mediante la ecuación alométrica de Chave *et al.* (2005) que incluye diámetro y densidad de madera aplicada a bosques húmedos. El contenido reportado de carbono en la biomasa encima del suelo, suelo, herbáceas y hojarasca en la PPM-CIIB fue 161 t C/ha, 3 t C/ha, 0.48 t C/ha, 3.1 t C/ha; PPM-SS 183 t C/ha, 3 t C/ha, 0.31 t C/ha, 4.75 t C/ha; T-SS3 231 t C/ha, 2 t C/ha, 0.52 t C/ha, 6.6 t C/ha; T-SS4 184 t C/ha, 2 t C/ha, 0.67 t C/ha, 3.22 t C/ha y Bosque secundario 116 t C/ha, 2 t C/ha, 0.48 t C/ha, 2.15 t C/ha respectivamente. El contenido de carbono estimado en promedio es de 182 t C/ha, los resultados muestran que más del 90% del carbono está almacenado en la biomasa aérea y el resto en el suelo y la hojarasca. Los valores estimados se encuentran en el rango para la región (IBIF, 2009). Estudios de este tipo son importantes para determinar políticas de valoración de los servicios ambientales de los bosques de la región.
- Yepes *et al.* (2011), estimaron las reservas y pérdidas de carbono por deforestación en los bosques del departamento de Antioquia, Colombia, en un

gradiente altitudinal de 8 a 2800 msnm. Para estimar la biomasa aérea (BA) se empleó información de dasometría (diámetro a la altura de pecho (DAP), altura, densidad entre otros) provenientes de 16 parcelas permanentes de 1 ha, donde se midió la vegetación leñosa con $DAP \geq 10$ cm. Se cuantificó la deforestación a nivel departamental usando imágenes de sensores remotos MODIS para el período 2000-2007. Los resultados evidencian que la BA y los contenidos de carbono en los bosques naturales de Antioquia, presentan una relación inversa con la altitud (Aiba & Kitayama 1999, Richards 1996 y Wang *et al.* 2006). La BA promedio fue 244 ± 63 t/ha y la tasa de deforestación en el período 2000-2007 fue 25.279 ha/año. Durante este período se perdieron en total 176.950 has de bosque natural, con las cuales se emitieron potencialmente a la atmósfera 7 916 129 Gg CO₂. En Antioquia, posiblemente, problemáticas como la deforestación, pueden llegar a destruir considerablemente estos ecosistemas, ocasionando la pérdida de servicios ecosistémicos importantes como el almacenamiento de carbono.

- Pizzurno (2010), estimó de manera preliminar el stock de carbono en diferentes tipos de bosques en el Parque Nacional Caazapá (PNC), departamento de Caazapá, región Oriental del Paraguay. El PNC presenta tres tipos de bosques: Bosque Abierto Semidecídulo Subhúmedo (BASSH), Bosque Denso Semidecídulo Estacionalmente Saturado (BDSSES) y Bosque de Galería (BG). Se establecieron dos parcelas permanentes rectangulares por cada tipo de bosque (6 en total), la cual se denominaron de estrato I, II y III. El diseño de parcelas fue anidada con dimensiones 20x50 m (0.1 ha) para individuos con $DAP \geq 20$ cm, 17x35 m para individuos con $5 \leq DAP < 20$ cm y 2x2 m para individuos con $DAP < 5$ cm, se tomaron en cuenta los reservorios de biomasa aérea (BA), biomasa subterránea (BS) y biomasa total (BT). Para estimar la biomasa se utilizó el factor de expansión de volumen (FEV) y luego el factor de expansión de biomasa (FEB) de Brown (1997). Reportándose la biomasa total para el estrato I en 390.4 t/ha (BA 314.8 y BS 75.6), para el estrato II en 302.6 t/ha (BA 244 y BS 58.6) y para el estrato III en 367.85 t/ha (BA 248.55 y BS 119.3). Se estimó que el carbono almacenado en la biomasa total, en promedio fue de 195.2 t C/ha para el estrato I, de 151.3 t C/ha para el estrato II y de 308.15 t C/ha para el estrato III, que convertido a dióxido de carbono equivalente presenta valores

de 715.79 t CO₂-equi/ha, 554.45 t CO₂-equi/ha y 1129.98 t CO₂-equi/ha por cada estrato respectivamente.

- Quinto (2010), estimó la biomasa aérea (BA) y la dinámica en el tiempo en un Bosque Pluvial Tropical del Chocó, Salero, Colombia, en dos subparcelas permanentes de monitoreo (E y U). La BA se cuantificó mediante ecuaciones alométricas diseñadas para bosques húmedos tropicales, a partir de datos de densidad de madera, diámetro (DAP) y altura de árboles (H) medidos en E y U, ambas de 1 hectárea, las cuales se monitorearon en los años 1998, 2005 y 2008. La BA fue 237.31 t/ha, 259.99 t/ha y 217.7 t/ha respectivamente en la subparcela E, mientras que en la subparcela U fue de 178.94 t/ha y 179.17 t/ha en los años 2005 y 2008; las diferencias de BA a través del tiempo no fueron significativas. Los incrementos promedios anuales de BA de sobrevivientes fueron 3.57 y 3.18 t/ha año en las subparcelas E y U respectivamente. Además, en la subparcela E en condiciones imperturbadas, se presentó una tasa de incremento neto de la BA (TINBA) de 2.61 t/ha/año, en concordancia con la hipótesis que plantea que los bosques tropicales están aumentando su BA. La productividad primaria neta aérea (PPNA) de Salero fue de 5.21 t C/ha/año, similar a la reportada en otros bosques tropicales con menor precipitación; por lo tanto los resultados no apoyaron la hipótesis de disminución en la PPNA con el incremento en la precipitación.
- La FUNDACIÓN NATURA (2009), estimó la cantidad de carbono almacenado en la biomasa de los biotipos (arbóreos, arbustivos y herbáceos), necromasa (hojarasca, ramas y otros) y el suelo (25 cm de profundidad) en las formaciones vegetales de la Cordillera del Cóndor, Ecuador. Se establecieron parcelas al azar, en el Bosque Piemontano “BPM” (n= 21 arbóreo, 22 arbusto, 22 herbácea - necromasa, 23 suelo), en el Bosque Montano Bajo “BMB” (n= 14 arbóreo, 12 arbusto, 12 herbácea - necromasa, 16 suelo) y en el Bosque Montano “BM” (n= 3 arbusto, 3 herbácea - necromasa, 3 suelo). Se evaluó la biomasa de diferentes biotipos en parcelas rectangulares anidadas: el arbóreo en parcelas de 0.05 ha (10x50 m), se evaluó individuos con DAP \geq 10 cm; arbustos en subparcelas de 0.0025 ha (5x5 m) donde se subdividió en 1x1 m, aquí se colectó todo el material arbustivo, se tomó una muestra, el herbáceo - necromasa dentro de la

parcela de 0.05 ha, en una subparcela de 0.0001 ha (1x1 m) aquí también se colectó y tomó una muestra, el suelo se evaluó a 25 cm de profundidad. La biomasa se estimó mediante la ecuación alométrica de Brown *et al.* (1989) y de contenido humedad. Reportándose la biomasa total en BPM 466 t/ha (biomasa arbórea 199.4, biomasa arbustiva 38.4, biomasa herbácea 1, necromasa 6.4 y suelo 220.8), en BMB 383.3 t/ha (biomasa arbórea 43.7, biomasa arbustiva 33.9, biomasa herbácea 1.7, necromasa 3.7 y suelo 300.3) y en BM 360 t/ha (biomasa arbustiva 61.1, biomasa herbácea 2.6, necromasa 14.1 y suelo 282.2). En el BPM se estimó el carbono almacenado en la biomasa de los reservorios en promedio fue de 233.053 t C/ha ó 854.5 t CO₂-equi/ha, en el BMB se estimó el carbono almacenado en promedio fue de 191.813 t C/ha ó 703.3 t CO₂-equi /ha; y para el BM, se estimó el carbono almacenado en promedio fue de 180.122 t C/ha que representan 660.4 t CO₂-equi /ha. En los tres tipos de formaciones vegetales se estima que en promedio se tendría 201.662 t C/ha equivalente a 218.3 t CO₂-equi /ha.

- Boina (2008), desarrolló un estudio de cuantificación del stock de biomasa y carbono, en un Bosque Estacional Semidecíduo del Municipio de Ipaba, Área de Conservación de la Empresa CENIBRA, región del alto y medio río Doce, márgenes de la laguna Silvana, Estado de Minas Gerais, Brasil. El área de estudio tiene una extensión de 302 has, la cual se dividió una en 272 has denominada Mata 1 y otra en 30 has denominada Mata 2. En el año 2002 se establecieron 22 parcelas permanentes de 0.05 ha (10x50 m) de forma sistemática (16 en Mata 1; 6 en Mata 2) y se remidieron en el año 2007, en ellas se evaluó individuos con DAP \geq 5 cm. El stock de biomasa total de la parte arbórea (TBA) en los años de 2002 y 2007 mostró una ligera variación: en la Mata 1 (69.18 a 73.39 t/ha) y en Mata 2 (138.90 a 152.35 t/ha). Por consiguiente el promedio del stock de carbono fue de; para Mata 1 (34.59 a 36.70 t C/ha) y para Mata 2 (69.45 a 76.17 t C/ha). En la Mata 1 y la Mata 2 respectivamente las especies *Xylopia sericea* y *Pseudopiptadenia contorta* fueron las que más contribuyeron en los incrementos de stocks entre los años 2002 a 2007.
- Chave *et al.* (2008), estimaron la biomasa encima del suelo (AGB) y productividad primaria neta (PPN) en un Bosque Lluvioso Oriental de

Sudamérica, en la Estación de Campo Nouragues, Guyana Francesa Central. Se evaluaron en 2 parcelas: el Grand Plateau (GP) de 10 has y el Petit Plateau (PP) de 12 has, establecidas y evaluadas ambas en 1992–1994 (censo 1), luego en 2000–2002 (censo 2). Se censaron individuos (árboles y lianas) con DAP \geq 10 cm, reportando la cantidad de 12630 individuos, densidad de tallos en 512 por ha, área basal en 30 m²/ha, la AGB en GP (365.7 a 366.2 t/ha) y PP (380.8 a 403 t/ha). El total estimado de PPN fue de 8.81 t C/ha/año, la productividad de madera muerta contribuye en 4.16 t C/ha/año. La caída de residuos pequeños contribuye a 4.65 t C/ha/año con 3.16 t C/ha/año en las hojas, 1.10 t C/ha/año para ramas, y 0.39 t C/ha/año para frutos y flores. El incremento en AGB para árboles y lianas coincide con la hipótesis de que el cambio en el funcionamiento de los bosques lluviosos amazónicos se debe a cambios ambientales, por lo que se sugirió observar la disminución de la densidad de tallos.

- Paredes (2008), evaluó individuos con DAP \geq 10 cm en una parcela de 1 ha (100x100 m), a través de una gradiente altitudinal de 850 (fondo de valle), 935 (ladera) y 1050 (cima) msnm de un Bosque Semidecíduo Andino del valle del río San Juan, Parque Nacional Madidi. Se estimó la biomasa arbórea con fórmulas alométricas registrando en 295.11 t/ha para fondo de valle, 293.10 t/ha para ladera y 270.04 t/ha para cima. Los resultados obtenidos de la biomasa arbórea sugieren que el bosque de San Juan del Parque Nacional Madidi sea considerado como sumidero de carbono potencial.
- Villegas *et al.* (2008), estimaron la biomasa aérea y su dinámica en los bosques de las tierras bajas de Bolivia que están bajo aprovechamiento de madera, se monitoreó durante cuatro años 320 has en el Bosque Subhúmedo y 160 has en el Bosque Seco. La biomasa aérea se estimó mediante regresiones alométricas de diámetro, altura y densidad específica. Los resultados demostraron que no hay diferencia significativa entre cantidades de biomasa fijadas entre ambos tipos de bosques, con promedios de 160 y 170 t/ha. La tendencia es que a mayor intensidad de aprovechamiento menor cantidad de biomasa remanente permanece en ambos tipos de bosque, se discute si las áreas de producción forestal maderera pueden tener un importante rol en el dinamismo de fijación de carbono de los bosques tropicales.



- Sierra *et al.* (2007), estimaron las reservas totales de carbono en un paisaje de Bosque Tropical de la región de Porce, Colombia. En un paisaje heterogéneo compuesto por bosque primario (BP) y bosque secundario (BS), donde se estimaron la biomasa aérea (BA), la biomasa subterránea (BR), necromasa (N), y los suelos (S), en total se utilizaron 110 parcelas permanentes (PP) para estimar reservas totales de carbono, en tanto que para evaluar la BA se establecieron 33 PP de 0.1 ha (20x50 m) en BP y 77 PP de 0.05 ha (20x25 m) en BS. Todos los individuos (árboles, lianas y palmeras) con $DAP \geq 10$ cm y plantas con $DAP \geq 5$ cm fueron medidos en parcelas de BS y BP respectivamente. Sin embargo las plantas con $DAP \geq 1$ cm se midieron en subparcelas (10x10 m en BP y 5x5 m en BS) dentro de cada parcela. En cada parcela, seis subparcelas de 1x1 m se establecieron para colectar toda la vegetación herbácea y no leñosa < 1 cm de DAP y toda la hojarasca fina que se halle, para después llevarlo al laboratorio y determinar su peso seco. La N que constituye los restos de madera muerta (con diámetro > 2 cm) se midieron en una subparcela de 5x5 m para BP y en una subparcela de 10x10 m para BS. La BR, de raíces finas (con diámetro ≤ 5 mm) se muestreó utilizando los núcleos del suelo (7 cm diámetro, 15 cm de largo) debajo hasta los 30 cm de profundidad. El carbono en el suelo se evaluó en hoyos de 80x120x430 cm y cuatro muestras de suelo por hoyo fueron tomados a 5, 10, 20, 30, 50, 75, 100, 150, 200, 250, 350, y 400 cm de profundidad. Ecuaciones locales de biomasa fueron desarrolladas y se utilizó para estimar la BA y la BR, de raíces gruesas para cada parcela. En los BP, el promedio de las reservas totales de carbono (TCS) se estimó en 383.7 ± 55.5 t C/ha (\pm DE). De esta cantidad, el carbono orgánico del suelo (4m de profundidad) representó el 59%, la BA el 29%, la BR el 10%, y la N el 2%. En los BS, TCS fue 228.2 ± 13.1 t C/ha, el carbono orgánico del suelo representó el 84% de esta cantidad, la BA representó sólo el 9%, la BR el 5%, y la N el 2% de TCS. El Método de Monte Carlo se utilizó para evaluar la incertidumbre de las mediciones de biomasa y la variación espacial. De la incertidumbre total de las estimaciones de TCS, la variación asociada con la variación espacial de los depósitos de Carbono entre las parcelas fue superior a los errores de medición dentro de las parcelas. De este estudio se concluye que la estimación de la BA subestima en gran parte las reservas totales de carbono en los ecosistemas forestales.

- Araujo *et al.* (2006), evaluaron individuos (árboles y lianas) con $DAP \geq 10$ cm en dos áreas de investigación, cada una compuesta por dos parcelas permanentes de medición, una en un Bosque Húmedo Siempre Verde (BHSV) y la otra en un Bosque Seco Semidecíduo (BSS) en el Parque Nacional Noel Kempff Mercado, Santa Cruz, Bolivia. La biomasa y el carbono almacenado se estimó a través de funciones matemáticas que tienen como variable independiente al área basal, con los que se estimó que el BHSV almacena 260.6 t/ha de biomasa en la parte aérea y 62.2 t/ha de biomasa en el suelo, el BHSV incorpora 3.43 t/ha/año de biomasa con 1.65 t C/ha/año. Se estimó que el BSS almacena 207.85 t/ha de biomasa en la parte aérea y 52 t/ha de biomasa en el suelo. El BSS incorpora 0.91 t/ha/año de biomasa con 0.44 t C/ha/año, lo cual demostraría que el BHSV y BSS son sumideros de carbono.
- Malhi *et al.* (2006), evaluaron la variación regional de la biomasa viva encima del suelo (AGLB) o aérea en Bosques Primarios Amazónicos de Tierras Firmes de América del Sur, basados en datos de 227 parcelas de campo del proyecto RAINFOR (Malhi *et al.* 2002, www.geog.leeds.ac.uk/projects/rainfor) distribuidas a lo largo de la amazonia (muchas no publicadas), donde se midieron árboles con $DAP \geq 10$ cm. La biomasa forestal se analizó en función de dos factores no correlacionados: área basal y media densidad de la madera. El área basal se ve fuertemente afectada por factores del paisaje local, pero es relativamente invariante a escala regional en los bosques tropicales húmedos, y disminuye de manera significativa en la periferia de la zona seca del bosque. La media de densidad de la madera está correlacionada inversamente con la dinámica del bosque, siendo baja la dinámica en los bosques de la Amazonia Oriental (este) y alto en los bosques de la Amazonia Occidental (oeste). La combinación de estos dos factores resulta en que la biomasa sea el más alto en los moderadamente bosques estacionales, bosques de crecimiento lento de la Amazonia central y las Guayanas (hasta 350 t/ha) y disminuye de 200 a 250 t/ha en los márgenes occidentales, meridionales y orientales. Según RAINFOR (datos no publicados), Terborgh *et al.* (datos no publicados), Pitman *et al.* (2001) en 15 parcelas de una hectárea registraron valores en promedio de biomasa aérea de 277.21 t/ha en Bosques de Terraza Alta y Baja para la provincia de Tambopata, Madre de Dios, Perú. En general, se estima la biomasa

aérea total de la selva amazónica intacta (área $576 \times 10^6 \text{ km}^2$ en 2000) a ser $93 \pm 23 \text{ Pg C}$, teniendo en cuenta las lianas y árboles pequeños. Incluida la biomasa muerta y la biomasa subterránea se aumenta este valor en aproximadamente un 10% y 21%, respectivamente, pero la variación espacial de estos términos adicionales todavía tiene que ser cuantificada.

- WINROCK (2006b), estimó el almacenamiento terrestre de carbono en la Península de Osa, Punta Arenas, Costa Rica. La reserva de Osa tiene un área de 120 000 has, dominados por Bosques Tropicales de Tierras Bajas (BTB), Arbustos Tropicales de Tierras Bajas (ATB) y Bosques Tropicales de Montaña Baja (BTM), con altitudes que varían de 100 a 350 msnm. El estudio incluyó dos elementos principales: la evaluación basada en imágenes aéreas de biomasa leñosa sobre el suelo y un inventario de campo de biomasa forestal. El inventario de muestreo fue estratificado los cuales se distribuyeron por los tipos de bosques: BTB (n=32), ATB (n=6) y BTM (n=2). Se evaluó la biomasa aérea en parcelas circulares anidadas, con radios de 20 m (individuos de árboles y palmeras con $\text{DAP} \geq 20 \text{ cm}$ fueron medidos), radios de 4 m (individuos de árboles con $5 \leq \text{DAP} < 20 \text{ cm}$ fueron medidos) y radios de 1 m (fueron medidos todos los árboles con $\text{DAP} \leq 5 \text{ cm}$, hasta 1.3 m de altura). La biomasa de la hojarasca se evaluó cada 5 parcelas, usando un recuadro de muestreo de $20 \times 20 \text{ cm}$. La biomasa se estimó con fórmulas alométricas definidas para la Amazonía. El contenido de carbono sobre el suelo (aérea y hojarasca) osciló entre 260 t C/ha en el BTB, 199 t C/ha en el ATB y 267 t C/ha en el BTM. El BTB constituye la mayor reserva con 1 680 640 t C, ya que domina el área (97% del área de estudio). El Área de Conservación Osa contiene reservas de 1 736 000 t C o aproximadamente 6 370 000 t CO_2 -equi en la biomasa por encima del suelo, incluyendo la regeneración.
- Sarmiento *et al.* (2005), analizaron la variabilidad de la biomasa en Selvas Tropicales Americanas de baja latitud, en base a los datos disponibles para bosques maduros en América tropical (Bosques de Tierra Firme), considerando tanto estimados de biomasa aérea de árboles vivos (LTAB) como de biomasa aérea total (TAGB), así como algunos datos de biomasa subterránea en diferentes regiones. En primer lugar se toma en cuenta las limitaciones

metodológicas que surgen del diseño y la intensidad de muestreo, del tamaño de la unidad de muestreo, y de las ecuaciones alométricas que se utilizan para calcular la biomasa a partir de los datos de campo. Los estimados conocidos indican que la LTAB en parcelas de 0.25 a 1 ha cubren un rango de 167 a 419 t/ha, los de TAGB de 160 a 435 t/ha, mientras que con parcelas menores los valores extremos son 115 y 864 t/ha. La contribución a la biomasa aérea de palmas y lianas también muestra grandes diferencias entre sitios. Igualmente, la representación de árboles pequeños, medianos y grandes en la biomasa aérea total representan entre el 80% al 90%, difiere ampliamente a lo largo de estas selvas. La distribución de la biomasa aérea entre diferentes estructuras contribuye asimismo a la riqueza y variedad de estos ecosistemas. Las cantidades y los patrones de variación vertical de la biomasa radical son aún menos conocidos, de modo que con los pocos datos disponibles se dificulta incluso señalar tendencias generales. Estos datos indican que la biomasa subterránea alcanza alrededor del 20% de la biomasa aérea. Las conclusiones enfatizan la gran variabilidad en características estructurales de las selvas americanas. Aparte de la variación debida a diferentes procedimientos metodológicos, existe una variación real en biomasa entre selvas maduras, evidente a diferentes escalas espaciales, desde la parcela hasta el conjunto del bioma. En 59 localidades amazónicas la LTAB de árboles ≥ 10 cm de DAP se ha incrementado en 1.22 ± 0.43 t/ha/año (Baker *et al.* 2004). La cuestión es que la biomasa representa sin duda una propiedad del ecosistema dinámico, en continuo cambio. Precisamente por su naturaleza dinámica, cuando los patrones de variabilidad, tanto espacial como temporal, en todas las escalas de análisis, se evaluaron adecuadamente, representaría un valioso indicador del funcionamiento de los ecosistemas.

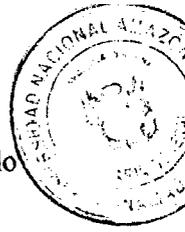
- Chave *et al.* (2003), estimaron el contenido de biomasa encima del suelo (AGB) y el incremento en un Bosque Húmedo Tropical en la Isla de Barro Colorado, Panamá a través de una variación temporal. En un área de 50 has (los datos se colectaron cada 5 años de 1985 a 2000) donde se midieron árboles con $DAP \geq 1$ cm. La biomasa se estimó con formulas alométricas registrando para el bosque de Barro Colorado en 281 ± 20 t/ha de AGB, incluido lianas. El nivel de incremento AGB (crecimiento más reclutamiento) fue el más alto en el periodo

1985–90 (7.05 ± 0.32 t/ha/año) y el más bajo en el periodo 1990–95 (5.25 ± 0.26 t/ha/año), mientras que la pérdida de AGB fue similar durante 3 intervalos (en promedio 5.43 ± 0.72 t/ha/año). Las ramas caídas y la rotura parcial de tallos influyen significativamente en los cambios en la AGB. Ello contribuye en promedio 0.46 t/ha/año a la pérdida de AGB. Sobre el 5% incremento de AGB fue para árboles menores a 10 cm de diámetro.

- Higuchi *et al.* (2003), analizaron la dinámica y el balance de carbono en un Bosque Primario del municipio de Manaus, Brasil, en el periodo de 1986 a 2000 (12 mediciones), en cuanto a los aspectos de reclutamiento, mortalidad y crecimiento. En un experimento de manejo forestal del INPA con diseño experimental de 3x6x4 (bloque x tratamiento x repetición) que cubren 72 has, descrito por Higuchi *et al.* (1985). Sin embargo se monitoreó 3 parcelas permanentes (parcelas testigos) cada uno de 1 ha ubicadas en el centro de los bloques, donde los individuos arbóreos con $DAP \geq 10$ cm son medidos anualmente. La dinámica de carbono de la parcela testigo, en el periodo de 1986 a 2000 fluctuó en el rango de 156 a 172 t C/ha/año. Durante el periodo de 1986 a 2000, el fenómeno El Niño (sequía anormal de una región) ocurrió en 2 ocasiones, en 1992-93 y 1997-98, siendo que el último fue seguido de La Niña (lluvia anormal de una región), en 1999. Debido a esos fenómenos, las tasas de reclutamiento y mortalidad fueron iguales, 0.7 %, durante el periodo observado. En tanto, la acumulación (fijación por árbol) de carbono, fue de 16 toneladas, dando un incremento periódico anual significativo ($p = 0,039$), en torno a 1.2 t/ha/año. Utilizando las estimaciones de estos parámetros, es posible entender el balance de carbono de la vegetación primaria y saber si un bosque, en estas condiciones, está funcionando como fuente o sumidero de carbono.
- Arreaga (2002), estimó la biomasa y el contenido de carbono en el reservorio de biomasa aérea total “BAT” (brinzal, latizal y fustal), hojarasca “HO” y suelo “S” en bosques con manejo forestal sostenible en la Reserva de Biosfera Maya, Petén, Guatemala, en las unidades de manejo de Río Chanchich (Rch) y Uaxactun (Uax). Para estimar reservas totales de carbono se utilizaron en total 18 parcelas permanentes, con diseño anidado de 0.025 ha (10x25 m). Para estimar la BAT se establecieron subparcelas: Brinzales 2x2 m (2 unidades)

dónde se midió individuos con $DAP \leq 1.5$ cm y 1.5 de altura, Latizales bajos 5x5 m (2 unidades) dónde se midió individuos con $1.5 \leq DAP < 5$ cm, Latizales altos 10x10 m (1 unidad) dónde se midió individuos con $5 \leq DAP < 10$ cm y Fustales 10x25 m (1 unidad) dónde se midió todos los individuos con $DAP \geq 10$ cm. Para estimar la biomasa de HO se evaluó en suparcelas de 0.5x0.5 m (3 unidades) y también el S (a 2 profundidades, a 0-30 y 30-60 cm). Paralelamente se utilizó técnicas destructivas e indirectas para estimar la biomasa, también la fracción de carbono y el factor de expansión de biomasa. Se generaron modelos alométricos para estimar la BAT, todos los modelos fueron de tipo logarítmico y se ajustan con una precisión aceptable a los datos reales de biomasa. Con la aplicación de estos modelos se estimó 209.34 t/ha (104.67 t C/ha) para la BAT, 3.4 t/ha (1.7 t C/ha) para la HO, 213 t/ha (106.5 t C/ha) en los 0-30 cm del S y 48.86 t/ha (24.43 t C/ha) en los 30-60 cm del S en la unidad de manejo del Rio Chanchich. Se estimó 101.4 t/ha (50.7 t C/ha) para la BAT, 4.1 t/ha (2.05 t C/ha) para la HO, no se reportó biomasa en los 0-30, 30-60 cm del S en la unidad de manejo del Uaxactun. Las unidades de manejo de Rio Chanchich han recuperado en mejor forma los contenidos de carbono en la vegetación de clases diamétricas inferiores, hojarasca y suelo en áreas impactadas de claros de tumba y vías de arrastre. Sin embargo, se requiere incluir la variable tiempo para concluir en forma más precisa.

- Dauber *et al.* (2002), estimaron la biomasa y el carbono en Bosques Naturales de Bolivia, donde se evaluó individuos con $DAP \geq 10$ cm en Bosques Naturales de cuatro ecorregiones bolivianas: Amazonía, Pre Andino-amazónico, Transición Chiquitano-amazónica y Chiquitanía. Se utilizarón datos de 600 000 árboles obtenidos en 74 inventarios forestales y la ecuación más exigente desarrollada por Brown *et al.* (1989), que requiere DAP, altura total y densidad básica como variables independientes. Los valores de biomasa aérea total varían entre promedios de 97 t/ha en la ecorregión de Transición chiquitano-amazónica hasta 171 t/ha en la Amazonía. En consecuencia la variación del carbono almacenado es de 49 a 86 t C/ha respectivamente. Habiendo realizado ajustes de curvas de altura con datos locales, se alerta la ocurrencia de sobrestimaciones de biomasa al utilizar funciones de altura derivadas de otras zonas tropicales. Otros



resultados logrados son los factores de expansión de volumen y de biomasa, lo que permitirá el uso más amplio de datos de inventarios convencionales.

- Herrera (2002), estimó la biomasa de la vegetación herbácea y leñosa pequeña (VH&LP) y necromasa en bosques primarios (BP) y bosque secundarios (BS) del área de influencia de la Central Hidroeléctrica Porce II, Antioquia, Colombia. En 103 parcelas permanentes, 33 en BP de (20x50 m) 0.1 ha y 70 en BS de (25x25 m) 0.0625 ha, se evaluó individuos (árboles, palmas y lianas) con $DAP \geq 10$ cm. La VH&LP y la necromasa se evaluaron en parcelas de 10x10 m del BP y en parcelas de 5x5 m del BS individuos con $DAP \geq 1$ cm. Se cuantificó el aporte de la VH&LP y el aporte de detritos vegetales o necromasa (hojarasca fina -HF, detritos de madera gruesa -DMG y árboles muertos en pie -AMP). Se estimó la biomasa total (MT) en 244.886 t/ha (biomasa aérea 230.140, HF 6.028, DMG 6.068 y AMP 2.676 t/ha) para BP y 53.803 t/ha (biomasa aérea 46.491, HF 4.880, DMG 2.022 y AMP 1.410 t/ha) para BS. La biomasa de VH&LP en BP fue de 0.647 t/ha y representó 0.26% MT, la HF con 6.028 t/ha y los DMG con 6.068 t/ha aportan cada uno 2.5% de la MT, finalmente el aporte de AMP equivalió a 2.68 t/ha que representarán 1.08% de MT. En los BS se estimó que 0.919 t/ha de VH&LP equivalen a 1.71% de la MT, la HF el promedio fue 4.88 t/ha que represento 9.07% de la MT, en tanto que 2.02 t/ha en DMC y 0.41 t/ha en AMP representaron 3.76% y 0.76% de la MT, respectivamente. Se observa, como tendencia general, que la necromasa aumenta exponencialmente a medida que avanza el estado sucesional de los bosques de la zona. La vegetación herbácea y leñosa tiende a disminuir con el avance de la sucesión, siguiendo aproximadamente una función exponencial negativa.
- Nascimento & Laurance (2002), evaluaron la biomasa aérea total (TAGB) en Bosques Primarios Tropicales de la Amazonia Central, Manaus, Brasil (un estudio a escala de paisaje). Se estimó la TAGB con base detalladas de todo el material vegetal vivo y muerto, mediante las ecuaciones alométricas desarrolladas en este estudio, dentro de 201 has que abarcan un área de estudio (ca. 1000 km²). Los valores de TAGB en el área de estudio fueron muy altos, con un promedio 397.7 ±30 t/ha. El componente más importante de la biomasa forestal fueron árboles con $DAP \geq 10$ cm, los que comprenden el 81.9% de

TAGB, seguidos por los desechos de madera caído (7.0%), pequeños árboles, arbolitos y plantas de regeneración (<10 cm DAP; 5.3%), lianas (2.1%), basura (1.9%), ganchos (1.5%), y las palmeras sin tallo (0.3%). Entre los grandes árboles, la biomasa aérea fue mayor en los tallos de tamaño intermedio (20-50 cm DAP) (46.7% de TAGB), con árboles muy grandes (≥ 60 cm DAP) que también contiene la biomasa considerable (13.4% de TAGB). No hubo correlaciones significativas entre la biomasa de los árboles grandes y de cualquier componente de otros tipos de biomasa viva o muerta. Un análisis basado en la variabilidad de las muestras sugiere que sólo 3-4 parcelas de 1 ha, aleatoriamente colocadas serían suficientes para proporcionar una estimación razonable de TAGB media en un paisaje como el nuestro (con un 95% de intervalo de confianza de ser <10% de la media). Esto sugiere que los esfuerzos para cuantificar la biomasa forestal del Amazonas deben ser amplios y no intensivos, los investigadores deben probar muchas áreas geográficamente separadas, con unas pocas parcelas cada uno, en vez de muestrear un número pequeño de zonas con mayor intensidad.

- Chave *et al.* (2001), estimaron el contenido de biomasa en Tierras Bajas del Bosque Lluvioso de Guyana Francesa a través de una variación espacial y temporal, en dos estaciones de investigación permanentes: El Nouraguesy Pista Santa Elie. La biomasa se estimó con la ecuación alométrica de Brown (1997), en Nouragues, la biomasa se estimó en árboles con $DAP \geq 10$ cm en 2 parcelas en una superficie de 22 has, en promedio se obtuvo 309 ± 32 t/ha. La variabilidad espacial se evaluó también en Nouragues, para ello se estimó la biomasa de árboles con $DAP \geq 30$ cm sobre una superficie total de 82 has, obteniéndose en promedio 284 ± 55 t/ha (variabilidad espacial). La variabilidad temporal de biomasa se evaluó en Pista Santa Elie en 2 transectos (0.78 y 1 ha) sobre el cual todo los árboles con $DAP \geq 5$ cm se marcó y mapeó 2 veces en 10 años (1981y 1991). El transecto 1 muestra un ligero incremento en biomasa de 245 a 260 t/ha (338 a 345 t/ha para transecto 2), correspondiendo un incremento neto de 1.9 t/ha/año (0.7 t/ha/año), y el crecimiento de biomasa fue de 3.2 t/ha/año (2.8 t/ha/año). Este estudio sugiere que los bosques neotropicales tienen propiedades de almacenar carbono que merecen ser evaluadas con mucho cuidado y atención.

- Houghton *et al.* (2001), analizaron la distribución espacial de biomasa en Bosques de la Amazonía Brasileña y realizó una comparación de estimaciones. Por lo que se recolectaron mediciones de biomasa de diversos autores en 44 localidades amazónicas. Las áreas muestreadas variaron de 0.04 a 415 ha. Se plantearon 3 preguntas: primero, ¿los métodos producen estimaciones similares?, segundo ¿Los métodos producen similares patrones espaciales de distribución de biomasa? y tercero, ¿cuáles son los factores que necesitan más atención si se quiere predecir con mayor precisión la distribución de la biomasa forestal en grandes áreas? La respuesta a las dos primeras preguntas es que las estimaciones de la biomasa de los bosques amazónicos de Brasil (incluyendo la biomasa muerta y bajo tierra) varían en más de un factor de dos, de un mínimo de 39 Pg C a un máximo de 93 Pg C. Además, las estimaciones discrepan como las regiones de alta y baja biomasa. La falta de acuerdo entre las estimaciones confirma la necesidad de determinación confiable de biomasa aérea en grandes áreas. Los métodos potenciales incluyen mediciones directas de biomasa a través de inventarios de bosque con la mejora de las ecuaciones de regresión alométricas, modelación de la dinámica de recuperación del bosque siendo observados disturbios que sustituyen al lugar y la estimación de la biomasa aérea por vuelo o satélite, instrumentos sensibles a la estructura vertical de las copas de los árboles. Del presente estudio se desprende que la biomasa muerta representa en promedio 9% de la AGLB (rango $2 \pm 17\%$), y la biomasa subterránea en promedio 21% de AGLB (rango $13\% \pm 26\%$). Así la cantidad de AGLB es aproximadamente 70% de la biomasa total. La AGLB en Bosques Amazónicos varían de 95 a 413 t/ha (48 ± 206 t C/ha) en 41 localidades de tierra firme donde fueron medidos. Incluyendo componentes de biomasa muerta y subterránea producen en promedio 271 t/ha (136 t C/ha). Las áreas muestreadas varían de 0.04 a 415 ha.
- Orrego & Del Valle (2001), evaluaron el stock y las tasas de incremento neto de la biomasa y el carbono en bosques primarios (FP) y secundarios (FS) de Colombia. Para ello se estimaron las existencias de biomasa y del carbono almacenado en los siguientes compartimientos: biomasa aérea (BA), necromasa (N), biomasa subterránea (BS) y suelo (S), en 33 parcelas permanentes de 0.1 ha (10x100 m) para FP, 77 parcelas permanentes de 0.05 ha (10x50 m) para FS. La



biomasa aérea en los FP fue en promedio de 233.494 t/ha, representada en 91% por árboles y arbustos, 7.58% por palmeras, 1.16% por bejucos y sólo 0.26% por hierbas. Los FS tuvieron una biomasa aérea 5 veces inferior a los FP, 45.823 t/ha. En cuanto a la N alcanzó 14.772 t/ha en los FP y 7.312 t/ha en FS. La BS en los FP fue 56.381 t/ha, correspondiendo a las raíces finas 31.2% y 68.8% a las gruesas. En los FS la BS fue de 20.481 t/ha, representada en forma muy equitativa entre las raíces gruesas y las finas (47.7% y 52.3%, respectivamente). Para los primeros 30 cm de suelo se registraron 99.248 t/ha de carbono orgánico en los FP y una cifra similar para los FS (93.600 t/ha). Una segunda medición de todas las parcelas permitió estimar la tasa anual de incremento neto de la BA en 12.006 t/ha/año (5.373 t C/ha/año) en los FP, y 6.190 t/ha/año (2.770 t C/ha/año) en los FS. Las tasas anuales de incremento neto de las raíces equivalen a 1.816 t /ha/año (0.813 t C/ha/año) y 1.718 t /ha/año (0.769 t C/ha/año) para los FP y FS, respectivamente. Con estos resultados e información secundaria es posible estimar la productividad primaria neta (PPN) de los FP en 21.177 t /ha/año de biomasa, y en 13.860 t /ha/año de biomasa para los FS.

- Clark & Clark (2000), evaluaron la variación a escala de paisaje, en la estructura y la cuantificación global de biomasa encima del suelo (AGBM) en un Bosque Tropical Fluvial (TRF). El estudio se llevó a cabo en un bosque maduro de la Estación Biológica La Selva (EBLS) en tierras bajas de Atlántico de Costa Rica, América Central. Se utilizaron 3 plataformas de datos donde se midieron individuos (árboles, palmeras y lianas) con $DAP \geq 10$ cm en una superficie de 600 has. Se analizaron el tipo del suelo, pendiente, posición topográfica, diseño de diferentes muestras y técnicas de medida en relación a la variación en la estructura paisaje. Se estimó la AGBM con la ecuación alométrica de Brown (1997) para Bosques Húmedos Tropicales, el rango de AGB es de 161 a 186 t /ha, los resultados indican que la meseta de paisajes TRF en la variación ambiental son similares, AGBM no tendría relación directa con el tipo de suelo y topografía. Sin embargo, la topografía y el tipo de suelo tienen efectos fuertes en el tamaño del tallo, densidad base, y la dinámica. Muestreos al azar con repeticiones, combinadas consistentes y bien documentados con técnicas de medida, acercaría a un gran entendimiento de la magnitud y las razones de variación en la estructura de bosque y AGBM dentro de paisajes TRF.

1.1.2. Antecedentes a nivel nacional

- Ureta (2009), estimó el contenido de carbono y la biomasa arbórea, a lo largo de un gradiente altitudinal, en un Bosque Montano (BM) y un Bosque Amazónico (BAM) dentro del Parque Nacional Yanachaga Chemillén (PNYCH), Pasco, Perú, con el objetivo principal de contribuir a la conservación de la existencia de carbono fijado en áreas naturales protegidas como el PNYCH, por consiguiente promover su autosostenimiento, basado en el concepto de pago por almacenamiento de carbono. El inventario se realizó en dos parcelas permanentes de 1 ha (1 ha por tipo de bosque), donde se evaluó individuos (entre árboles y palmeras) con $DAP \geq 10$ cm, la estimación de la biomasa arbórea se realizó mediante la ecuación de Chave *et al.* (2005) que incluye diámetro y densidad de madera. Se estimó la biomasa arbórea en promedio para BM en 129.32 t/ha y para BAM en 202.24 t/ha, registrándose valores de contenido de carbono: en 64.66 t C/ha para BM y 101.12 t C/ha BAM respectivamente. La superficie del PNYCH a excepción de los pajonales contribuye tanto en contenido de carbono con 30 541 597.84 t C, y el valor monetario agregado puede alcanzar hasta los 935 557 977.8 USD.
- Lujan & Chávez (2006), estimaron la capacidad de captura carbono de un Bosque Húmedo Tropical, Pampa hermosa, Junín, Perú. Almacenado en la biomasa aérea, debajo del suelo, la materia orgánica del suelo y la capacidad anual, en un área de 9 622 has. Con un rango altitudes de 600 a 2000 msnm. La metodología aplicada consistió en un inventario, cuyo diseño de muestreo fue estratificado al azar con parcelas circulares de 400 m² divididos en IV cuadrantes; en los 400 m² se midieron árboles con $DAP \geq 10$ cm y en cuadrante de 100 m² se midieron individuos con $5 \leq DAP < 10$ cm, distribuidos en tres tipos de estratos (bosques), 7 parcelas en el estrato I, 12 parcelas en el Estrato II y 4 parcelas en el estrato III, con intensidad de muestreo al 0.5%. Para estimar la biomasa se utilizó el factor de expansión de volumen (FEV) y luego el factor de expansión de biomasa (FEB) de Brown (1997). Los resultados muestran que el carbono total por todo el área de estudio fue de 7 836 958.63 t C, con promedio de 814.48 \pm 91.11 t C/ha, incluyendo árboles parados vivos 616.33 t C/ha, árboles parados muertos 20.10 t C/ha, árboles caídos muertos 8.18 t C/ha,

sotobosque 3.03 t C/ha, necromasa 8.28 t C/ha, hojarasca 4.77 t C/ha, suelo 61.33 t C/ha y raíz 92.45 t C/ha. La capacidad de fijación anual de carbono es 79 092.84 t C/año, con un promedio anual de 8.22 ± 0.68 t C/ha/año.

- Freitas *et al.* (2006), cuantificaron y valorizaron el servicio ambiental de secuestro de carbono de los aguajales de la Reserva Nacional Pacaya Samiria (RNPS), Parinari, Iquitos, Perú, con sus 598 970 has de aguajales densos (AD) y 372 145 has de aguajales mixtos (AM). Se efectuó el inventario en dos parcelas de 50x50 m (0.25 ha); cada parcela se dividió en cuatro subparcelas de 25x25 m (I, II, III, IV para la vegetación arbórea, donde se midieron todas las palmeras y árboles con $DAP \geq 10$ cm) y en los 4 cuadrantes se tomaron cuatro subparcelas de 1x1 m cada una (para la vegetación arbustiva y herbácea, individuos con $DAP < 10$ cm). Además, se consideró evaluar necromasa en tres áreas de 5x5 m cada una dentro de las parcelas. También se evaluó el suelo, para lo cual se tomaron muestras a 4 profundidades (0-25, 25-50, 50-75 y 75-100 cm) metodología propuesta por Martínez (2001) y Schlegel *et al.* (2001). Para estimar la ecuación alométrica del aguaje (*Mauritia flexuosa*) se realizó un muestreo destructivo y se aparearon 16 palmeras, que fueron representativas por cada clase de altura. El valor de la biomasa total (biomasa aérea y necromasa) fue de 235.96 t/ha en AD y 179.52 t/ha en AM. Se estimó el contenido de carbono en los suelos de los AD y AM en 369.13 t C/ha y 336.22 t C/ha respectivamente. Por otro lado, el carbono de la biomasa aérea, necromasa asciende a 111.20 t C/ha, 6.78 t C/ha en AD y 82.14 t C/ha, 7.62 t C/ha en AM respectivamente. Un balance de carbono en los aguajales de la RNPS dió como resultado que se estaría fijando potencialmente 131 188.76 t C/año en los AD y 81 599.47 t C/año en los AM, que son equivalentes en CO₂ a 481 025.44 t CO₂/año en AD y 299 198.05 t CO₂/año en los AM.
- Lapeyre *et al.* (2004), determinaron la biomasa aérea en diferentes sistemas de uso de la tierra (SUT) en la región de San Martín, Perú, con la finalidad de conocer el potencial de captura de carbono. La metodología de evaluación fue del ICRAF (Arévalo *et al.* 2003). Esta metodología se basa en la estimación de la biomasa a partir de ecuaciones alométricas, en individuos con $DAP \geq 10$ cm y en la toma de muestras del sotobosque, pastos, en individuos con $DAP < 10$ cm,

así como la hojarasca (Woomer *et al.* 2000). Los SUT evaluados fueron: Bosque primario (BP), Bosque secundario de diferentes edades (BS), sistemas agrícolas de maíz (*Zea maíz*), arroz (*Oriza sativa*), pastos (*Brachiaria sp.*) y sistemas agroforestales con café (*Coffea arabica*) bajo sombra y cacao (*Theobroma cacao*). En cada uno de SUT se establecieron al azar 5 transectos donde se evaluó en subparcelas cuadradas, la biomasa de árboles vivos (BAV), biomasa de arboles parados muertos (APM), biomasa de arboles caidos muertos (ACM), biomasa de sotobosque (Bst) y biomasa de hojarasca (BHO). La biomasa en el BP, representó en 38% AV, 13% APM, 48% ACM, 0% Bst y 1% BHO. Del total de la biomasa de 970 t/ha, se deriva en 368.6 t/ha para la biomasa aérea (AV y Bst), lo que equivale a carbono en 184.3 t C/ha. Se concluye que el carbono total en el bosque primario fue de 485 t C/ha, superando ampliamente las reservas del bosque secundario de 50 años y de bosque descremado de 20 años. Con relación al bosque primario se observa una reducción de reservas en más de 50% del bosque secundario de 50 años (234 t C/ha). El bosque descremado de 20 años perdió más del 80% de reservas (62 t C/ha). El nivel de reservas de carbono en la BHO de los sistemas boscosos, no es significativo al compararlo con el total de las reservas de carbono de la BAV; sin embargo si es significativo para sistemas agroforestales. Los sistemas agroforestales secuestraron entre 19 a 47 t C/ha, dependiendo de la cantidad de especies forestales, tipo de cultivo, edad y tipo de suelo y recuperan el potencial de captura en forma productiva. Los sistemas agrícolas capturaron poco carbono (5 t C/ha), además generan fugas de gases efecto invernadero (GEI) cuando se usan agroquímicos y quema de rastrojos, entre otros.

1.1.3. Antecedentes a nivel regional

- AIDER (2011), estimó el contenido de carbono almacenado en la vegetación viva (biomasa aérea y subterránea) de los bosques pertenecientes a las ANPs de la Reserva Nacional Tambopata y Parque Nacional Bahuaja Sonene en el ámbito de Madre de Dios, Perú en una superficie de 846 988.95 has. El muestreo fue estratificado, determinándose 109 parcelas, donde se evaluó la biomasa aérea en parcelas circulares anidadas, con radios de 30 m (individuos de árboles y palmeras con $DAP \geq 50$ cm), radios de 16 m (individuos de árboles con $20 \leq DAP < 50$ cm) y radios de 5 m (individuos con $5 \leq DAP < 20$ cm) fueron medidos. Para estimar la biomasa se utilizó ecuaciones alométricas, consecuentemente se estimó el contenido de carbono almacenado en la biomasa aérea y subterránea respectivamente para el estrato aguajal mixto en 58.33 t C/ha, 16.87 t C/ha; Aluvial inundable 87.31 t C/ha, 24.71 t C/ha; Colina alta fuerte 117.14 t C/ha, 30.59 t C/ha; Colina alta suave 102.38 t C/ha, 27.06 t C/ha; Colina baja fuerte 133.97 t C/ha, 36.11 t C/ha; Colina baja suave 176.27 t C/ha, 42.89 t C/ha; Terraza alta 102.75 t C/ha, 26.77 t C/ha; Terraza baja 115.01 t C/ha, 30.10 t C/ha; Terraza disectada fuerte 115.07 t C/ha, 30.60 t C/ha y Terraza disectada suave 91.15 t C/ha, 24.47 t C/ha respectivamente. El área efectiva de 548 588.91 has, se estima que almacenaría un total de 68 721 854.89 toneladas de carbono y/o 251 980 134.60 toneladas de CO₂-equi para todo el área del proyecto. El área de estudio se encuentra en el tipo de Bosque de Terraza disectada suave, donde se reportó 182.3 t/ha en la biomasa aérea y 48.94 t/ha en la biomasa subterránea.
- Asner *et al.* (2010), estimaron el stock de carbono encima del suelo (AGC) o aéreo mediante la aplicación de tecnologías LiDAR basado en tipo de bosque e información de satélite, con el que desarrolló un mapa de stock de carbono aéreo de 0.1 hectáreas de resolución en un área de 4.3 millones de hectáreas de la Selva Amazónica del departamento de Madre de Dios, Perú como un procedimiento de la cartografía a escala nacional de REDD. Para ello se utilizaron información de parcelas de campo del proyecto RAINFOR (individuos con $DAP \geq 10$ cm), donde se convirtió las mediciones del LiDAR de la estructura del bosque a densidad de carbono aéreo. El stock de carbono aéreo



total de la región de carbono estimado fue de 395 Tg (millones de toneladas métricas), y las tres principales fuentes de variación de carbono en los bosques estuvieron mediadas por el sustrato geológico, estas son: Sustratos terciarios ubicados hacia el norte con densidades de carbono 85 - 100 t C/ha, superficies planas aluviales del Holoceno ubicados hacia el centro-este con densidades de carbono 110 - 125 t C/ha y superficies del Cretácico ubicados hacia el suroeste con densidades de carbono de 65 - 80 t C/ha (prueba t de comparación al azar subconjuntos, $P < 0,001$).

- GREENOXX *et al.* (2009), estimaron la cantidad de carbono almacenado en los Bosques de las Concesiones Forestales Maderacre y Maderyja en Madre de Dios, Perú. En la planeación del inventario exploratorio del bosque se utilizaron imágenes Landsat TM y mapas. El diseño de muestreo fue sistemático estratificado con un error de muestreo del 10%, donde ambas áreas se dividieron en grillas 2x2.5 km (las parcelas de muestreo se ubicaron en el centro). En 142 parcelas de 10x500 m (0.5 ha), estas se dividieron en subparcelas de 10x25 m obteniéndose de ello 20 unidades, de los cuales en la parte central de la parcela de 0.5 ha (entre los 200-300 m), en 4 unidades de subparcelas se evaluaron individuos (árboles y palmas) con $DAP \geq 10$ cm y en las subparcelas restantes se evaluaron individuos con $DAP \geq 30$ cm. Para estimar la biomasa aérea y subterránea de los árboles y palmeras se utilizaron ecuaciones alométricas (a partir de variables de dasometría como el DAP, HT entre otros). La estimación de la cantidad de carbono almacenado en la biomasa (aérea y subterránea) de los bosques de las concesiones forestales, son detallados a continuación: En la vegetación de Maderacre se encontró que el Bosque con paca almacena en promedio 238.83 t C/ha, Bosque de vigor (2) 248.13 t C/ha, Bosque de vigor (3) 291.50 t C/ha y Pacal 244.68 t C/ha. Por lo que en Maderacre hay un promedio de 234.15 t C/ha almacenados, con una superficie de 49 376 ha, lo que resulta en un total de 11 561 390.40 de toneladas de carbono y/o de 42 392 150.18 toneladas de CO₂ equivalente en toda la concesión. Con respecto en la vegetación de Maderyja se encontró que el Bosque con paca almacena en promedio 186.21 t C/ha, Bosque de vigor (2) 236.01 t C/ha, Bosque de vigor (3) 221.61 t C/ha y Pacal 210.58 t C/ha. Lo que resulta que en Maderyja hay un promedio de 223.21 t C/ha almacenados, con una superficie de 49 556 ha, lo que

resulta en un total de 11 061 394.76 de toneladas de carbono y/o de 40 558 816.17 toneladas de CO₂ equivalente en toda la concesión.

- Vallenás & Parillo (2007), estimaron la biomasa aérea y la cantidad de carbono en las especies de shihuahuaco (*Dipteryx micrantha*), quinilla (*Manilkara bidentata*), estoraque (*Myroxylon balsamun*) en la vegetación en Bosques de Terrazas Altas Aluviales en los predios agrícolas con una extensión de 40 672.095 has en el distrito de Tahuamanu, Madre de Dios, Perú. Se realizó un inventario en 10 parcelas de 30 ha, las tres especies con DAP \geq 30 cm y la altura total (HT). Se utilizó técnicas destructivas para estimar la biomasa de tres especies, se registró el diámetro, longitud (fuste, ramas) y peso húmedo (ramas delgadas, hojas, raíces). Así mismo se obtuvieron muestras de raíz, fuste, rama y hojas las cuales se llevaron al laboratorio para determinar el volumen, la gravedad específica, fracción de carbono y biomasa. Se generó ecuaciones alométricas para estimar la biomasa total en base a las variables de DAP y HT. Es así que se estimó el carbono almacenado promedio por hectárea de shihuahuaco, en 3.841 t C/ha, lo que implica que para el área efectiva el stock de carbono almacenado asciende a 96 288.72 t C; para quinilla en 1.586 t C/ha, lo que implica que para el área efectiva el stock de carbono almacenado asciende a 39 760.85 t C y para la especie estoraque en 0.634 t C/ha, lo que implica que para el área efectiva el stock de carbono almacenado asciende a 15 890.53 t C, siendo el carbono almacenado estimado para las tres especies 151 940.09 t C.
- WINROCK (2006a), determinó el almacenamiento de carbono en los bosques de la Concesión de Conservación Los Amigos, Madre de Dios, Perú. La concesión de conservación Los Amigos tiene un área de 145 735 has, dominados por Bosque de Colinas (BC), Bosque de Terrazas Inundables (BTI), Bosque de Terrazas Aluviales (BTA) y Bambú (B), con altitudes que varían de 200 a 350 msnm. El estudio incluyó dos elementos principales: la evaluación basada en imágenes aéreas de biomasa leñosa sobre el suelo y un inventario de campo de biomasa forestal. Las fotos aéreas fueron tomadas en agosto y septiembre de 2005 para el análisis aéreo de parcelas. Los datos se recogieron de 39 parcelas establecidas en los principales tipos de vegetación en mayo 2005 (n= 17) y en septiembre de 2005 (n= 22). Se evaluó la biomasa aérea en parcelas circulares

anidadas, con radios de 20 m (individuos de árboles y palmeras con $DAP \geq 20$ cm), radios de 4 m (individuos de árboles con $5 \leq DAP \leq 20$ cm) y radios de 1 m (individuos con $DAP \leq 5$ cm, hasta 1.3 m de altura) fueron medidos. El contenido de carbono en promedio ponderado en los tipos de vegetación fue de 172 t C/ha. La densidad de carbono en la biomasa aérea fue más alto en los tipos BC, BTI, B (185, 188, 123 t C/ha). Aunque la densidad de carbono en los BTA es uno de los más bajos (168 t C/ha), este cubre el 48% de la concesión y contiene la más grande reserva de carbono, con 12 879 282 t C. Los bosques de la concesión contienen en total 21 665 000 t C en la biomasa leñosa. La existencias de carbono equivalente en total en la biomasa aérea contiene unos 79.4 millones de t CO₂. La integración de métodos aéreos y terrestres en este estudio resultó ventajoso porque permite el muestreo a gran escala con clasificación semi-automática y el cálculo de carbono en la biomasa.

- Chambi (2001), realizó el estudio de valoración económica de secuestro de carbono mediante simulación aplicada a la zona boscosa de la cuenca del río Madre de Dios e Inambari, Perú, con un área de estudio de 2 448 000 has. La estimación del secuestro potencial de carbono involucra, la evaluación de la biomasa que fue realizada en el bosque del Fundo San Antonio (50 has) ubicado a 21 Km y el Fundo las Hormigas (75 has) a 65 Km, ambos ubicados en la carretera Puerto Maldonado-Cuzco, se tomó como unidad de muestreo 6 parcelas de 0.05 ha (20x25 m) respectivamente, donde se evaluaron individuos con $DAP \geq 5$ cm y con $2 \leq DAP < 5$ cm y dentro de la parcela grande también se evaluó la vegetación herbácea con $DAP < 2$ cm, en 5 subparcelas de 2x2 m. La biomasa se estimó mediante el factor de expansión de volumen (FEV) y el factor de expansión de biomasa (FEB) de Alpizar (1997). Reportándose en la biomasa aérea (árboles, arbustos y hierbas) la cantidad de 414.443 t/ha y el contenido de carbono en 207.222 t C/ha. Se reportó biomasa en 42.481 t/ha y 372.492 t/ha para individuos con $2 \leq DAP < 10$ cm y $DAP \geq 10$ cm respectivamente. Se obtuvo el siguiente modelo matemático $dNC/dt = FE - FS$, para estimar el secuestro de carbono. El valor económico del secuestro de carbono se obtuvo sobre la base del cálculo de biomasa teniendo en cuenta factores de regeneración, reforestación, deforestación de bosques y considerando tres escenarios de precios US \$/. 20.00 /t CO₂, US \$/. 10.00 /t CO₂ y US \$/. 3.00 /t CO₂.



1.2. Revisión de Literatura

1.2.1. Evolución de las negociaciones internacionales sobre cambio climático

1.2.1.1. Antecedentes

En 1988, la Asamblea General de las Naciones Unidas aprobó la resolución 43/53, propuesta por el Gobierno de Malta, en la que se pedía “la protección del clima para las generaciones actuales y futuras de la humanidad”. Durante el mismo año, el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y la Organización Meteorológica Mundial (OMM) establecieron el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC) (CMNUCC, 2007 citado por Zevallos *et al.* 2010). El IPCC tuvo el encargo de evaluar el estado del conocimiento científico relacionado con el cambio climático, analizando sus potenciales impactos ambientales y socioeconómicos con el fin de asesorar en la formulación de políticas públicas. En 1990, se publicó el primer informe del IPCC en donde se determinó con 90% de certeza que las actividades humanas que producen los GEI generan el cambio climático. El IPCC ha continuado con su labor de informar a los países, y más recientemente ha presentado su Cuarto Informe de Evaluación que contiene pruebas contundentes del cambio climático causado por el hombre, así como de sus causas y potenciales impactos (IPCC, 2007). A raíz de los hallazgos del IPCC, la Asamblea General de las Naciones Unidas decidió preparar en la Convención Marco, encargando al Comité Intergubernamental de Negociación (CIN) poner en marcha un proceso de negociaciones acerca de la creación de la convención sobre el cambio climático. (Zevallos *et al.* 2010)

1.2.1.2. Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático

El CIN en 1992 adoptó la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) la cual se abrió a la firma durante la Cumbre de Río, entrando en vigor el 21 de marzo de 1994. Al 16 de octubre del 2010 cuenta con ciento noventa y cuatro (194) países que han presentado sus instrumentos de ratificación (UNFCCC, 2009 citado por Zevallos *et al.* 2010). La CMNUCC tiene como objetivo “la estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera a un nivel que impida interferencias antropógenas peligrosas en el sistema climático” y considera que “ese nivel debería lograrse en un plazo suficiente para permitir que los ecosistemas se adapten naturalmente al cambio climático, asegurar que la producción de

alimentos no se vea amenazada y permitir que el desarrollo económico prosiga de manera sostenible” (CMNUCC, 2007 citado por Zevallos *et al.* 2010). En términos generales y a manera de resumen, se podría decir que en virtud de la Convención, las Partes (UNFCCC, 2009 citado por Zevallos *et al.* 2010):

- Recogen y comparten la información sobre las emisiones de gases de efecto invernadero, las políticas internacionales y las prácticas óptimas.
- Ponen en marcha estrategias internacionales para abordar el problema de las emisiones de GEI y adaptarse a los impactos del cambio climático previstos, y determinan la prestación de apoyo financiero y tecnológico a los países en desarrollo.
- Cooperan para prepararse y adaptarse a los efectos del cambio climático.

Los Estados Partes de la Convención deben cumplir sus objetivos considerando tres principios fundamentales:

A. Responsabilidades comunes pero diferenciadas. El Artículo 3.1 de la CMNUCC estipula que “Las Partes deberían proteger el sistema climático en beneficio de las generaciones presentes y futuras, sobre la base de la equidad y de conformidad con sus responsabilidades comunes pero diferenciadas y sus respectivas capacidades. En consecuencia, las Partes que son países desarrollados deberían tomar la iniciativa en lo que respecta a combatir el cambio climático y sus efectos adversos”. Por este principio, la CMUNCC otorga mayores responsabilidades a los países industrializados, ya que ellos han generado la mayor parte de las emisiones de GEI. A estas Partes se les conoce como los “países incluidos en el Anexo I”, porque aparecen enumerados en el primer Anexo del tratado. Reconociendo la situación especial de los países con economías en transición, se establece un Anexo II donde sólo figuran los países industrializados, con un nivel de responsabilidad mayor. A los países en desarrollo se les conoce como “Países no Anexo I”. El Artículo 3.2 estipula la consideración especial que debe darse a los mismos.

B. Principio precautorio. De acuerdo al Artículo 3.3 de la Convención “las Partes deberían tomar medidas para prever, prevenir o reducir al mínimo las causas del cambio climático y mitigar sus efectos adversos”. El principio estipula que “cuando haya amenaza de daño grave o irreversible, no debería utilizarse la falta de total certidumbre científica como razón para posponer tales medidas, tomando en cuenta que



las políticas y medidas para hacer frente al cambio climático deberían ser eficaces en función de los costos a fin de asegurar beneficios mundiales al menor costo posible”.

C. Derecho al desarrollo sostenible, bajo el cual las Partes tienen derecho al desarrollo sostenible y deben promoverlo según las condiciones específicas de cada uno de los países (Artículo 3.4 de la Convención). La Convención toma especial consideración a la necesidad de los países en desarrollo de crecer económicamente, por lo que la Convención acepta que la parte de las emisiones de GEI que estos producen crezca en los próximos años. No obstante, se propone facilitar que dichos países puedan limitar las emisiones sin perjudicar su progreso económico, exigiendo a los países desarrollados contribuir con financiamiento y transferencia tecnológica en pro del desarrollo sostenible.

1.2.1.3. El Protocolo de Kioto

En diciembre de 1997, se acordó el Protocolo de Kioto (PK) bajo la CMNUCC el cual compromete a los países desarrollados y a los países en transición hacia la economía de mercado, a alcanzar objetivos cuantificables de reducción de emisiones. El Protocolo creó obligaciones legalmente vinculantes para 37 países industrializados (Partes del Anexo I), para la reducción de sus emisiones de GEI anuales en el período 2008 al 2012, en un 5,2% en promedio, por debajo de los niveles de emisiones que tenían en 1990. Para lograr los objetivos del Protocolo se establecieron tres mecanismos que dan a los países la oportunidad de reducir sus emisiones en cualquier parte del mundo, para cumplir sus propios objetivos de reducción de emisiones. Estos mecanismos generaron lo que hoy se conoce como el “mercado de carbono”:

I. Comercio Internacional de Emisiones (CE), que permite a los países industrializados comprar y vender sus permisos de emisiones entre ellos, dependiendo de si cuentan con un excedente o un déficit para llegar a la meta. Estos permisos se llaman derechos de emisión (AAUs, por sus siglas en inglés).

II. Ejecución Conjunta (EC), que permite adquirir unidades de reducción de emisiones (ERUs, por sus siglas en inglés) mediante la financiación de ciertos tipos de proyectos en otros países desarrollados (principalmente aquellos con economías en transición).

III. Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL), que posibilita a los países desarrollados financiar proyectos de reducción de emisiones en los países en desarrollo y recibir

créditos por hacerlo (UNFCCC, 2004). Estos créditos se llaman Reducciones Certificadas de Emisiones (CERs, por sus siglas en inglés). Cabe mencionar que este mecanismo es de especial relevancia para los países de Iberoamérica, ya que pueden, como Partes no Anexo I, beneficiarse participando en el mercado de carbono.

Con el fin de reglamentar el tratado, se inició la ronda de negociaciones para especificar las normas operativas del Protocolo. En la COP 7 (diciembre del 2001) con la adopción de los Acuerdos de Marrakech, se establecieron reglas detalladas para la aplicación del Protocolo de Kioto, sin embargo, estas se emplearon a partir de la Primera Conferencia de las Partes que actuó como Reunión de las Partes del Protocolo (CRP 1) cuando fueron aprobadas, una vez que el PK hubo entrado en vigor. El Protocolo entró en vigor el 16 de Febrero del 2005 cuando contó con la ratificación de al menos 55 Partes de la CMNUCC, cuyas emisiones representaban al menos 55% de las emisiones de dióxido de carbono tomando como base las emisiones de países Partes del Anexo I del año 1990. Al 3 de diciembre del 2009, 189 Partes y 1 organización de integración económica regional (la Comisión Económica Europea) han ratificado el PK, representando el 63.7% de las emisiones de los países Partes del Anexo I en 1990 (UNFCCC, 2009 citado por Zevallos *et al.* 2010).

1.2.2. Surgimiento de acuerdos sobre la participación de proyectos de carbono forestal

Los países se reunieron para discutir problemas ambientales globales por primera vez en el año de 1972 en Estocolmo, Suecia. Esta reunión paso a ser conocida como la primera conferencia mundial organizada por la Organización de las Naciones Unidas (ONU), con la participación de 113 países, 19 agencias multilaterales y más de 400 organizaciones no gubernamentales y organizaciones intergubernamentales. Entre los principales problemas discutidos estaban el consumo de combustibles fósiles, polución del aire y la deforestación. Años después, en 1988 la ONU creó el IPCC, este órgano es compuesto por un grupo internacional de científicos que son referencia mundial en el área de cambios climáticos, ellos son responsables en dar un “diagnóstico” de la situación del planeta en relación al cambio del clima y un “tratamiento”, o sea, recomiendan lo que debe ser hecho para atenuar el problema. La segunda conferencia mundial para discutir problemas ambientales sólo ocurrió veinte años después, en ECO-92 Rio de Janeiro, Brasil, donde asuntos como la escasez de agua y amenazas a la

biodiversidad fueron discutidos. En esta conferencia se debatió sobre la importancia de crear y desarrollar fuentes de energías alternativas al uso de los combustibles fósiles para evitar los cambios climáticos globales, se creó de la CMNUCC, esta convención comprometió a los países participantes a en la reducción voluntaria de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) (Rügnitz *et al.* 2011).

A partir de esta conferencia fueron realizadas reuniones anuales en cuestiones a los cambios climáticos, y se denominaron Conferencia de las Partes (COP).

En 1995 aconteció la primera COP 1 en Berlín, Alemania con la ausencia de un compromiso específico por parte de los países participantes en acciones que contribuyesen con la mitigación (reducción o remediación) del cambio del clima, como resultado de la reunión fue elaborada la declaración denominada Mandato de Berlín, en ella se estableció un período de dos años para que los países preparasen y negociasen un documento que contemplase acciones concretas de mitigación.

Fue así que en 1997, en la COP 3 en Kioto, Japón fue presentado y discutido el Protocolo de Kioto, en ello se determinó que los países industrializados (Anexo I) que firmaron (ratificaron) el acuerdo tienen obligación de reducir sus emisiones de GEI en cerca de 5% abajo del nivel de emisiones de 1990. Esta reducción debe ser conseguida durante el período de 2008-2012, llamado Primer Período de Compromiso. El Protocolo de Kioto entró en vigor años después (en 2005) después de la firma de Rusia. Hasta noviembre 2009, 187 países han firmado el Protocolo.

En 2001, en la COP 7, en Marrakech, Marruecos se discutió por primera vez el tema de la Reducción de Emisiones por Deforestación (RED). Durante la reunión se definieron reglas operacionales para los mecanismos de flexibilización y el sistema nacional de inventarios de emisiones de GEI. Para alcanzar el compromiso se crearon mecanismos flexibles, que permitieran a los países industrializados desarrollar y negociar proyectos en otros países, para la reducción de GEI, de este esquema resultó la creación de un mercado de créditos de carbono que hizo posible la negociación de certificados de carbono entre los países. El mecanismo flexible es el denominado Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL), los proyectos MDL son divididos en dos categorías: (i) proyectos energéticos y; (ii) proyectos forestales relacionados a la captación y stock de carbono en plantaciones. Hasta el momento, los proyectos de conservación de los bosques existentes que buscan la Reducción de Emisión de la Deforestación y

Degradación de los bosques (REDD), están excluidos de este mecanismo, es posible que esta situación sea alterada al incluir un mecanismo REDD en un nuevo acuerdo internacional para un nuevo período de compromiso después de Kioto.

En 2003, en la COP 9 en Milán, Italia un grupo de investigadores y de organizaciones no gubernamentales, presentó la propuesta de Reducción de Emisión de la Deforestación (RED), esta propuesta estaba centrada en el concepto de “reducción compensada” (Santilli *et al.* 2005 citado por Rüginitz *et al.* 2011), de acuerdo con este concepto, los países en desarrollo que consiguiesen reducir sus tasas nacionales de deforestación en relación a un escenario de referencia, podrían ser compensados financieramente por la comunidad internacional o comercializar créditos de carbono en los mercados internacionales.

Esta discusión fue fortalecida en 2005, en la COP 11, en Montreal, Canadá donde el gobierno de Costa Rica y en la Coalición de Países con bosques tropicales, representada por el Gobierno de Papúa Nueva Guinea, propusieron que los proyectos de créditos de carbono a través de RED fueran incorporados en un nuevo acuerdo internacional, y también la necesidad de incorporar proyectos que reduzcan la degradación de sus bosques (REDD). La conferencia en Montreal marcó la entrada en vigor del Protocolo, y fue cuando las Partes también acordaron crear un nuevo acuerdo para la segunda fase del Protocolo que se iniciará después del 2012, o en otras palabras, un segundo período de compromiso.

En 2006, en Roma, Italia ocurrió el primer evento de la CMNUCC que trataba exclusivamente de “Reducción de emisiones por deforestación en países en desarrollo”. Entre los resultados del evento se identificó que no existían impedimentos técnicos para avanzar en la implementación inmediata de un mecanismo político para reducción de emisiones por deforestación. Durante 2006, en la COP 12, en la ciudad de Nairobi, Kenia el gobierno Brasileño sometió la propuesta de incentivos financieros, para que los países en desarrollo voluntariamente reduzcan sus tasas de deforestación. La propuesta difirió con la Coalición de Países con bosques tropicales, donde los incentivos financieros para reducir la deforestación no partirían de un mercado con compromisos obligatorios, sino de un Fondo Internacional creado por países industrializados dispuestos en apoyar financieramente.



Esta discusión aumentó en 2007, durante la COP 13, en Bali, Indonesia. A partir de este momento se discutió la forma de cómo poner en práctica un mecanismo de compensación por la reducción de la deforestación en los países en desarrollo. Se mencionó la importancia de respetar el derecho de las poblaciones indígenas y tradicionales en la elaboración de proyectos de REDD.

En 2008 durante la COP 14, en Poznan, Polonia tuvo como principal tema la discusión de la necesidad de establecer una nueva meta de reducción para un nuevo período de compromiso. El IPCC recomienda que esta meta de reducción sea mayor que la actual (5%), que sea entre 40-50% en relación a los niveles de 1990. Países como China, India, Brasil e Indonesia están hoy entre los principales emisores de GEI. Durante la reunión se iniciaron las discusiones de cómo implementar iniciativas y actividades de REDD.

En 2009 durante la COP 15, en Copenhague, Dinamarca fueron presentadas dos nuevas modalidades de REDD denominadas: REDD+ incluye el rol de la conservación, del manejo sustentable, aumento de los stocks de carbono de los bosques en los países en desarrollo y REDD++ demarca a la agricultura como garantía de buenas prácticas que eviten o disminuyan la deforestación. Así, productores que utilicen sistemas productivos como forma de contribuir con la disminución de la deforestación también podrán recibir por créditos de carbono.

En 2010, en la COP 16, en Cancún, México se discutió, decidió sobre los procedimientos, metodologías, reglas de mecanismo y que países en desarrollo recibirán mayor financiamiento, tecnología y capacitación en compensación por mantener sus bosques en pie. Se confirmaron los compromisos bajo el acuerdo de Copenhague de USD 30 billones para financiamiento a corto plazo y USD 100 billones al año para el largo plazo. Parte del financiamiento será canalizado a través del recién lanzado Fondo Climático Verde (Rügnitz *et al.* 2011).

En 2011 la comunidad internacional representada por 190 países, participaron en la COP 17, en la Ciudad de Durban, Sudáfrica han sido los temas centrales: el futuro del Protocolo de Kioto, que concluye en 2012, y la capacidad para establecer mecanismos en la reducción de emisiones; y la puesta en marcha del Fondo Verde para el Clima, con el objetivo teórico de apoyar a los países pobres en la mitigación y la adaptación al cambio climático (Vivas, 2011). Hay la necesidad de negociar ya un nuevo acuerdo debido a que el Protocolo de Kioto ya concluye, y para lo cual se demanda el

establecimiento de un nuevo instrumento internacional que lo supere para no retroceder en los acuerdos ya alcanzados, entre ellos los logrados en la COP 15 celebrada en Estocolmo en el año 2009, donde los países acordaron tener una visión de largo plazo. La visión a largo plazo, consiste en que la comunidad internacional acordó no aumentar a más de dos grados centígrados la temperatura media de la Tierra para evitar el aumento de GEI que se miden en partes por millón (ppm). Para representarlo se dice que un metro cúbico equivale a 1000 centímetros cúbicos. Si hay 300 ppm de dióxido de carbono significa que de ese metro cúbico de atmósfera el 0.03% será de CO₂ (González, 2011).

1.2.3. El cambio climático, antecedentes e importancia

El cambio climático es un efecto natural que se ha dado desde hace millones de años. Desde la formación de la Tierra, han transcurrido varias etapas de cambio en la temperatura global (referente al planeta o globo terráqueo) desde glaciaciones hasta épocas de deshielos (MAE, 2011). El Cambio Climático se refiere al cambio en el clima que es atribuido directa o indirectamente a las actividades humanas que alteran la composición de la atmósfera y que es adicional a la variabilidad climática observada a través de periodos de tiempo comparables (IPCC, 2001; citado por MAVDT, 2010).

No obstante, en el último siglo han ocurrido diversas manifestaciones climatológicas extremas que indican que el sistema climático mundial ha sido afectado por las actividades humanas (Del Alamo, 2007 citado por Ureta, 2009) por lo que diversos estudios han demostrado que el incremento percibido en la temperatura global está directamente asociado con el aumento de las concentraciones de gases de efecto invernadero (GEI) (Vignola, 2006; Djoghlaif, 2007; Smith, 2007 citado por Ureta, 2009) en especial de dióxido de carbono (CO₂) (COP 12, 2006; IPCC, 2007 citado por MAVDT, 2010). El incremento de este fenómeno se evidencia con mayor claridad a partir de la revolución industrial iniciada en el siglo XIX, y viene en aumento en la actualidad (MAE, 2011) (Figura 1). Sin embargo los GEI son importantes en la atmósfera porque determinan la temperatura media de la tierra al absorber ciertos tipos de radiación infrarroja que de otra manera escaparían y mantiene el planeta más caliente (WRI, 1994 citado por Rüginitz *et al.* 2011).

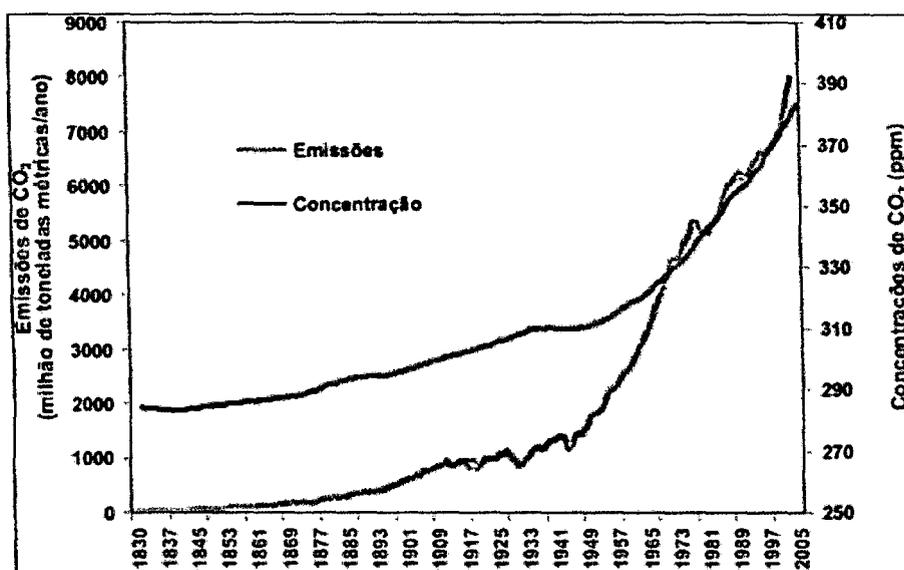


Figura 1. Concentración y emisiones de dióxido de carbono en los últimos 150 años.
Fuente: The COMET (2009); citado por Rüginitz *et al.* (2011).

La quema de combustibles fósiles es una de las principales fuentes de GEI en el mundo, con una estimación de 28 000 millones de toneladas de dióxido de carbono (Mt CO₂) en el año 2008. Sin embargo, el cambio de uso del suelo es también una fuente importante de GEI, sobre todo en países con altas tasas de deforestación. Tomando en cuenta todas las fuentes de emisión de GEI, los países que emitieron más en el año 2000 son: Estados Unidos, China, Brasil, Rusia, Indonesia, India, Japón, Alemania, Canadá y el Reino Unido (WRI, 2010; citado por MAE, 2011). El Perú emite el 0.4% de las emisiones de GEI globales en comparación con Estados Unidos que produce el 25% de los GEI y Europa con 27%. (LA REPUBLICA, 2007 citado por Larrea, 2007).

La mayoría de modelos del clima, recientemente elaborados por científicos predicen que el aumento de la temperatura en los próximos cincuenta años sería de 0.2 - 4.5 °C en los casos más conservadores. Esto se debe principalmente al incremento de la concentración del CO₂ que ha ido de 280 ppm (partes por millón) aproximadamente, antes de revolución industrial, a 430 ppm en la actualidad y se prevé un aumento a 550 ppm de CO₂ antes del año 2050. Esto generaría impactos profundos en los ecosistemas, tales cambios tan abruptos no se habrían visto desde la última edad de hielo. Se prevé que el consumo de energía aumente en un 50 % en los próximos veinticinco años y que los países continúen dependiendo de combustibles fósiles para satisfacer sus necesidades. Se anticipa que las emisiones de dióxido de carbono se duplicarían para el año 2030. (LA REPUBLICA, 2007 citado por Larrea, 2007).

1.2.4. El papel de los ecosistemas de bosques en el cambio climático

Los bosques tropicales son importantes en el balance del carbono (C) global, pues representan cerca del 59% del C total acumulado en los ecosistemas boscosos del mundo (Dixon *et al.* 1994 citado por Quinto, 2010). Dado que estos ecosistemas capturan CO₂ atmosférico mediante el proceso de fotosíntesis y lo acumulan en sus tejidos (Chazdon & Montgomery, 2002; Clark *et al.* 2001a; citado por Quinto, 2010), el estudio de la dinámica de la biomasa y el C es fundamental para comprender el papel que éstos desempeñan en el ciclo global de este elemento (Clark *et al.* 2001a; Sierra *et al.* 2007 citado por Quinto, 2010) y en la mitigación del cambio climático (Brown, 1997; IPCC, 2001 citado por Quinto, 2010).

Los ecosistemas terrestres, en general, y los ecosistemas forestales, en particular, juegan un rol primordial en el equilibrio del clima. A nivel mundial, las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) relacionadas con el sector de uso de la tierra, cambio de uso y forestal (Land Use, Land Use Change and Forestry – LULUCF) representan el 17.4% de las emisiones globales. Por lo tanto, es el tercer sector contribuyente, luego del sector de la Energía (25.9%) y de la Industria (19.4%), pero antes del sector de la Agricultura (13.5%) y de los Transportes (13.1%) (Chenost *et al.* 2009). Si bien la deforestación tiene gran contribución en las emisiones antrópicas de GEI los ecosistemas forestales mitigan el cambio climático a través de la absorción de grandes cantidades de CO₂ gracias a la fotosíntesis. Esta situación se explica a la vez por el aumento de las superficies forestales en los países del hemisferio Norte, pero también por el aumento de las cantidades de carbono almacenadas en los bosques existentes tanto en el Norte como en el Sur. Así, a nivel mundial, los ecosistemas terrestres absorben cerca de 2.6 Gt C-eq por año, o sea más que las emisiones relacionadas con la deforestación (1.6 Gt C-eq por año). Por lo tanto, el balance “neto” del bosque es globalmente positivo en aproximadamente 1 Gt C-eq por año (Figura 2).

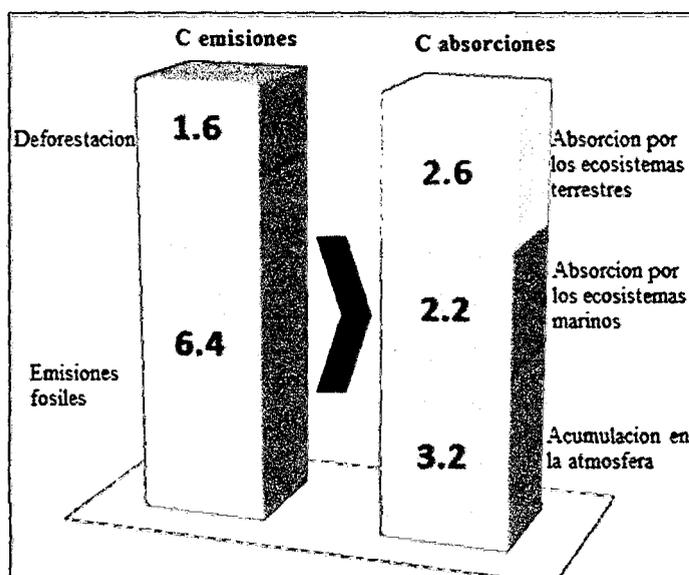


Figura 2. Balance global anual de los flujos de carbono a nivel mundial en Gt C-eq.
Fuente: ONFI/IPCC; citado por Chenost *et al.* (2009).

Los ecosistemas terrestres (principalmente los bosques) absorben más del 30% de las emisiones globales de carbono. El 20% de las emisiones se debe al cambio de uso de la tierra, principalmente a la deforestación. Así, el rol de los bosques frente al clima es múltiple: (i) cuando los bosques están en crecimiento (nuevas forestaciones, bosques jóvenes) retiran de la atmósfera cantidades importantes de CO₂ para almacenarlas en forma de cadenas carbonadas en el tronco, en las ramas, en las raíces de los árboles, o incluso en el suelo y su lecho; (ii) cuando los bosques están en equilibrio, mantienen este stock de carbono: el impacto sobre el cambio climático es relativamente neutro (bajas emisiones relacionadas con la mortalidad natural de ciertos individuos o bajas absorciones relacionadas con el crecimiento de los árboles); (iii) cuando los bosques son deforestados y reemplazados por cultivos (palmera aceitera en Indonesia, soja en Brasil, agricultura comercial o familiar en África) o praderas (cría bovina en la Amazonia), las cantidades de carbono almacenadas son liberadas hacia la atmósfera, y (iv) los productos madereros pueden sustituir las energías fósiles, evitando así emisiones de GEI cuando provienen de bosques manejados en forma sostenible (Chenost *et al.* 2009).

Cabe resaltar que la información del Grupo Consultivo para la Investigación Agrícola Internacional (CGIAR) señala que los bosques maduros intactos almacenan cantidades significativamente mayores de carbono que las plantaciones y los bosques que han sido talados (Palm *et al.* 1999:1 citado por Zacune, 2008) (Cuadro 1). Incluso las estimaciones más conservadoras indican que las plantaciones almacenan sólo un 20%

del carbono que almacenan los bosques maduros intactos. Reemplazar los bosques maduros con plantaciones (para la producción de materias primas para la fabricación de agrocombustibles o pulpa, por ejemplo) no es una opción (por más rentable que pueda ser), para reducir los efectos del cambio climático.

Cuadro 1. Reservas de carbono superficial en los sistemas de roza y quema y otros usos alternativos, promediadas temporalmente.

SISTEMA	CARBONO (t C/ha)
Bosque primario	300
Bosque talado	100 - 200
Agricultura migratoria (rotación 25 años)	88
Sistema agroforestal complejo permanente	90
Sistema agroforestal complejo (rotaciones de 25 - 30 años)	40 - 60
Plantaciones de arboles	11 - 61
Cultivos con barbecho corto (< 5 años)	5
Pastos y praderas	3

Fuente: Palm *et al.* (1999:1), para CGIAR citado por Zacune (2008).

Los reservorios más grandes de carbono almacenados en la vegetación y el suelo se encuentran en los bosques tropicales (60 y 45%, respectivamente respecto del total correspondiente a los bosques) debido a su gran extensión y a la relativamente alta densidad de carbono que los caracteriza. Las reservas de carbono de los bosques varían, dependiendo del tipo de bosque según el clima, el suelo, la gestión, la frecuencia de las perturbaciones, y el nivel de la degradación causada por los seres humanos (IPCC, 2001a: 5.6.1.1 citado por Zacune, 2008). En 2001, el IPCC estimó que los bosques templados capturaban y almacenaban en la región entre 1.4 y 2 toneladas de carbono/ha/año. La apreciación de los bosques boreales era muy variable, dependiendo de tipo de bosque. Por otra parte, los bosques tropicales, seguían siendo fuente neta de carbono (IPCC, 2001a: 5.6.1.1 citado por Zacune, 2008). Pero la información en que se sustenta este tipo de evaluaciones ha sido cuestionada recientemente a partir de una investigación sobre el ‘sumidero de carbono desaparecido’. Este sumidero desaparecido es la diferencia entre los resultados del modelo computarizado y los ensayos prácticos locales sobre la captura y almacenamiento de carbono en los bosques del Norte (WHRC, 2008 citado por Zacune, 2008). Según los modelos computarizados estos bosques estaban absorbiendo unos 2.400 millones de toneladas por año, pero las pruebas demostraron que la tasa real de absorción apenas llegaba a la mitad (Terra Daily, 2007 citado por Zacune, 2008). Los resultados de esta investigación establecen que, si bien

los bosques del Norte siguen siendo un sumidero de carbono, y los bosques tropicales siguen siendo una fuente, las cifras reales son muy diferentes de las que arrojan los modelos utilizados. A partir de muestras aéreas tomadas durante muchos años, los investigadores concluyeron que los bosques del Norte absorben efectivamente apenas 1.500 millones de toneladas de carbono por año, y los bosques tropicales absorben en realidad una cantidad de CO₂ mucho mayor a las estimadas anteriormente (y que son una fuente neta de sólo 100 millones de toneladas). En otras palabras, alrededor del 40% de las emisiones de CO₂ que anteriormente se suponía que era absorbido por los bosques septentrionales, en realidad se absorbe en los trópicos (NSF, 2007 citado por Zacune, 2008). Varios estudios realizados en la Amazonia han documentado que tales bosques sí están almacenando carbono atmosférico en forma significativa, como lo evidencian los resultados de 104 parcelas neotropicales (Brown *et al.* 1996; Phillips *et al.* 1998; Mahli *et al.* 1998; Baker *et al.* 2004b y Mahli *et al.* 2004 citado por Quinto, 2010). Evidentemente, estos resultados son muy importantes para determinar las políticas forestales que se deben aplicar para mitigar el cambio climático.

1.2.5. Estimación de biomasa y carbono

Según la FAO (2010) un total 180 países y áreas, que representan el 94% de los bosques del mundo, informaron sobre la biomasa forestal y el carbono en la biomasa para 2010. Respecto a la madera muerta aportaron datos 73 países y áreas, lo que equivale al 60% del total de bosques. Sobre el carbono en la madera muerta lo hicieron 72 países (61%), sobre el carbono en hojarasca 124 países (78%) y sobre el carbono en el suelo 121 países (78%). Para los países y áreas restantes, la FAO estimó la biomasa, la madera muerta y las existencias de carbono utilizando los promedios subregionales por hectárea y multiplicándolos por el área de bosque en el año correspondiente.

El Cuadro 2 indica que en 2010 la biomasa total (tanto sobre como debajo del suelo) de los bosques del mundo ascendía a 600 gigatoneladas (Gt), lo que equivale a unas 149 t/ha. Los valores máximos de existencias de biomasa por hectárea corresponden a las regiones con bosques tropicales, como Sudamérica y África occidental y central, donde las existencias de biomasa superan las 200 t/ha. Se estima que la madera muerta de los bosques del mundo alcanza unas 67 Gt de materia seca, o 16.6 t/ha. El descenso en las existencias totales de biomasa se debe principalmente a la pérdida de área de bosque.

Cuadro 2. Biomasa y madera muerta, por región y subregión, 2010.

Región / subregión	Biomasa		Madera muerta	
	millones de toneladas	t/ha	millones de toneladas	t/ha
África oriental y meridional	33 385	124,8	6 888	25,7
África del norte	3 711	47,1	1 069	13,6
África occidental y central	81 603	248,7	7 747	23,6
Total de África	118 700	176,0	15 704	23,3
Asia oriental	18 429	72,4	2 514	9,9
Asia meridional y sudoriental	51 933	176,4	5 964	20,3
Asia occidental y central	3 502	80,5	70	1,6
Total de Asia	73 864	124,7	8 548	14,4
Europa (sin la Federación de Rusia)	25 602	130,7	1 434	7,3
Total de Europa	90 602	90,2	15 790	15,7
Caribe	1 092	157,5	120	17,2
Centroamérica	3 715	190,5	419	21,5
Norteamérica	76 929	113,3	8 633	12,7
Total de Norteamérica y Centroamérica	81 736	115,9	9 172	13,0
Total de Oceanía	21 302	111,3	3 932	20,5
Total de Sudamérica	213 863	247,4	13 834	16,0
Mundo	600 066	148,8	66 980	16,6

Fuente: FAO (2010).

El Cuadro 3 presenta las existencias estimadas de carbono en los bosques por región, subregión y al nivel mundial. En 2010, las existencias totales de carbono en la biomasa de los bosques del mundo se estiman en 289 Gt, la madera muerta y la hojarasca almacenan un total de 72 000 millones de toneladas de carbono (M t C), o 17.8 t/ha, lo que es un volumen ligeramente superior al registrado en FRA (2005). Se estima que los suelos forestales contienen unas existencias totales de carbono de 292 000 M t C, o 72.3 t/ha, lo que representa un volumen algo superior al total de existencias de carbono en la biomasa forestal. Si se suman los totales de carbono en la biomasa, la madera muerta, la hojarasca y los suelos, el total estimado de existencias de carbono en los bosques en 2010 es de 652 000 M t C, que equivale a 161.8 t/ha.

Los bosques tropicales son el escenario de un número significativo de esfuerzos internacionales de investigación, demostrando que los valores más elevados en contenido de carbono y biomasa aérea están en bosques amazónicos (Overman *et al.* 1994; Ordóñez, 1999; Dauber *et al.* 2000; Arreaga, 2002; Baker *et al.* (2004 a,b); Chave *et al.* (2001; 2005; 2006 a,b); Mostacedo *et al.* 2006; Phillips *et al.* (1998; 2002a; 2004; 2009); Malhi *et al.* 2009 citado por Ureta, 2009).

Cuadro 3. Existencias de carbono en los bosques, por región y subregión, 2010.

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

Fuente: FAO (2010).

Los ecosistemas de bosques tropicales juegan un rol importante en el ciclo del carbono global debido a la gran cantidad de stock total de carbono que almacenan (aprox. 424 Pg C incluyendo los suelos, o 37% del carbono almacenado en los ecosistemas boscosos; Dixon *et al.* 1994; citado por Quinto, 2010) y a los grandes flujos de carbono que estos bosques procesan cada año (fijan aprox. 46 Pg C año, o 33% de la productividad primaria neta terrestre global; del Grosso *et al.* 2008). La Amazonía, con sus 6 millones de km², es el bosque tropical más grande del mundo, y alberga aprox. 86 Pg C, excluyendo el carbono en el suelo (Saatchi *et al.* 2007), la mayoría de este carbono está almacenado en la biomasa viva; la necromasa contribuye aprox. 9.6 Pg C (Chao *et al.* 2009), el carbono en el suelo es un componente importante del stock de carbono total y puede contribuir aprox. 50-70 % del carbono almacenado en los otros componentes del bosque (Malhi *et al.* 2009 citado por Honorio *et al.* 2010).

Chave *et al.* (2005), encontraron valores para biomasa distribuidos a lo largo de los bosques tropicales de Asia, Oceanía, África, Centroamérica y Sudamérica, teniendo en cuenta la altitud de los sitios evaluados en América encontró que El Verde en Puerto Rico (510 msnm) presentó 3.506 t/ha en 30 árboles, Costa Rica tuvo 177.466 t/ha en 96 árboles (42 msnm), en Guyana Francesa (50 msnm) 138.048 t/ha almacenadas en 362 árboles, Chave *et al.* 2008b reportó biomasa de 356 - 398 t /ha, Tapajós este de Brasil,

Keller *et al.* (2001) reportaron biomasa de 372 t/ha, Manaus centro de Brasil (100 msnm) con 315 árboles registró 147.928 t/ha, Nascimento & Laurance (2002) reportaron biomasa de 304 - 432 t /ha, Amazonas, Acre, Mato Grosso y Pará sur oeste de Brasil, Nogueira *et al.* (2008) reportaron biomasa de 118 - 240 t /ha, en Colombia 136.122 t /ha en 52 árboles y en 41 árboles de Venezuela se acumuló 27.379 t/ha de biomasa a 120 msnm en la zona de San Carlos; lo que demuestra que mientras más baja sea la altitud en que se ubique un bosque, mayor será la acumulación de biomasa aérea según este modelo, los rangos extremos para bosques húmedos tropicales pueden oscilar desde 28 - 423 t/ha (Chave *et al.* 2001). En el Perú rangos para biomasa aérea establecidos por RAINFOR en bosque amazónico oscilan desde los 216.96 - 299.20 t/ha (Baker *et al.* 2004a), en una gradiente de 100 a 200 msnm aproximadamente, confirmando lo discutido anteriormente. Según Phillips *et al.* (1998), los bosques primarios en la cuenca Amazónica ganan en promedio de 0.62 ± 0.37 t C/ha/año (con un potencial de absorción del 40%), extrapolarlo valores para todos los bosques maduros neotropicales de 0.62 ± 0.30 Gt C/ha/año, criterio aceptado por la FAO (2000) afirmando que es probable que los bosques maduros puedan aumentar en biomasa, y así incrementar el almacenamiento de carbono atmosférico en ellos, aún si las cantidades anuales son pequeñas la absorción que ocurre en toda la cuenca Amazónica por el gran área que involucra la hace globalmente importante, donde el punto fundamental es el tiempo de acumulación.

1.2.6. Depósitos o reservorios de carbono

De acuerdo con la Guía de Buenas Prácticas del Uso de la Tierra, cambio del Uso de la tierra y bosques (IPCC, 2006) existen cinco tipos de depósitos de carbono (Cuadro 4). Según Araujo (2011) la clasificación de reservorios de carbono, considera dos componentes, la biomasa viva y la biomasa muerta (necromasa). La biomasa viva se subdivide en biomasa aérea y biomasa de raíces, tres estratos y/o componentes es necesario aplicar para incluir la biomasa aérea; la biomasa de árboles grandes (BAG), árboles pequeños (BAP) y biomasa herbácea (BH). La biomasa de raíces considera raíces finas y raíces gruesas. La necromasa, se considera tres componentes, árboles muertos en pie (necromasa arbórea parada), árboles muertos caídos (necromasa arbórea caída) y las ramitas, ramas, tallos con diámetro < 2 cm de grosor, hojarasca (necromasa sobre el suelo).

Cuadro 4. Descripción de los distintos tipos de depósitos de carbono

DEPOSITO		DESCRIPCION
Biomasa	Biomasa aérea	Toda la biomasa de la vegetación viva, tanto maderera como herbácea, que se halla por encima del suelo, incluidos tallos, cepas, ramas, corteza, semillas y follaje.
	Biomasa subterránea	Toda la biomasa de las raíces vivas. A menudo, las raíces finas, de menos de 2 mm de diámetro (sugerido), se excluyen porque, empíricamente, no se las puede distinguir de la materia orgánica del suelo o de la hojarasca
Materia orgánica muerta	Madera muerta	Incluye toda la biomasa leñosa no viviente que no está contenida en la hojarasca, ya sea en pie, tendida en el suelo o enterrada. La madera muerta incluye la madera tendida en la superficie, las raíces muertas y las cepas de 10 cm de diámetro o más.
	Hojarasca	Incluye toda la biomasa no viva con un tamaño mayor que el límite establecido para la materia orgánica del suelo (sugerido 2 mm) y menor que el diámetro mínimo elegido para la madera muerta (p. ej. 10 cm), que yace muerta, en diversos estados de descomposición por encima o dentro del suelo mineral u orgánico. Incluye la capa de hojarasca como se la define habitualmente en las tipologías de suelo. Las raíces vivas finas por encima del suelo mineral u orgánico (por debajo del diámetro mínimo límite elegido para la biomasa subterránea) se incluyen con la hojarasca cuando no se las puede distinguir de esta última empíricamente.
Suelos	Materia orgánica del suelo	Incluye el carbono orgánico contenido en suelos minerales hasta una profundidad dada, elegida por el país y aplicada coherentemente a lo largo de la serie temporal. Las raíces finas vivas y muertas que se encuentran dentro del suelo y que miden menos que el límite de diámetro mínimo (sugerido 2 mm) para raíces. El valor por defecto para la profundidad del suelo es de 30 cm.

Fuente: IPCC (2006)



1.2.7. Bosques del Perú

El Perú es un país de bosques, que ocupan casi dos tercios del territorio nacional. A nivel mundial, es el noveno país con mayor extensión de bosques y el cuarto país con mayor superficie de bosques tropicales, por consiguiente la superficie total de bosques del Perú al 2011 es de 73 294 958 millones de hectáreas (MINAM & MINAG, 2011). En el Perú, los bosques son afectados por el cambio de uso del suelo, constituyendo una grave amenaza para su conservación. Al año 2000, el 47.5% de emisiones de gases de efecto invernadero, causantes del cambio climático, se deben a este factor. Conservar los bosques peruanos es una contribución del país, contundente y eficaz, a los esfuerzos globales de mitigación del cambio climático. Paralelamente, seguir contando con estos bosques en nuestro territorio nacional nos ayudará a adaptarnos a este cambio global. Cabe señalar que el Perú está considerado como un país con alta vulnerabilidad frente al mismo, ya que contamos con 7 de los 9 criterios de vulnerabilidad establecidos por la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (MINAM, 2011).

1.2.7.1. Bosques de Selva Baja

Se encuentran ubicados en la cuenca del Amazonas y en algunas partes del país bordean, la frontera del Perú con Ecuador, Colombia, Brasil y Bolivia. Los bosques de selva baja se extienden hasta una altitud que no supera los 800 msnm, desde el nororiente hasta el suroccidente conformado por los departamentos de Loreto, Ucayali, Cusco y Madre de Dios, que cubren una superficie de 53 432 618 millones de hectáreas, lo que equivale al 72.9 % de la superficie de bosque del Perú (MINAM & MINAG, 2011). Sus árboles pueden llegar hasta los 40 metros de altura, con 2-3 metros de diámetro. Las partes bajas de la cuenca del río Amazonas, sufren inundaciones periódicas durante la estación de creciente de los ríos, que crean zonas pantanosas con aguas empozadas llamadas cochas (lagunas abandonadas creadas por la dinámica de los ríos), cuyos árboles tienen un tamaño que oscila entre los 5 y los 25 metros en los que encontramos multitud de especies de flora y fauna. Dentro de la diversa flora presente en este tipo de bosques también encontramos semillas comestibles como la castaña (o nuez amazónica), que en Madre de Dios (donde existen castañales en casi el 20% de su territorio) forma parte de la gastronomía local. También se cuenta con plantas medicinales, como como la uña de gato, la sangre de grado, la copaiba, la chanca piedra

y el ojú. Ofrecen maderas finas como la caoba, el cedro, el tornillo, el shihuahuaco, las cumalas, el estoraque y otras también de gran aceptación en el comercio como la capirona y la lupuna.

1.2.7.2. Bosques de Selva Alta

Se encuentran ubicados en relieves de terrazas, colinas bajas y montañas a lo largo de toda la Amazonía Andina y se dividen en dos zonas muy marcadas según la altitud a la que se localicen, la cual determina su flora y su fauna, que cubren una superficie de 15 736 030 millones de hectáreas, lo que equivale al 21.47 % de la superficie de bosque del Perú (MINAM & MINAG, 2011). Una parte de estos bosques se encuentran por debajo de los 1000 msnm, denominadas como llanura aluvial amazónica y abarcan los departamentos de Amazonas, Cajamarca, Loreto, San Martín, Ucayali, Huánuco, Pasco, Junín, Ayacucho, Cusco, Madre de Dios y Puno. Sus árboles pueden llegar hasta los 40 metros de altura, con 2-3 metros de diámetro. Ofrecen maderas finas como la caoba, el cedro, el shihuahuaco y el estoraque; frutas como el caimito, el huito, el sachamango, la cocona y semillas como el almendro y el sachá inchi; plantas medicinales como la uña de gato, la sangre de grado, la copaiba, los piñones y la chancapiedra. Mientras que un poco más hacia arriba y hacia el sur, se extienden en una franja que oscila entre los 1000 a 3000 msnm, denominados como yungas peruanas, y que abarcan los departamentos de la cuenca amazónica del país, a excepción de Cajamarca. En sus bosques reinan las podocarpaceas (las únicas coníferas nativas del Perú, que se extienden en más de 220 mil hectáreas a lo largo de los flancos montañosos de los andes peruanos) y donde aún podemos encontrar el árbol nacional del Perú: la quina (*Cinchona sp.*), junto a otras especies como los alisos y los nogales. Los árboles alcanzan una altura que fluctúa entre los 12 y los 25 metros, aunque algunas especies pueden llegar a los 45 metros.

1.2.7.3. Bosques Andinos

Se encuentran ubicados en las cimas y los valles interandinos a una altitud de 2000 a 5000 msnm, son los bosques más altos del mundo y abarcan los departamentos de Huánuco, Junín, Huancavelica, Ayacucho, Apurímac, Cajamarca y Cusco, que cubren una superficie de 385 005 mil hectáreas, lo que equivale al 0.53 % de la superficie de bosque del Perú (MINAM & MINAG, 2011). Los Bosques de los Valles Interandinos son secos o semisecos, oscilan a una altitud de 2000 a 4000 msnm, y se caracterizan por

la presencia de cactáceas, muchas de ellas endémicas, y árboles como la tara, el pisonay, la intimpa, algunas especies de cedros andinos, el molle, el chachacomo, los árboles de pati y frutales nativos de creciente mercado nacional, como el sauco y el lúcumo. Los Bosques de la Puna, crecen en el centro y sur del país a alturas que pueden llegar hasta los 5000 msnm. Por su parte, se caracterizan por la presencia de bosquetes de queñual (*Polylepis sp.*).

1.2.7.4. Bosques Montanos Occidentales del Norte

Se encuentran ubicados en los departamentos de Piura y Cajamarca y crecen a una altitud que oscila entre los 1800 y los 3800 msnm, que cubren una superficie de 133 378 mil hectáreas, lo que equivale al 0.18 % de la superficie de bosque del Perú (MINAM & MINAG, 2011). La mayor parte de estos bosques miran hacia el océano Pacífico desde la cordillera occidental de los Andes. Sus árboles miden entre 15 y 25 metros, aunque algunas especies llegan a los 40 metros. Y en ellos crecen las orquídeas, las bromelias, los helechos y las palmeras. Es el terreno de podocarpáceas como el romerillo (de valiosa madera), de las meliáceas, un pariente cercano de los cedros, y de la quina, también llamada cascarilla, cuya corteza medicinal contiene la quinina, un alcaloide que supone una cura efectiva para enfermedades como el paludismo o la malaria.

1.2.7.5. Bosques Secos de la Costa Norte

Se extienden a lo largo de la costa norte del Perú, por los departamentos de Piura, Tumbes, Lambayeque y pequeñas porciones de Cajamarca y La Libertad, que cubren una superficie de 3 235 012 millones de hectáreas, lo que equivale al 4.41 % de la superficie de bosque del Perú, crecen en suelos generalmente arenosos (MINAM & MINAG, 2011). Dentro de los Bosques Secos de la Costa Norte encontramos dos formaciones boscosas muy particulares: los Manglares y el Bosque Tropical del Pacífico. Los Manglares se ubican en la línea costera, entre la tierra firme y el mar, en las regiones de Tumbes y Piura (donde están los Manglares de San Pedro, los más sureños del continente americano). Y su árbol dominante es el mangle (*Rizophora mangle*), especie que alcanza una altura entre los 2 y los 4 metros cuyas raíces aéreas se entrelazan haciendo la zona impenetrable. Su extensión es de 5,709 hectáreas y sus especies están adaptadas para crecer en una zona de encuentro entre los ambientes marinos y los terrestres de la costa. Los Bosques Tropicales del Pacífico, por su parte, se desarrollan en el norte de la región de Tumbes, en la zona de El Caucho (de lluvias

frecuentes y copiosas), y se extienden hasta la frontera con el Ecuador. Sus árboles pueden llegar a los 40 metros de altura y más de 2 metros de diámetro y pareciera que un fragmento de bosque amazónico se desarrolló allí por capricho de la naturaleza. Así, dentro de su flora encontramos la topa, la bolaina negra, el huampo, el mashonaste y la hualaja.

1.2.7.6. Bosques Secos del Marañón

Se ubican a lo largo de la cuenca del río Marañón. Aquel que en el oeste se une al río Ucayali formando el Amazonas. Crecen a una altitud que oscila entre los 600 y los 1200 msnm, en los departamentos de Ancash, Huánuco, La Libertad, Cajamarca, Amazonas y Piura, que cubren una superficie de 372 915 mil hectáreas, lo que equivale al 0.51 % de la superficie de bosque del Perú (MINAM & MINAG, 2011). Sus árboles crecen entre los 4 y los 10 metros, aunque algunos pueden llegar a los 30 metros de altura y 1 metro de diámetro. Y en ellos predominan las cactáceas arbóreas, así como acacias y ceibas, entre otras especies.

1.2.8. Breve historia y acontecimientos sobre REDD en el Perú

En el Perú existen diversos estudios referentes a la determinación de carbono en los principales sistemas de uso de suelos (1998), estudios de línea base de secuestro de carbono en la cuenca del río Nanay (2002) y sobre valoración del carbono forestal (Chambi, 2001; Smith & Mourato, 2002); pero los dos estudios más antiguos relacionados con REDD son el de Lisa Naughton-Treves (2004) denominado “Deforestation and Carbon Emissions at Tropical Frontiers: A Case Study from the Peruvian Amazon”, y el de Freitas *et al.* (2006) denominado “Servicios ambientales de almacenamiento y secuestro de carbono del ecosistema aguajal en la Reserva Nacional Pacaya Samiria, Loreto – Perú”. Ambos trabajos fueron realizados con la perspectiva de una “posible” emisión de “certificados de reducción de carbono para los mecanismos de desarrollo limpio del Protocolo de Kioto”, a pesar que desde Marrakesh (2001) ya había quedado descartada la deforestación evitada como parte del primer periodo de compromisos. Sin embargo, como se puede apreciar desde las etapas más tempranas de la discusión de REDD el Perú ya exploraba las oportunidades para su implementación (Che piu & García, 2011).

El año 2008 se creó el Grupo REDD Perú, actualmente el espacio de participación más importante sobre REDD. La primera reunión de este grupo tuvo como antecedente una reunión el 20 de febrero de 2008, en la cual IIAP, ECOBONA, CI-Perú, CONAM, WWF, IANP, PROFONAMPE y DAR se reunieron a invitación de WWF-Oficina Perú a fin de analizar una Propuesta de Línea Base de Deforestación Evitada en la Amazonía Peruana. En dicha reunión se acordó establecer una red institucional sobre REDD e invitar a otros actores que también estaban involucrados en el tema puesto que, ese año, también se iniciaron las primeras iniciativas de proyectos REDD. El 7 de mayo de 2008 se realizó una segunda reunión con la participación de AIDSESP, AIDER, BSD, CEDIA, CIMA, CONAM, DAR, ECOBONA-Intercooperation, FONAM, FONDEBOSQUE, INRENA, IIAP, SPDA, SZF, TNC, WCS y WWF en la que se acordó la creación del Grupo REDD Perú y se le encargó a DAR su coordinación (Che piu & García, 2011).

Simultáneamente ese mismo año, el Gobierno de Perú apoyó la submission presentada por Paraguay el 15 de abril de 2008 a la Secretaría de la CMNUCC apoyando el enfoque anidado o “nested approach”, sustentado en que REDD requerirá un nivel de capacidad que la mayoría de los países en desarrollo carecen actualmente, y que, por lo tanto, propuso trabajar en las escalas nacionales y subnacionales a fin de garantizar la integridad medioambiental. Asimismo, el 25 de mayo de 2008, Perú solicitó ser incorporado al proceso del FCPF, por lo que debía presentar una Nota de Idea de Preparación para “Readiness” (R-PIN). Es así que el 31 de julio sometió un R-PIN elaborado por el MINAM y el FONAM. Dicho R-PIN fue aprobado durante las primeras Asamblea y Comité de Participantes del FCPF realizado en Washington el 19 y 22 de octubre de 2008 (Che piu & García, 2011).

En agosto del 2008 WWF, CI, TNC y Rainforest Alliance organizaron el primer curso introductorio sobre REDD que fue dado a funcionarios públicos e integrantes del Grupo REDD Perú. En octubre de 2008, el Gobierno Regional de San Martín y el Grupo REDD Perú organizaron el Primer Seminario Taller sobre REDD que se realizó en Tarapoto. El resultado de la misma fue la primera declaración política firmada por el gobierno central y los Gobiernos Regionales, sociedad civil, organizaciones indígenas, fondos, instituciones de investigación y empresas interesadas en trabajar sobre REDD, denominada Declaración de Tarapoto. Asimismo, en diciembre de 2008 durante la COP 14 en Poznan, el Ministro del Ambiente propuso que el Perú conservaría 54 millones de



hectáreas de bosque como una contribución a reducir las emisiones de GEI provenientes de la deforestación y degradación forestal (Che piu & García, 2011).

En julio de 2009 el MINAM conformó el Grupo Técnico de REDD de la Comisión Nacional de Cambio Climático (CNCC) y el Grupo REDD Perú fue elegido como su coordinador. En noviembre de 2009, Conservación Internacional y el MINAM convocaron a la primera reunión para elaboración de la Propuesta de Preparación para “Readiness” (R-PP). Durante la COP 15 en Copenhague, el Ministro del Ambiente ratificó la posición de reducir a cero la tasa de deforestación neta para bosques tropicales al 2021, que representaría el 47.5% de las emisiones de GEI de Perú, asimismo, Perú junto con Ecuador realizó un “side event” en el que presentaron sus avances en lo que respecta a REDD (Che piu & García, 2011).

En enero de 2010, con motivo de la visita de una misión del Banco Mundial se retomó la organización del trabajo para el R-PP. En febrero el MINAM volvió a convocar a las organizaciones integrantes del Grupo REDD Perú y del Grupo Técnico de REDD para organizar los aportes al proceso de elaboración del R-PP. Paralelamente, el gobierno postuló a ser uno de los países piloto del FIP, para lo cual fue seleccionado en el mes de marzo de 2010 (Che piu & García, 2011).

En abril de 2010 el MINAM presentó el primer borrador del R-PP al FCPF, que fue puesto luego en consideración de los integrantes del Grupo REDD Perú. Dicho documento fue presentado al Sexto Comité de Participantes del FCPF (Georgetown, junio 2010) pese a que desde antes había recibido una gran cantidad de observaciones de diversos actores, entre ellos, del Panel de Expertos. Con la finalidad de contribuir a la mejora de dicho documento, el Grupo REDD Perú acordó con el MINAM que el proceso de elaboración de la versión final del R-PP se haría en dos fases: La primera sería para elaborar un segundo borrador a ser sometido en el Séptimo Comité de Participantes (noviembre de 2010); y la segunda fase sería para elaborar la versión final del RPP a ser sometido en el Octavo Comité de Participantes (marzo de 2011). Para esa primera fase, el Grupo REDD Perú estableció el siguiente mecanismo interno de participación: conformó comités técnicos y organizó reuniones de presentación de sus recomendaciones, que se realizaron durante julio y agosto de 2010 (Che piu & García, 2011).

En septiembre de 2010, el MINAM presentó al FCPF la segunda versión borrador del R-PP, la que fue compartida con el Grupo REDD Perú tres días después y en la que se incorporaron algunas de las recomendaciones hechas por los comités técnicos y se mencionaron algunas de las preocupaciones planteadas por las organizaciones indígenas, sin incorporarlas como acuerdos. Este segundo borrador del R-PP fue presentado durante la Séptima Reunión del Comité de Participantes del FCPF realizada en noviembre de 2010 en Washington D.C (Che piu & García, 2011).

Paralelamente, en junio de 2010, en el marco del Acuerdo de Copenhague el gobierno peruano comunicó a la Secretaría de la CMNUCC que una acción nacional adecuada para la mitigación sería la reducción a cero por ciento de la tasa de deforestación neta de bosques primarios naturales al 2021. Dicha meta voluntaria fue ratificada en septiembre de 2010 en Nueva York por el Presidente de la República, Alan García, ante la 65ava Asamblea General de las Naciones Unidas. Asimismo, en julio de 2010 el MINAM y el MEF crearon el Programa Nacional de Conservación de Bosques con el objetivo de conservar 54 millones de hectáreas de bosques tropicales como una contribución a la mitigación frente al cambio climático y al desarrollo sostenible y con un plazo de existencia de 10 años (Che piu & García, 2011).

En enero de 2011 llegó al Perú la Misión Exploratoria del FIP, con el objetivo de realizar un primer acercamiento entre las autoridades e instituciones nacionales y los bancos multilaterales, a fin de establecer los lineamientos generales para la elaboración de la Estrategia de Inversión Forestal. Asimismo, la primera semana de febrero se organizó, en Pachacamac, la Consulta para el Mecanismo dedicado para Pueblos Indígenas del FIP, el que tuvo como resultado la Declaración de Pachacamac. También, los primeros días de febrero se difundió a través de la página web del FCPF la tercera versión del R-PP, luego de lo cual el MINAM informó que la sometería el R-PP en la Octava Reunión de Participantes a llevarse a cabo en marzo, para lo cual esperaba el apoyo del Grupo REDD Perú (Che piu & García, 2011).

En atención del pedido del MINAM, el Grupo REDD Perú decidió organizar un taller el 25 de febrero para revisar la tercera versión del R-PP y asimismo tener un Taller Nacional en la ciudad de Tarapoto, el 14 y 15 de marzo, para analizar la situación general de los procesos REDD y la reorganización del Grupo. Como resultado del taller del 25 de febrero se enviaron 52 aportes para mejorar la tercera versión del R-PP, pero

la mayoría no fueron incorporados en la última versión del R-PP que el Perú presentó el 4 de marzo del 2011. En reuniones sostenidas entre el MINAM y AIDSESEP durante la segunda semana de marzo llegaron a tres puntos de acuerdo para ser incorporados en el R-PP. Luego del Taller Nacional del Grupo REDD, éste se reunió con el MINAM y también alcanzaron acuerdos. Durante la 8va reunión del Comité de Participantes del Fondo Cooperativo para el Carbono de los Bosques (FCPF, por sus siglas en inglés) del Banco Mundial, realizada del 23 al 25 de marzo en Da Lat, Vietnam, se aprobó la asignación para el Perú de 3.6 millones de dólares del Fondo de Preparación para REDD, luego que el gobierno de Perú presentara su R-PP y anunciara los acuerdos alcanzados por el MINAM con AIDSESEP y con el Grupo REDD Perú (Che piu & García, 2011).

1.2.9. Iniciativas REDD+ en Madre de Dios

Se ha identificado once iniciativas REDD + en diferentes áreas de trabajo (Cuadro 5), en la región de Madre de Dios (Hajek *et al.* 2011; FONAM, 2011). La región está dentro de los Hotspot Andes Tropicales, uno de los hábitats con mayor biodiversidad y amenazas del planeta (Myers *et al.* 2000 citado por Hajek *et al.* 2011) y en parte dentro del suroeste de la Amazonía eco-región (Olson *et al.* 2001 citado por Hajek *et al.* 2011), que conserva más del 95% de la cobertura de bosque primario.

Se ha identificado que las empresas Asesorandes y Bosques Amazónicos (BAM) son desarrolladores de proyectos activos, también participan en la etapa de marketing y ventas de bonos de carbono. El desarrollo de estas iniciativas tiene un efecto de embudo siendo el más importante la ausencia de una metodología validada de certificación VCS (Hajek *et al.* 2011).

Por lo tanto de los once proyectos REDD+, siete han entrado en la etapa de desarrollo y cuatro han sufrido o están en proceso de validación de una norma reconocida internacionalmente. Tres de los proyectos están participando activamente en tratar de vender los créditos, de los cuales hasta la fecha sólo uno, el proyecto REDD Maderacre, ha vendido créditos de carbono REDD+ a la entidad financiera Scotiabank Perú (Hajek *et al.* 2011).

Cuadro 5. Iniciativas REDD+ en Madre de Dios.

Nº	Nombre del Proyecto	Promotor, asesores técnicos	Socios del Proyecto (Beneficiadores del negocio)	Estándares a utilizar	Hectáreas (Ha)
1	Proyecto REDD en la Concesión de Conservación Los Amigos	ONG ACCA/ Winrock Internacional, Carbon Decisions	SFM BAM Ltd.	VCS y CCBA	145 965
2	Proyecto REDD en la Concesión de Ecoturismo "Inkaterra" y la Concesión de Conservación de "Bioconservación Amaru Mayo" y "Inkaterra - Tambopata"	ONG INKATERRA ASSOCIATION	*	Por definir	11 771
3	Proyecto REDD en la Comunidad Nativa "Bélgica"	FONAM, ASESORANDES/ ONG AIDER	ASESORANDES, CN Bélgica	Por definir	53 394
4	REDD como un mecanismo para la sostenibilidad del manejo de contrato de la Reserva Natural "Tambopata" y el Parque Nacional "Bahuaaja-Sonene"	ONG AIDER/ Carbon Decisions	SFM BAM Ltd.	VCS y CCBA	5 800 000
5	REDD a través del manejo sostenible del bosque en Concesiones de Reforestación	Bosques Amazónicos S.A.C	SFM BAM Ltd, CEFOREMAD	Por definir	85 000
6	REDD a través del manejo de Concesiones de Castaña en Madre de Dios	Bosques Amazónicos S.A.C	SFM BAM Ltd, FEPROCAM	Por definir	310 000
7	Proyecto REDD en la Amazonia de Madre de Dios	Concesión Forestal Maderacre y Maderya/ ONG AIDER, GREENOXX	GREENOXX, Concesión Forestal Maderacre y Maderya	CCX y CCBA	100 000
8	Proyecto REDD en la Comunidad Nativa "Infierno"	ONG AIDER	SFM BAM Ltd, CN Infierno	Por definir	11 165
9	ACCA Castaña	ONG ACCA	ASECAM	Por definir	379 000
10	Proyecto REDD en la Concesión Forestal "Pirámide"	ONG CREES	Concesión Forestal Pirámide	Por definir	21 868
11	Proyecto REDD en la Comunidad Nativa "Diamante" y "Shipetiari"	ONG Servicios Ecosistémicos Perú	CN Diamante y Shipetiari	Por definir	56 000

Fuente: Hajek *et al.* (2011); FONAM (2011) (modificado); Elaboración propia (2012). (*) Sin dato

1.3. Conceptos fundamentales

1.3.1. Biomasa

Es la cantidad total de materia viva presente en un sistema biológico, generalmente se expresa en unidades de peso seco por unidad de superficie (Mg/ha o t/ha). (Brown, 2003 citado por Araujo, 2011).

1.3.2. Captura de carbono

Captación y almacenamiento de carbono, el carbono no se libera. Los árboles absorben dióxido de carbono y emiten oxígeno a través de la fotosíntesis. Los árboles también almacenan carbono en su biomasa, como madera. (Angelsen *et al.* 2010).

1.3.3. Cambio climático

Es un cambio que le es atribuido directa o indirectamente a las actividades humanas que alteran la composición global atmosférica, agregada a la variabilidad climática natural observada en periodos comparables de tiempo. (Palomino, 2007).

1.3.4. Dióxido de carbono

Gas incoloro, inodoro e incombustible que se encuentra en baja concentración en el aire que respiramos (en torno a un 0,03% en volumen). El dióxido de carbono (CO₂) se genera cuando se quema cualquier sustancia que contiene carbono. También es un producto de la respiración y de la fermentación. Las plantas absorben dióxido de carbono durante la fotosíntesis. (Palomino, 2007).

1.3.5. Ecuaciones o modelos alométricos

Un modelo alométrico es una relación matemática entre una variable independiente y una dependiente. La biomasa puede ser estimada a partir de métodos destructivos (peso de componentes de individuos) o a partir de parámetros biométricos estimados en campo directamente (diámetro y altura). (Chacín, 1998; Nelson *et al.* 1999; Gayoso *et al.* 2002; Lino, 2009).

1.3.6. Fuente

Cualquier proceso, actividad o mecanismo que libera un gas de efecto invernadero a la atmósfera (Palomino, 2007).



1.3.7. Gases de efecto invernadero

Gases integrantes de la atmósfera de origen natural y antropogénico, que absorben y emiten radiación en determinadas longitudes de ondas del espectro de radiación infrarroja emitido por la superficie de la Tierra, la atmósfera y las nubes. El dióxido de carbono (CO_2), óxido nitroso (N_2O) y metano (CH_4) son los principales gases de efecto invernadero en la atmósfera terrestre. Además existe en la atmósfera una serie de gases de efecto invernadero totalmente producidos por el hombre, como los halocarbonos y otras sustancias que contienen cloro y bromuro, de las que se ocupa el Protocolo de Montreal. Además del CO_2 , N_2O , y CH_4 , el Protocolo de Kioto aborda otros gases de efecto invernadero, como el hexafluoruro de azufre (SF_6), los hidrofluorocarbonos (HFC), y los perfluorocarbonos (PFC). (Palomino, 2007).

1.3.8. Reservorios

Reservorio o depósito que tiene la capacidad de acumular o liberar carbono. Los Acuerdos Marrakesh estipulan que se deben contar todos los cambios en los siguientes reservorios de carbono: biomasa de superficie, biomasa subterránea, basura, madera muerta y carbono orgánico del suelo. (Angelsen *et al.* 2010).

1.3.9. Secuestro de carbono

Es cualquier incremento de carbono que no sea en el stock de la atmósfera. Así por ejemplo una plantación está removiendo activamente carbono de la atmósfera y aumentando el stock en la biomasa, pero también lo hacen los bosques naturales aunque con una menor tasa. Se expresan en t/ha/ año. (Angelsen *et al.* 2010).

1.3.10. Servicio ambiental

Son el resultado de procesos ecológicos de los ecosistemas que generan beneficios económicos, sociales y ambientales a la sociedad, como; captura del dióxido de carbono, conservación de la biodiversidad, servicios hidrológicos, belleza escénica, protección contra desastres naturales. (Palomino, 2007).

1.3.11. Stock de carbono

Es la cantidad absoluta de carbono almacenado en un depósito en un momento determinado, generalmente expresado en Mg C /ha o t C/ha. (Rügnitz *et al.* 2009).

CAPITULO II

MATERIALES Y METODOS

2.1. Descripción del área de estudio

2.1.1. Información General

Solicitante: Inversiones Maldonado S.A.C

Representante Legal: Rolando Sota Pulido

Descripción: Concesión de Conservación “Gallocunca”

Referencia: MEMORANDUM N° 2150-2008-INRENA-IFFS-DACFFS

Área total: 527.5 has.

Perímetro: 11725.534 ml.

2.1.2. Ubicación del área de estudio

El área de estudio se localiza en la Selva Sur Oriental del Perú en la Región de Madre de Dios, ubicada geográficamente entre los 12° 49' 35.8'' y 12° 46' 53.2'' de latitud Sur y entre los 69° 25' 26'' y 69° 24' 19.4'' de longitud Oeste, dentro de la zona de amortiguamiento de la Reserva Nacional Tambopata.

Cuadro 6. Ubicación política.

Departamento	Madre de Dios
Provincia	Tambopata
Distrito	Tambopata
Sector	Baltimore

Fuente: Elaboración propia (2012).

Cuadro 7. Coordenadas UTM (Zona 19, WGS 84).

Vértice	Este (E)	Norte (N)	Referencia
P1	453955	8587038	Qda. Aguajalillo
P2	455996	8582988	Qda. Aguajalillo
P3	454892	8582411	
P4	453902	8582117	
P5	453902	8582711	Qda. Toren
P6	453960	8584755	Qda. Toren

Fuente: Elaboración propia (2012).

2.1.3. La Accesibilidad

El acceso a la concesión es por vía terrestre y fluvial. Por vía terrestre se toma la carretera a Infierno hasta Puerto Nuevo, ubicado en la Comunidad de Infierno, aproximadamente a 23 kilómetros de la ciudad de Puerto Maldonado. Por vía fluvial, en Puerto Nuevo se aborda un deslizador, río arriba del Río Tambopata aproximadamente a 1 hora y 25 minutos hasta llegar al Albergue Tambopata EcoLogde (margen derecha). Luego se camina para llegar a la concesión de conservación a través de una trocha aproximadamente 45 minutos. (Figura 3).

2.1.4. Geología

Según el Mapa geológico se encuentra dentro del Cuaternario Pleistoceno, en la formación Maldonado. Esta unidad considera a todos los depósitos de gravas, conglomerados y areniscas que distribuyen en la penillanura de Madre de Dios. Se presentan en terrazas planas de origen aluvial de aproximadamente 5 a 10 metros de altura. El relieve del terreno es plano ligeramente ondulado, originado en los últimos periodos de erosión activa y profundización del río Tambopata (Castro, 2008).

2.1.5. Suelos

Agrupar suelos originados a partir de sedimentos aluviales antiguos de topografía plana ubicadas en terrazas altas de ligera a moderadamente disectada. Son suelos profundos a muy profundos, con desarrollo genético y con perfiles tipo ABC, con drenaje bueno a moderado; los colores varían de pardo fuerte a rojo amarillento; la textura varía de moderadamente gruesa a moderadamente fina. Son de reacción extremadamente ácida (PH 4.3), con contenido bajo de materia orgánica, fósforo y de potasio disponible, la saturación de bases oscila entre 25 y 27%. De acuerdo a las características químicas mencionadas son suelos de fertilidad natural baja (Escobedo, 2008).

2.1.6. Hidrología

El sistema hidrológico de la concesión está conformado por la quebrada Toren y la quebrada Aguajalillo que desembocan en el río Tambopata, tributario del Río Madre de Dios (Figura 3). (Elaboración propia, 2012).

2.1.7. Clima

El clima es cálido tropical, caracterizándose por tener temperaturas constantes, con promedios mensuales de entre 24 - 26 °C, con valores mínimos entre los 12 - 20 °C y máximos entre 33 - 37 °C. Las temperaturas mínimas se registran los meses de mayo, junio, julio y agosto; meses donde ocurren los llamados “Frijajes”, fenómeno que dura de un día a una semana, pudiendo excepcionalmente prolongarse por dos semanas. El clima en el área se caracteriza por presentar dos estaciones moderadamente marcadas, la época seca o verano que va desde el mes de mayo hasta noviembre, y la época de lluvias o invierno que va desde diciembre hasta abril, pudiendo variar según el fenómeno del niño (INRENA, 2003).

2.1.8. Bosque de terraza disectada suave (BTdS).

Criterio fisiográfico. Es un bosque que se ha formado a partir de bosques de terrazas altas, que han sido sectadas a través de los años por el cauce de quebradas, simulando en la actualidad un área de ligera a moderadamente colinosa, por lo general circundan a terrazas altas, de donde se inician las quebradas que sectan estas terrazas. Presentan una topografía que va de suave a medianamente accidentada con pendientes que están en un rango de 10 a 60%. En este tipo de bosque se pueden encontrar sub-tipos como bosques de diferente vigor, bosque con paca y pacal. (INRENA, 2003; AIDER, 2011).

2.1.9. Bosque con paca de terrazas altas (BPTa)

El relieve es relativamente plano, con alturas respecto al nivel de base local del río que fluctúa de 10 a 20 metros, presenta pendientes suaves llegando al 3 %, con algunos sectores disectados, que hace que el diseño de un aprovechamiento forestal maderable, sea relativamente factible sin el riesgo del deterioro del ecosistema. La vegetación predominante es la arbórea llegando muchos de ellos a sobrepasar los 35 metros de altura al igual que sus DAP superan un metro (100 cm), destacando entre ellas especies de Tahuari (*Tabebuia serratifolia*), Caucho (*Castilla ulei*), Sapote (*Matisia sp.*), Huayruro (*Ormosia sp.*), Misa (*Couratari sp.*), Azucar huayo (*Hymenaea oblongifolia*) entre otros, asociada con palmeras tales como Huasai (*Euterpe precatória*), Pona (*Iriartea deltoidea*), Huicungo (*Astrocaryum murumuru*), Shapaja (*Attalea phalerata*) y Cashapona (*Socratea exorrhiza*), con un sotobosque semidenso con especies de regeneración natural de palmeras y árboles, con cañas de bambú de *Guadua sp.* o Pacas. (Encarnación *et al.* 2008).

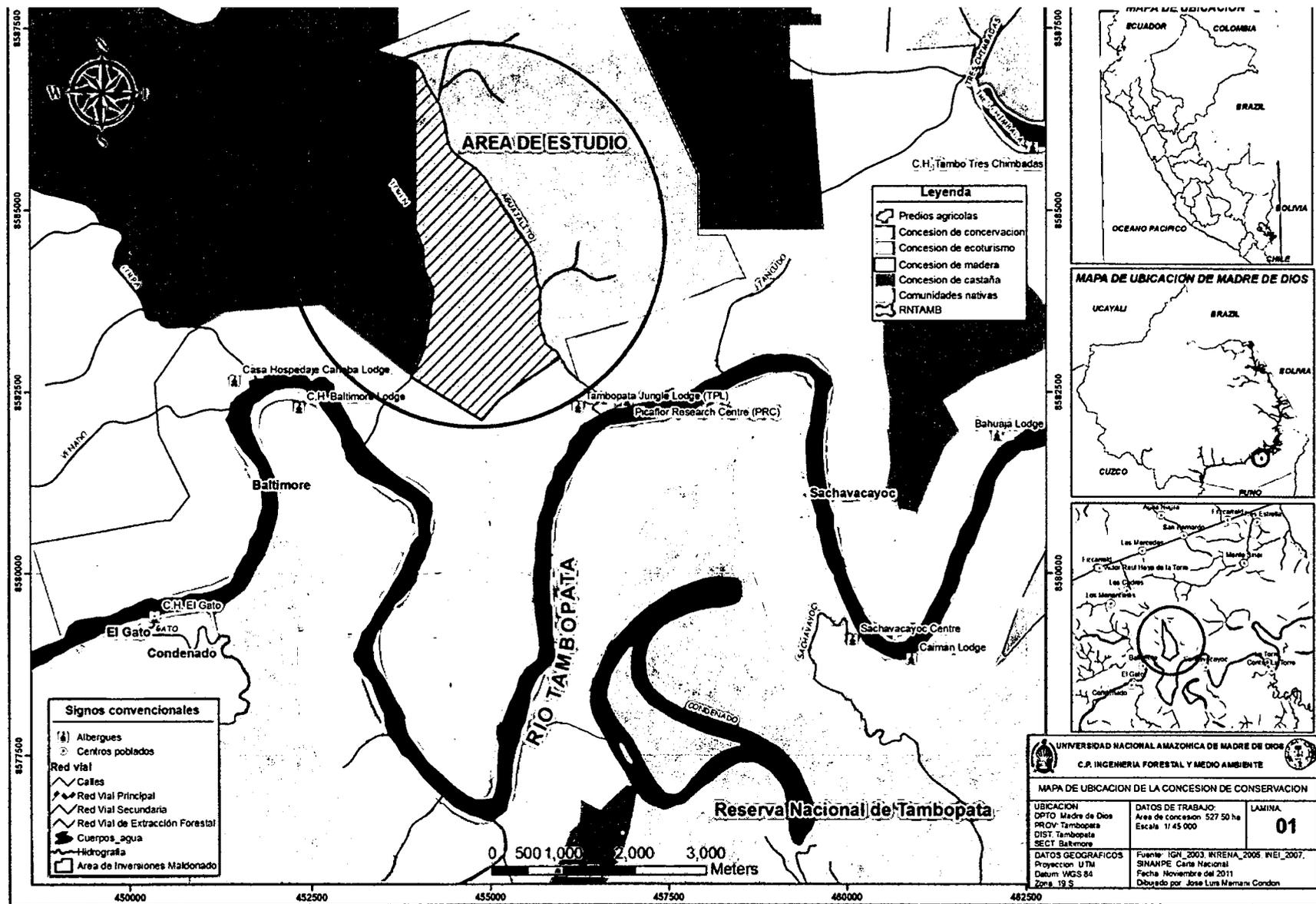


Figura 3. Ubicación de la concesión de conservación “Gallocunca” - Inversiones Maldonado. Sector Baltimore, Distrito de Tambopata. Madre de Dios - Perú.
Fuente: Elaboración propia (2012).

2.2 Materiales, equipos y herramientas

Cuadro 8. Materiales utilizados en la investigación.

CODIGO	RUBRO
I	Materiales
I.1	Lápiz con borrador
I.2	Plumón grueso indeleble negro
I.3	Cinta de agua rojas
I.4	Cinta masking tape blanca
I.5	Micas
I.6	Sobre manila
I.7	Tablero de campo
I.8	Mapas de muestreo - A 3
I.9	Formatos de hoja de datos 1 y 2
I.10	Papel bond A4 80gr
I.11	Folder
I.12	Papel aluminio
I.13	Tinta de impresora
I.14	Papel periódico
I.15	Prensa botánica
I.16	Pilas Duracell AA
I.17	Sacos Polietileno
I.18	Botas de jebe
I.19	Poncho de plástico o impermeables
I.20	Balde de pintura rojo
II	Equipos
II.1	Laptop TOSHIBA (Programas Microsoft Office)
II.2	Programa ArcGIS 9.3
II.3	GPS Garmin 60 CSX Map
II.4	Cámara digital Sony DS 700
II.5	Brújula SUUNTO
II.6	Clinómetro SUUNTO
II.7	Balanza mecánica
II.8	Balanza electrónica de 0.01 precisión
II.9	Estufa, horno de secado
II.10	Cinta diamétrica de 1 metro
II.11	Cinta diamétrica de 10 metros
II.12	Wincha de 50 metros
III	Herramientas
III.1	Tijera podadora
III.2	Binocular
III.3	Machete
III.4	Lima triangular
III.5	Navaja
III.6	Brocha
IV	Servicios
IV.1	Laboratorio Ambiental Regional

Fuente: Elaboración propia (2012).

2.3 Metodología

El método que se utilizó en el diseño de la parcela y el inventario de carbono en el reservorio de biomasa aérea y sus componentes (biomasa de árboles grandes - BAG, biomasa de árboles pequeños - BAP y biomasa herbácea - BH), estuvo basado en la metodología de Honorio *et al.* (2010) y Araujo (2011). Para estimar la BAG y BAP se empleó ecuaciones alométricas de LULUCF (2003) citado por Rüginitz *et al.* (2009), la BH se estimó con la fórmula de laboratorio citado por Rüginitz *et al.* (2009).

2.3.1 Tipo de investigación

La investigación fue descriptiva, consistió en observar y estimar los componentes de BAG, BAP y BH. A partir de estos datos se estimó la biomasa aérea, el stock de carbono aéreo y el carbono equivalente (CO₂-equi).

2.3.2 Estadística empleada

Se utilizó fórmulas como el promedio, la desviación estándar, el coeficiente de variación, y el número de muestras de Rüginitz *et al.* (2009) (ver Cuadro 9) en la evaluación del componente de biomasa de árboles grandes.

Cuadro 9. Formulas estadísticas.

$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}$	$S^2(x) = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}$	$S(x) = \sqrt{S^2(x)}$
Promedio	Varianza	Desviación estándar
$CV = \frac{S(x)}{\bar{X}} \times 100$	$n = \frac{t^2 \times CV^2}{E\%^2}$	
Coficiente de variación	Numero de muestras	
$S_x = \frac{S(x)}{\sqrt{n}}$	$LC = \bar{X} \pm t(S_x)$	$Er = \frac{t \times CV}{\sqrt{n}}$
Error de muestreo estándar	Limite de confianza	Error de muestreo relativo

Fuente: Rüginitz *et al.* (2009) (modificado).

Dónde:

X_i : Valor observado de unidad *i*-ésima de la muestra.

n : Número de las unidades de la muestra (Tamaño de muestra).

\bar{X} : Promedio.

Se realizó un muestreo del componente de biomasa de árboles grandes con 5 parcelas de muestreo, en el Cuadro 10 se aprecia los parámetros estadísticos como el promedio (188.62 t/ha), la desviación estándar (22.55 t/ha) y el coeficiente de variación (11.96 %), el error del 10% y el valor de "t" Student de 2.78, se reemplazaron en la fórmula genérica del cálculo del número de parcelas que se presenta a continuación:

$$n = \frac{t^2 \times CV^2}{E\%^2}$$

Dónde:

n : Número de muestras, o de parcelas.

t : Valor de la tabla t-student, GL 95%.

CV : Coeficiente de variación (%).

E : El nivel de precisión recomendado es de $\pm 10\%$.

Finalmente se determinó el número de muestras (parcelas de muestreo) en 12 unidades, y posteriormente se distribuyó las parcelas de modo aleatorio en el área de la concesión de conservación "Gallocunca", con la herramienta Create Random Points de ArcGIS 9.3, el cual crea un número específico de proposiciones aleatorias en un área (Anexo 2.2), definidos por el investigador (Elaboración propia, 2012).

Cuadro 10. Parámetros estadísticos de las parcelas de muestreo de BAG.

Parámetro	Valor	Unidad
Área de parcelas (A)	0.5	Hectárea
Parcelas de muestreo (n)	5	
Mínimo (Min.)	156.8	t/ha
Máximo (Max.)	219.3	t/ha
Promedio (\bar{X})	188.6	t/ha
Desviación estándar (S_x)	22.55	t/ha
Coeficiente de variación (CV)	11.96	%
"t" de Student (t)	2.776	G.L
Error de muestreo (E)	13	%
Numero de muestras (N)	12	
Área total de muestreo (AT)	6	Hectárea

Fuente: Elaboración propia (2012)



2.3.3 Tamaño, Forma y Diseño de la parcela

2.3.3.1 Tamaño de la parcela

El tamaño de la unidad de muestreo se estableció en 0.5 hectáreas, la cual representa el tamaño mínimo para una caracterización eficiente y detallada de la composición florística, dispersión de las especies y de los parámetros volumétricos y biomasa de la vegetación (CEDISA, 2009; Honorio *et al.* 2008 citado por Cruzado *et al.* 2010).

2.3.3.2 Forma de la parcela

En cuanto al diseño de la unidad de muestreo, en estudios realizados (Chave *et al.* 2003 citado por Honorio *et al.* 2010), se ha demostrado que la unidad de muestreo de forma rectangular tipo faja es más eficiente para la evaluación de bosques tropicales de alta variabilidad, por considerar la variación en la estructura del bosque, como la presencia de árboles pequeños, árboles grandes y claros naturales (Cruzado *et al.* 2010).

2.3.3.3 Diseño de la parcela

El diseño de la parcela, fue un diseño de parcelas rectangulares anidadas, de 50 m de ancho por 100 m de largo, en el centro se trazó un cuadrante de 20x20 m, en el cual se incluyó otro cuadrado de 4x4 m, Figura 4 (Honorio *et al.* 2010 y Cruzado *et al.* 2010), donde se evaluó los componentes de biomasa de árboles grandes, biomasa de árboles pequeños y la biomasa herbácea respectivamente Figura 4 (Araujo, 2011).

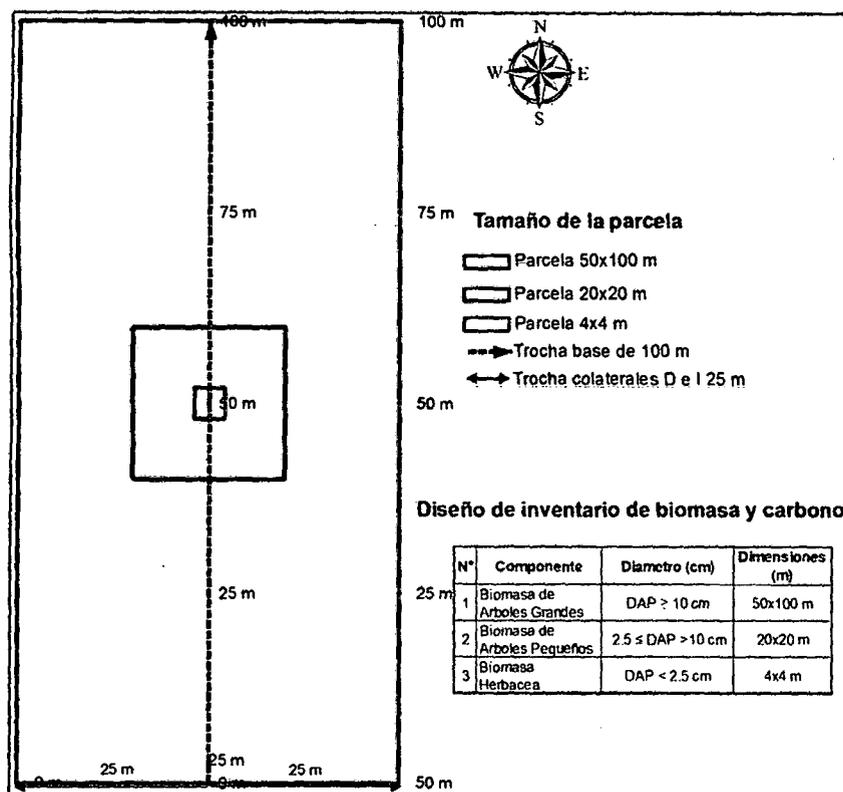


Figura 4. Representación gráfica del diseño de parcelas anidadas para el inventario de biomasa y carbono. Fuente: Elaboración propia (2012); Honorio *et al.* (2010) y Araujo (2011).

2.3.4 Fase de Inventario

2.3.4.1 Instalación de parcelas

Se instaló parcelas permanentes de monitoreo de carbono de 0.5 ha, con diseño de parcelas anidadas para el inventario de carbono. A cada parcela se le asignó un código, por ejemplo IM-1, IM-2 en orden consecutivo hasta el final que se marcó con pintura roja. Ubicada la estación de muestreo, se procedió a abrir la trocha base con machete (en líneas consecutivas), y con la ayuda de la brújula se proyectó hacia el Norte 100 m. En la trocha base se midió 25 m con la wincha y se colocó jalones de manera consecutiva (0, 25, 50, 75 y 100 m) hasta llegar a 100 m. En cada estación se midió (se abrió trochas colaterales); a la derecha con dirección este y/o izquierda con dirección oeste 25 m correspondiente a cada lado, donde se colocaron jalones que nos sirvieron de guías, para no salirnos de la parcela. Es necesario señalar que en la trocha base y trochas colaterales se corrigió la inclinación del terreno con la metodología de Rüginitz *et al.* (2009). Finalmente se instaló las parcelas anidadas como vemos en la Figura 4.



Fotografía 1. Dirección de la trocha base a 0° de azimut.



Fotografía 2. Apertura de la trocha base, en un bosque con paca.

2.3.4.2 Información a registrar

A continuación se describe la información necesaria para el inventario de biomasa y carbono, cabe señalar que la información a registrar está más detallada en las hojas de campo (Anexo 1.1 y Anexo 1.2).

2.3.4.2.1 Especie vegetal (Esp)

Es como se conoce internacionalmente y taxonómicamente a una planta, todos los individuos que no pueden ser identificados como correspondiendo a una determinada especie en el campo, con un 100% de confianza, necesitan ser colectados y codificados. Si no se acierta con la especie, se podría anotar el género o familia y morfoespeciar, por ejemplo *Inga spl*, o Fabácea de hojas chicas. La identificación de las especies es necesaria para la determinación de la composición florística (Ureta, 2009).

2.3.4.2.2 Diámetro a la altura del pecho (DAP)

El diámetro de los árboles es medido con la corteza, a la altura del pecho (1.30 m). El punto de medida del DAP se demarcó y codificó de manera consecutiva con pintura roja en árboles, palmeras, pacas (DAC) y lianas. En tallos delgados se demarcó el punto de medida y se colocó cintas de agua de color rojo, codificadas (Ureta, 2009).



Fotografía 3. Medida del DAP de un Ana caspi (*Apuleia leiocarpa*).



Fotografía 4. Medida del DAC de una Paca (*Guadua weberbaueri*).

2.3.4.2.3 Altura total de los árboles (HT)

El clinómetro es un instrumento que permite medir la altura e inclinación y generalmente requieren de una cinta métrica para establecer la distancia entre el árbol y la persona que realiza la medición. Esta variable es importante para las palmeras y para algunos árboles, porque al estimar su biomasa esta depende de la altura total, como se aprecia en las ecuaciones alométricas de LULUCF (2003) citado por Rüginitz *et al.* (2009) (ver Cuadro 11). A continuación se presenta la ecuación para estimar la altura total (Rüginitz *et al.* 2009 modificado).

$$H = D * [\text{tang}(\text{apice}) + \text{tang}(\text{base})]$$

Dónde:

H : Altura en metros

D : Distancia en metros.

Tang(X) : Tangente del ángulo en grados



Fotografía 5. Lectura del ápice de una Quinilla (*Manilkara bidentata*).



Fotografía 6. Lectura de la base de una Quinilla (*Manilkara bidentata*).

2.3.4.3 Composición florística

El método que se utilizó para determinar la composición florística del bosque con paca de terrazas altas, fue el método colección e identificación en campo y/o gabinete (Ríos, 1982). Se tomó en cuenta durante la colección, muestras con presencia de flores y/o frutos, (muestras fértiles), si no se halló con estas características por el contrario se tomó muestras sin presencia de flores y/o frutos (plantas infértiles). Se colectó y codificó aquellas muestras de plantas que no se pueden identificar en campo al 100 % (Anexo 1.1). Las muestras se identificaron a nivel de familia, género y especie; considerando el uso de claves, comparación del material de herbario, uso de bibliografía especializada y consulta con especialistas en dendrología, de acuerdo con el Sistema de Clasificación Taxonómico Filogenético de Angiospermas de Jud Grupo III (APG III, 2009) actualizado al 2011 del site: <http://www.tropicos.org/> y de acuerdo al Catalogo de Flora de Angiospermas y Gimnospermas del Perú, de Bracko & Zaruchi (1993).



Fotografía 7. Muestra con fruto de Moquete de tigre (*Perebea guianensis*).



Fotografía 8. Prensado de muestras de plantas colectadas.

2.3.4.4 Inventario de biomasa y carbono

2.3.4.4.1 Biomasa de árboles grandes (BAG)

La BAG está compuesta por árboles de gran porte (árboles y palmeras), con $DAP \geq 10$ cm, se evalúa dentro de la parcela de 50x100 m. El punto de medida del DAP se demarcó y codificó con pintura roja, en orden numérico, por ejemplo código de parcela IM-1 y código de árbol 1, "IM-1,1" así consecutivamente hasta el último árbol (Anexo 1.1). En tallos delgados se demarcó el punto de medida y se colocó cintas de agua de color rojo, codificadas (Honorio *et al.* 2010 y Araujo, 2011).



Fotografía 9. Codificado de un Ana caspi (*Apuleia leiocarpa*) con pintura roja, en IM-21.



Fotografía 10. Árbol codificado de Moena negra (*Ocotea oblonga*), en IM-24.

2.3.4.4.2 Biomasa de árboles pequeños (BAP)

La BAP está compuesta por árboles pequeños (arbolitos, arbustos, palmeras, pacas y lianas), con $2.5 \leq DAP < 10$ cm, se evalúa dentro de la parcela de 20x20 m. El punto de medida del DAP no se demarcó con pintura roja, por consiguiente se evaluó y codificó en la hoja de campo (Anexo 1.2), en orden numérico, por ejemplo código de parcela IM-1 y código de árbol 1, "IM-1,1" así consecutivamente hasta el último arbolito (Honorio *et al.* 2010 y Araujo, 2011).



Fotografía 11. Evaluando la biomasa de árboles pequeños, de un Chuchuasi trepador (*Salacia grandiflora*), en IM-12.



Fotografía 12. Evaluando la biomasa de árboles pequeños, de un grupo de pacas (*Guadua weberbaueri*), en IM-24.

2.3.4.4.3 Biomasa herbácea (BH)

La BH con $DAP < 2.5$ cm se evaluó dentro de la parcela de 4x4 m, en ella se colectó todos los arbustos, hierbas y pastos. Es decir se cortó al ras del suelo todos los individuos, luego se determinó el peso fresco con la ayuda de una balanza toda la biomasa presente (PFT), después se mezcló y se tomó 200 gramos de peso fresco de la muestra (PFM); finalmente las muestras se colocaron en envases de plástico, sobres manila, papel periódico y papel aluminio codificándose como BH-1, así consecutivamente hasta la última muestra (Honorio *et al.* 2010 y Araujo, 2011).



Fotografía 13. Delimitando la subparcela de 4x4 m, en IM-15.



Fotografía 14. Corte y colección de hierbas y arbustos, en IM-04.



Fotografía 15. Llenado de saco con hierbas y arbustos, en IM-35.



Fotografía 16. Pesado de la biomasa herbácea total (PFT), en IM-31.



Fotografía 17. Registro del peso de muestra (PFM) con código BH-23, en IM-23.



Fotografía 18. Pesado de la muestra (200 g) (PFM), con código BH-31, en IM-31.

2.3.5 Fase de Laboratorio

Las ecuaciones alométricas generalmente son consideradas el método más preciso para estimar biomasa y, por lo tanto, carbono (Freitas *et al.* 2006).

Cuadro 11. Ecuaciones alométricas para estimar la biomasa (Kg de materia seca por árbol) a nivel local y para regiones amazónicas.

Ecuación alométrica	Especies	Diámetros (cm), otros	N	R ²	Origen de información	Fuentes
$Y = \rho * \text{Exp}(-1.499 + 2.148 * \text{Ln}(\text{DAP}) + 0.207 * (\text{Ln}(\text{DAP}))^2 - 0.0281 * (\text{Ln}(\text{DAP}))^3)$	General	≥ 5	143	0.96	Neotropicos	1
$Y = \text{Exp}(-1.7689 + 2.3770 * \text{Ln}(\text{DAP}))$	General	1-5	20	0.96	Manaos, Brasil	2
$Y = 12.764 + 0.2588 * \text{DAP}^{2.0515}$	<i>Cecropia sp.</i>	1 - 40	(*)	(*)	Bolivia	3
$Y = -0.0582 * H^3 + 4.5868 * H^2 - 43.198 * H + 126.82$	<i>Mauritia flexuosa</i>	6 - 41 altura	16	0.99	Iquitos, Perú	4
$Y = 6.666 + 12.826 * H^{0.5} * \text{Ln}(H)$	<i>Euterpe precatoria</i>	33 altura	(*)	0.75	Bolivia	5
$Y = 139.48 + 7.308H^{1.133}$	<i>Oenocarpus batava</i>	0.5 - 2.5 altura	83	0.83	Porce, Colombia	6
$Y = \text{Exp}(0.952 * \text{Ln}(\text{DAP}) + 0.90 * \text{Ln}(H) - 0.552)$	<i>Oenocarpus mapora</i>	≥ 1	15	0.89	Porce, Colombia	7
$Y = 23.487 + 41.851(\text{Ln}(H))^2$	<i>Attalea phalerata</i>	1-11 altura	(*)	0.62	Bolivia	5
$Y = \text{Exp}(-2.249 + 0.861 * \text{Ln}(\text{DAP}^2 * H))$	Otras palmeras	≥ 1	37	0.94	Porce, Colombia	7
$Y = 7.2581\text{DAC} - 7.0782$	<i>Guadua sp.</i>	≥ 2.5	(*)	0.89	Madre de Dios, Perú	8
$Y = [-21.379 + 0.31375(\text{DAP}) + 0.296H] * 1582.454$	<i>Dipteryx mycrantha</i>	≥30 y 14.28 - 36 altura	64	0.83	Madre de Dios, Perú	9
$Y = [-6.719 + 0.13495(\text{DAP}) + 0.149H] * 1722.030$	<i>Manilkara bidentata</i>	≥30 y 9.1 - 17 altura	62	0.88	Madre de Dios, Perú	9
$Y = [-3.979 + 0.07764(\text{DAP}) + 0.062H] * 1636.715$	<i>Myroxylum balsamun</i>	≥30 y 9.1 - 27 altura	62	0.84	Madre de Dios, Perú	9
$Y = \text{Exp}(0.028 + 1.841 * \text{Ln}(\text{DAP}))$	Lianas	1-11	33	0.87	Porce, Colombia	6

Dónde:

Y: Es la biomasa de árboles, palmeras y lianas en kilogramos (Kg) de peso seco.

DAP: Es el diámetro a la altura del pecho (1.30 m) en centímetros (cm).

DAC: Es el diámetro del cuello (cm).

H: Es la altura total (m).

Ln: Es el logaritmo neperiano.

Exp: Es el exponencial, es el inverso de Ln.

ρ: Es la densidad de la madera (g/cm³). Base de datos para Bosques Amazónicos Zanne *et al.* (2009).

N: Es el número de muestras utilizadas para construir la ecuación.

R²: Es el coeficiente de correlación.

(*): Sin información.

Fuentes: 1) Chave *et al.* (2005); 2) Nascimento & Laurance (2002); 3) Pearson *et al.* (2005); 4) Freitas *et al.* (2006); 5) Delaney *et al.* (1999), Brown *et al.* (2001); 6) Sierra *et al.* (2007); 7) Restrepo *et al.* (2003); 8) Recavaren *et al.* (2009) y 9) Vallenás & Parrillo (2006) (modificado).

Fuente: LULUCF (2003) citado por Rüginitz *et al.* (2009) (modificado).



Se recomienda emplear ecuaciones alométricas generadas localmente y a nivel de bosques tropicales (Cuadro 11) (Araujo *et al.* 1999; Chambers *et al.* 2001; Del Valle *et al.* 2003 citado por Quinto, 2010).

2.3.5.1 Estimación de biomasa de árboles grandes (BAG)

El componente de BAG está compuesta por individuos con diámetros $DAP \geq 10$ cm, que incluye árboles y palmeras; la biomasa se estimó utilizando las ecuaciones alométricas señaladas en el Cuadro 11 el cual utiliza variables como el diámetro a la altura del pecho, altura total y densidad de la especie (Cruzado *et al.* 2010 modificado).

$$BAG (t/ha) = \sum_{i=1}^n [Y] * 0.002$$

Dónde:

BAG : Biomasa del componente de árboles grandes (t/ha).

Y : Biomasa de árboles grandes (Kg).

n : Número de árboles en la parcela con $DAP \geq 10$ cm.

0.002 : Factor de conversión (parcela 50x100 m).

2.3.5.2 Estimación de biomasa de árboles pequeños (BAP)

El componente de BAP está compuesto por individuos con diámetros $2.5 \geq DAP < 10$ cm, que incluyen arbolitos, arbustos, palmeras, pacas y lianas; la biomasa se estimó utilizando las ecuaciones alométricas señaladas en el Cuadro 11 el cual utiliza variables como el diámetro a la altura del pecho, altura total y densidad de la especie (Cruzado *et al.* 2010 modificado).

$$BAP (t/ha) = \sum_{i=1}^n [Y] * 0.025$$

Dónde:

BAP : Biomasa del componente de árboles pequeños (t/ha).

Y : Biomasa de árboles pequeños (Kg).

n : Número de árboles en la parcela con $2.5 \text{ cm} \geq DAP < 10 \text{ cm}$.

0.025 : Factor de conversión (parcela 20x20 m).

2.3.5.3 Estimación de biomasa herbácea (BH)

En el laboratorio las muestras del componente de BH de 200 gramos (PFM) cubiertas con papel aluminio, se secaron a 80 °C en una estufa, hasta encontrar la estabilidad del peso seco (PSM), luego se pesaron las muestras secas en una balanza electrónica (en gramos), lo que después se registró en la hoja de campo del Anexo 1.2. La BH se estimó en unidades de t/ha con la siguiente fórmula de laboratorio de Rüginitz *et al.* (2009), modificada y adaptada con un factor de conversión de 0.625 según Cruzado *et al.* (2010), como se puede observar a continuación:

$$BH \text{ (t/ha)} = [(PSM/PFM)*PFT]*0.625$$

Dónde:

BH : Biomasa herbácea (t/ha).

PSM : Peso seco de la sub muestra colectada (g).

PFM : Peso fresco de la sub muestra colectada (g).

PFT : Peso fresco total de la muestra colectada (g).

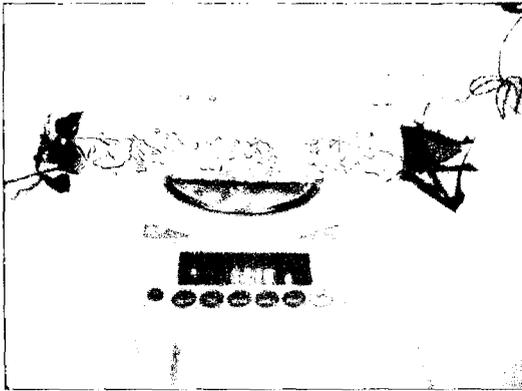
0.625 : Factor de conversión (parcela 4x4 m).



Fotografía 19. Muestras de BH cubierta con papel aluminio.



Fotografía 20. Secado de las muestras de BH a 80°C, en una estufa.



Fotografía 21. PSM en gramos, con código BH-01.



Fotografía 22. Registro PSM, con código BH-01.

2.3.5.4 Estimación de la biomasa aérea (BA)

La estimación de la biomasa aérea se determinó mediante la suma de los componentes de biomasa de árboles grandes, biomasa de árboles pequeños y la biomasa herbácea que a continuación se detalla en la siguiente ecuación (Cruzado *et al.* 2010 modificado).

$$BA \text{ (t/ha)} = [BAG + BAP + BH]$$

Dónde:

BA : Biomasa aérea (t/ha).

BAG : Biomasa de árboles grandes (t/ha).

BAP : Biomasa de árboles pequeños (t/ha).

BH : Biomasa herbácea (t/ha).

2.3.6 Fase de Análisis

2.3.6.1 Cálculo del stock de carbono aéreo (CT)

Existe una relación entre el peso seco y la cantidad de carbono, es aceptado asumir que el 50% del peso seco es carbono (Brown & Lugo 1992; Phillips *et al.* 1998; Dauber *et al.* 2000; Mostacedo *et al.* 2006; Rodríguez *et al.* 2006 citado por Ureta, 2009; Pearson *et al.* 2005; IPCC, 2006; Rüginitz *et al.* 2010). Se calculó el stock de carbono aéreo o cantidad de carbono almacenado en la biomasa aérea, multiplicando a la biomasa aérea (BA) por el factor de conversión a carbono de 0.5, o fracciones de carbono específicas (Cruzado *et al.* 2010 modificado).

$$CT \text{ (t C/ha)} = BA \times 0.5$$

Dónde:

CT : Stock de carbono aéreo (t C/ha).

BA : Biomasa aérea (t /ha).

0.5 : Factor de conversión a carbono (IPCC, 2006).

Se extrapoló el stock de carbono a toda el área de estudio, multiplicándose el stock de carbono por el área de estudio de 527.5 ha (elaboración propia, 2012).

$$CTA \text{ (t C)} = CT \times Ar$$

Dónde:

CTA : Stock de carbono aéreo por todo el área (t C).

CT : Stock de carbono aéreo (t C/ha).

Ar : Número de hectáreas (ha).

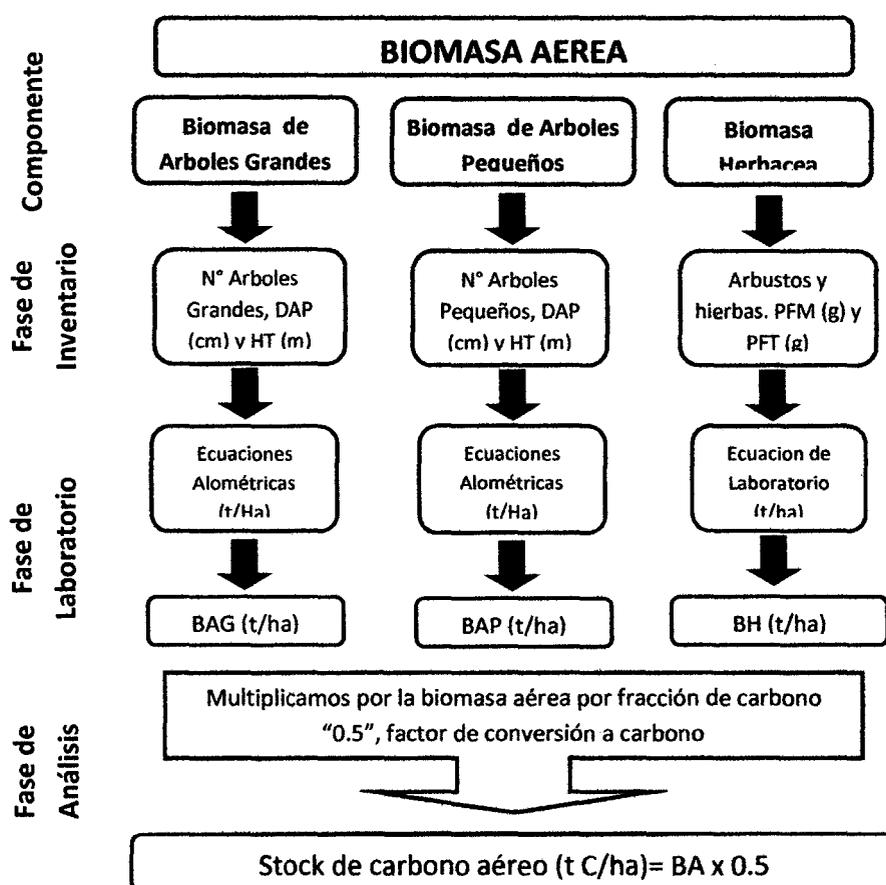


Figura 5. Resumen de la metodología utilizada para la estimación de la biomasa aérea y el stock de carbono aéreo. Fuente: Elaboración propia (2012).

2.3.6.2 Cálculo de la cantidad de carbono equivalente (CO₂-equi)

Para saber la cantidad de carbono equivalente (CO₂-equi) que evitaríamos en emitir a la atmósfera, a partir de la cantidad de carbono almacenado en la biomasa aérea, se multiplica el stock de carbono aéreo por el factor de conversión de 3.67, a carbono equivalente (Rügnitz *et al.* 2009).

$$\text{CO}_2\text{-equi (t CO}_2\text{-equi/ha)} = \text{CT} * 3.67$$

Dónde:

CO₂-equi : Cantidad de carbono equivalente (t CO₂-equi/ha).

CT : Stock de carbono aéreo (t C/ha).

3.67 : Factor de conversión a carbono equivalente (Rügnitz *et al.* 2009).

Para extrapolar la cantidad de carbono equivalente a toda el área de estudio, se multiplicará la cantidad de carbono equivalente por 527.5 has (Elaboración propia, 2012).

$$\text{CO}_2\text{T (t C)} = \text{CO}_2\text{-equi} \times \text{Ar}$$

Dónde:

CO₂T : Cantidad total de carbono equivalente por todo el área (t CO₂-equi).

CO₂-equi : Cantidad de carbono equivalente (t CO₂-equi /ha).

Ar : Número de hectáreas (ha).



CAPITULO III

RESULTADOS Y DISCUSION

3.1. Composición florística del bosque con paca de terrazas altas

3.1.1. Composición florística del componente árboles grandes

Al realizar el inventario de las 12 parcelas de muestreo de 0.5 ha (50x100 m), del bosque con paca de terrazas altas de la concesión de conservación "Gallocunca", se registraron aproximadamente 2804 individuos, 312 especies arbóreas entre árboles y palmeras con $DAP \geq 10$ cm, las cuales están distribuidas en 180 géneros y 60 familias como se aprecia en los Cuadros 18 y 19. La riqueza florística (número de especies, géneros o familias por hectárea), por especie en promedio fue de 191.67 ± 70.35 esp/ha, por géneros en promedio fue de 142.67 ± 39.65 Gen/ha y por familia en promedio fue de 67.67 ± 17.59 Fam/ha para más detalles ver el Cuadro 15.

Las 20 especies con alta abundancia y densidad de individuos son: las palmeras como; *Euterpe precatoria* "Huasai" (195 individuos; 32.50 ind./ha), *Iriartea deltoidea* "Pona" (75; 12.50) y *Socratea exorrhiza* "Cashapona" (37; 6.17). Árboles como; *Leonia glycyarpa* "Tamara" (69; 11.50), *Naucleopsis naga* "Pandishillo" (64; 10.67), *Pourouma minor* "Sacha uvilla" (57; 9.50), *Eschweilera coriácea* "Misa blanca" (54; 9.00), *Iryanthera juruensis* "Cumala bola" (54; 9.00), *Apeiba membranacea* "Peine de mono" (52; 8.67), *Brosimum lactescens* "Tamamuri" (52; 8.67), *Cecropia sciadophylla* "Cetico de altura" (52; 8.67), *Senefeldera inclinata* "Palo oficial" (45; 7.50), *Tetragastris altissima* "Isigo" (41; 6.83), *Pseudolmedia laevis* "Chimicua" (37; 6.17), *Pseudolmedia laevigata* "Yambito" (36; 6.00), *Virola sebifera* "Cumala blanca de hoja marrón" (36; 6.00), *Heisteria nítida* "Cotoma colorada" (34; 5.67), *Lindackeria paludosa* "Huacapusillo" (34; 5.67), *Symphonia globulifera* "Azufre caspi" (34; 5.67) y *Tachigali poeppigiana* "Palo santo" (34; 5.67) como se aprecia en la Figura 6 y los Cuadros 17 y 25.

De igual manera, las palmeras más frecuentes como *Euterpe precatoria*, *Iriartea deltoidea*, *Socratea exorrhiza*, también han sido reportadas por Encarnación *et al.* (2008) y Pintaud *et al.* (2008) citado por Chambi (2009) para el bosque con paca de terraza alta de la región Madre de Dios. Por otro lado, Vormisto *et al.* (2004) citado por



Chambi (2009) reportó 54 especies de palmeras para los bosques de tierra firme de Iquitos, Perú y 36 especies de palmeras para el Yasuni, Ecuador.

Así mismo Kahn & Henderson (1999) citado por Chambi (2009) enfatiza que la palmera *Euterpe precatoria*, es una especie dominante, con gran densidad poblacional. Por consiguiente, se confirma la amplia distribución de esta especie en los bosques de tierra firme del área de estudio.

Diversos trabajos señalan que particularmente la palmera *Iriartea deltoidea* es la más común en los bosques del Parque Nacional del Manu (Pitman, 2000), Los Amigos (Pitman *et al.* 2001, 2002), Yasuni (García, 2005), Santa Rosa (Dueñas *et al.* 2010), Rompeolas (Valenzuela *et al.* 2010) y Loboyoc "Fundo el Bosque" (Alarcón & Zevallos, 2011). Asimismo Pitman *et al.* (2002) citado por Chambi (2009) menciona que la elevada frecuencia de un grupo pequeño de especies representa la oligarquía para los bosques de tierra firme de Madre de Dios.

Por otro lado, Boon (1986) citado por Chambi (2009) registra para los bosques de tierra firme de Bolivia, como especies más importantes, a *Euterpe precatoria* y *Socratea exorrhiza*.

La mayoría de las especies arbóreas como: *Leonia glycyarpa*, *Pourouma minor*, *Eschweilera coriácea*, *Iryanthera juruensis*, *Apeiba membranacea*, *Cecropia sciadophylla*, *Senefeldera inclinata* entre otros como en la Figura 6, también se han registrado por Encarnación *et al.* (2008), Chambi (2009), Dueñas *et al.* (2010) y Alarcón & Zevallos (2011), además se confirma que la elevada frecuencia de un grupo pequeño de especies representa la oligarquía para el bosque con paca de terraza alta de la región Madre de Dios, sin embargo existen algunas especies en común que no se reportaron por 4 autores a excepción del presente estudio como: *Heisteria nítida*, *Lindackeria paludosa* y *Naucleopsis naga*, no se reportarán estas últimas especies por Chambi (2009), Dueñas *et al.* (2010) y Alarcón & Zevallos (2011), *Tachigali poeppigiana*.

Así mismo, Boon (1986) citado por Chambi (2009) registra para los bosques de tierra firme de Bolivia, las especies más importantes como *Iryanthera juruensis* y *Pseudolmedia laevis*.

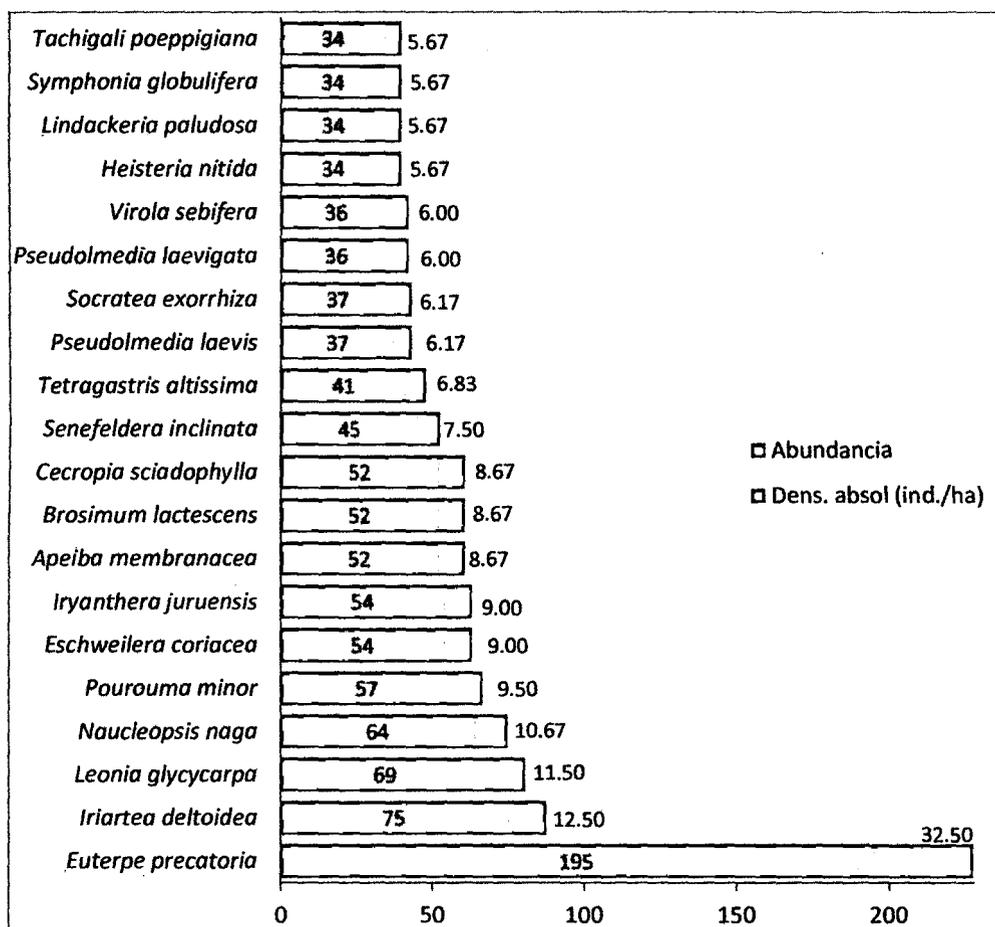


Figura 6. Especies botánicas (20 primeros) con alta abundancia y densidad de individuos del bosque con paca de terrazas altas, con DAP ≥ 10 cm.

Fuente: Elaboración propia (2012).

Las familias más diversas en términos de especies fueron: Fabaceae (43 especies; 13.78% del total), Moraceae (28; 8.97%), Lauraceae (27; 8.65%), Annonaceae (19; 6.09%), Sapotaceae (18; 5.77%), Malvaceae (14; 4.49 %), Chrysobalanaceae (10; 3.21%), Euphorbiaceae (9; 2.88%), Urticaceae (9; 2.88%), Myristicaceae (8; 2.56 %), Rubiaceae (8; 2.56%), Arecaceae (7; 2.24%), Burseraceae (7; 2.24%), Lecythidaceae (7; 2.24%), Meliaceae (7; 2.24%), Myrtaceae (7; 2.24%), Apocynaceae (6; 1.92%), Boraginaceae (5; 1.60%), Anacardiaceae (4; 1.28%), Elaeocarpaceae (4; 1.28%) y Otros sobre 40 familias en (65; 20.83%) como se aprecia en la Figura 7 y Cuadro 20.

Se presentan a continuación las familias más diversas por especie (de algunas familias) del bosque con paca de terrazas altas de la concesión de conservación "Gallocunca": Fabaceae; *Tachigali poeppigiana* "Palo santo", *Inga acrocephala* "Shimbillo paihuaro", *Inga alba* "Shimbillo colorado", *Vatariopsis sp.* "Amarillon", *Inga capitata* "Shimbillo vaca", *Inga thibaudiana* "Shimbillo rufinde", *Tachigali setifera* "Inca



pacae”, *Inga chartacea* “Pacaecillo”, *Tachigali vasquezii* “Inca pacae 1”, *Inga auristellae* “Shimbillo sapo”, *Pterocarpus amazonum* “Palisangre”, *Apuleia leiocarpa* “Ana caspi”, *Hymenaea oblongifolia* “Azucar huayo”, *Pseudopiptadenia suaveolens* “Yermon prueba”, *Cedrelinga cateniformis* “Tornillo” y *Dussia tessmannii* “Frejolon”. Moraceae; *Naucleopsis naga* “Pandishillo”, *Brosimum lactescens* “Tamamuri”, *Pseudolmedia laevis* “Chimicua”, *Pseudolmedia laevigata* “Yambito”, *Helicostylis tomentosa* “Motelo chaqui”, *Pseudolmedia macrophylla* “Pama”, *Naucleopsis krukovii* “Puma chaqui”, *Castilla ulei* “Caucho”, *Maquira guianensis* “Loro micuna”, *Perebea guianensis* “Moquete de tigre”, *Perebea xanthochyma* “Chimicuta” y *Clarisia racemosa* “Mashonaste rojo”. Lauraceae; *Ocotea bofo* “Moena negra”, *Ocotea oblonga* “Moena negra”, *Beilschmiedia towarensis* “Palta moena”, *Ocotea puberula* “Moena chica”, *Nectandra pulverulenta* “Laurel”, *Aniba taubertiana* “Canelon”, *Pleurothyrium cuneifolium* “Moena blanca”, *Aniba guianensis* “Moena amarilla 1” y *Nectandra cuneatocordata* “Laurel” y finalmente Annonaceae; *Anaxagorea crassipetala* “Piraquina”, *Oxandra major* “Espintana cinta”, *Oxandra riedeliana* “Espintana cinta”, *Onychopetalum periquino* “Envira caju”, *Oxandra acuminata* “Espintana cinta”, *Rollinia pittieri* “Anonilla” y *Xylopia parviflora* “Espintana negra” para mas detalles ver Cuadro 20.

Diversos trabajos señalan que particularmente, las familias con alto número de especies fueron; Fabaceae, Moraceae, Lauraceae, Annonaceae, Sapotaceae, Euphorbiaceae, Myristicaceae, Rubiaceae y Arecaceae, registradas en los bosques de San Lorenzo (Dueñas *et al.* 2008), bosques con paca de terraza altas (Encarnación *et al.* 2008), Micaela Bastidas (Vargas *et al.* 2008), bosques del llano inundable adyacentes a los ríos Los Amigos y Madre de Dios (Vela *et al.* 2008), bosques con paca de terraza altas (Chambi, 2009), Santa Rosa (Dueñas *et al.* 2010), Rompeolas (Valenzuela *et al.* 2010), y bosques de terraza baja (Alarcón & Zevallos, 2011), de la región Madre de Dios.

Sin embargo existen familias, con poca representatividad de especies, por lo que no se reportaron por casi todos los autores a excepción del presente estudio, familias como: Chrysobalanaceae, Urticaceae, Burseraceae, Lecythidaceae, Meliaceae, Myrtaceae, Apocynaceae, Boraginaceae, Anacardiaceae, Elaeocarpaceae y Otros sobre 40 familias ver Figura 7 y Cuadro 20.

Esas familias tienen amplia distribución en los hábitats de planicies, los cuales, han sido reportados por Boon (1986), Pitman (2000), Pitman *et al.* (2001, 2002), García (2005), Araujo *et al.* (2009) citado por Chambi (2009), para los bosques de planicies de la Amazonia Peruana, Boliviana y Ecuatoriana. Se confirma la amplia distribución de esas familias, pueden habitar hasta en bosques puros y bosques con paca (*Guadua sp.*). Las “pacas” no han sido una limitante para poblar por esas especies y familias en esos hábitats complejos de “tierra firme”.

Estos resultados confirman la tendencia de que la mayor diversidad está en bosques primarios que no han sufrido un mínimo o ningún tipo de impacto, sobre suelos relativamente ricos.

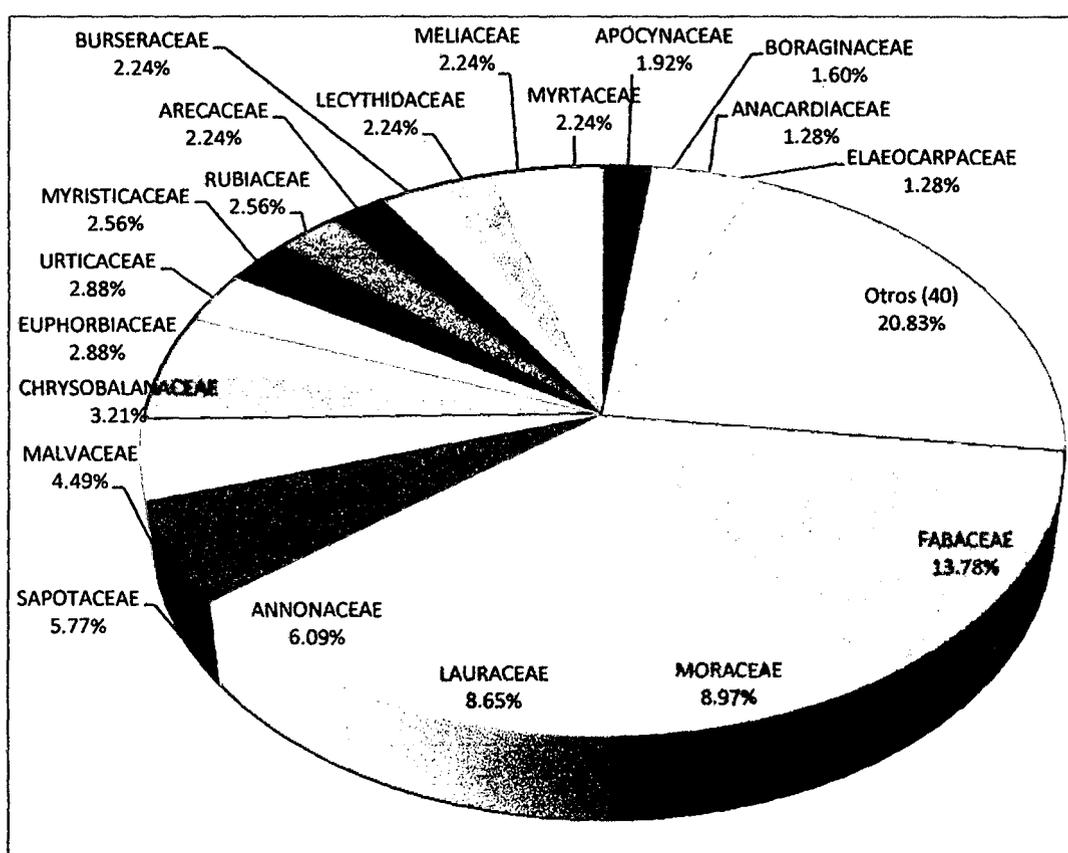


Figura 7. Riqueza de especies en las familias del bosque con paca de terrazas altas, con DAP \geq 10 cm. Fuente: Elaboración propia (2012).



3.1.2. Composición florística del componente árboles pequeños

A realizar el inventario de las 12 subparcelas de muestreo de 0.04 ha (20x20 m), del bosque con paca de terrazas altas de la concesión de conservación “Gallocunca”, se registraron aproximadamente 931 individuos, 223 especies de arbustos entre arbolitos, lianas, bambús y palmeras con $2.5 \leq \text{DAP} < 10$ cm, las cuales están distribuidos en 144 géneros y 55 familias como se aprecia en los Cuadros 22 y 23. La riqueza florística (número de especies, géneros o familias por hectárea), por especie en promedio fue de 1045.83 ± 584.14 Esp/ha, por géneros en promedio fue de 897.92 ± 414.74 Gen/ha y por familia en promedio fue de 622.92 ± 254.28 Fam/ha para mas detalles ver el Cuadro 16.

Las 20 especies con alta abundancia y densidad de individuos son: el bambu como; *Guadua weberbaueri* “Paca” (134 individuos; 279.17 ind./ha). Lianas como; *Arrabidaea sp.* “Cipo cruz” (41; 85.42) y *Doliodarpus dentatus* “Paujil singa” (17; 35.42). Palmeras como; *Oenocarpus mapora* “Sinami” (18; 37.50), *Euterpe precatoria* “Huasai” (10; 20.83). Arbolitos como; *Carpotroche longifolia* “Champa huayo” (28; 58.33), *Duguetia flagellaris* “Tortuga caspi” (27; 56.25), *Hirtella racemosa* “Coloradillo” (21; 43.75), *Capparis sola* “Nina caspi” (18; 37.50), *Symphonia globulifera* “Azufre caspi” (17; 35.42), *Tetragastris altissima* “Isigo” (15; 31.25), *Eugenia sp.* “Guayabilla” (14; 29.17), *Senefeldera inclinata* “Palo oficial” (14; 29.17), *Siparuna decipiens* “Palo agua” (14; 29.17), *Byttneria schunkei* “Apacharama” (130; 27.08), *Neea spruceana* “Palometa huayo” (11; 22.92), *Anaxagorea crassipetala* “Piraquina” (10; 20.83), *Neea macrophylla* “Palometa huayo” (10; 20.83), *Drypetes gentryi* “Yutubanco” (9; 18.75) y *Leonia glycyarpa* “Tamara” (9; 18.75) como se aprecia en la Figura 8 y los Cuadro 21 y 26.

El bambú más frecuente, *Guadua weberbaueri*, se halla en pequeñas comunidades asociadas a lianas como *Doliodarpus dentatus*. También a palmeras más frecuentes como *Oenocarpus mapora* y *Euterpe precatoria* que también fueron reportadas por Encarnación *et al.* (2008) y Chambi (2009) para el bosque con paca de terraza alta de la región Madre de Dios.

La mayoría de las especies de arbolitos como: *Duguetia flagellaris*, *Hirtella racemosa*, *Capparis sola*, *Symphonia globulifera*, *Tetragastris altissima* entre otros, como se muestra en la Figura 8, también se han registrado por Encarnación *et al.* (2008) y Chambi (2009). Una vez más se confirma que la elevada frecuencia de un grupo

pequeño de especies representa la oligarquía para el bosque con paca de terraza alta de la región Madre de Dios, sin embargo existen algunas especies que no se reportaron por 2 autores a excepción de esta investigación, arbolitos como; *Carpotroche longifolia*, *Capparis sola*, *Byttneria schunkei*, *Anaxagorea crassipetala* y liana como; *Arrabidaea sp.* Tal vez se deba a que algunos de ellos se encuentran en pequeñas comunidades, y densas. La especie *Byttneria schunkei*, también se ha registrado en el CICRA, en la cuenca del río de los Amigos y Madre de Dios por el PhD J. P. Janovec, es raro encontrar en bosques de tierra firme, como lo afirma el Dr. Rodolfo Vásquez M.

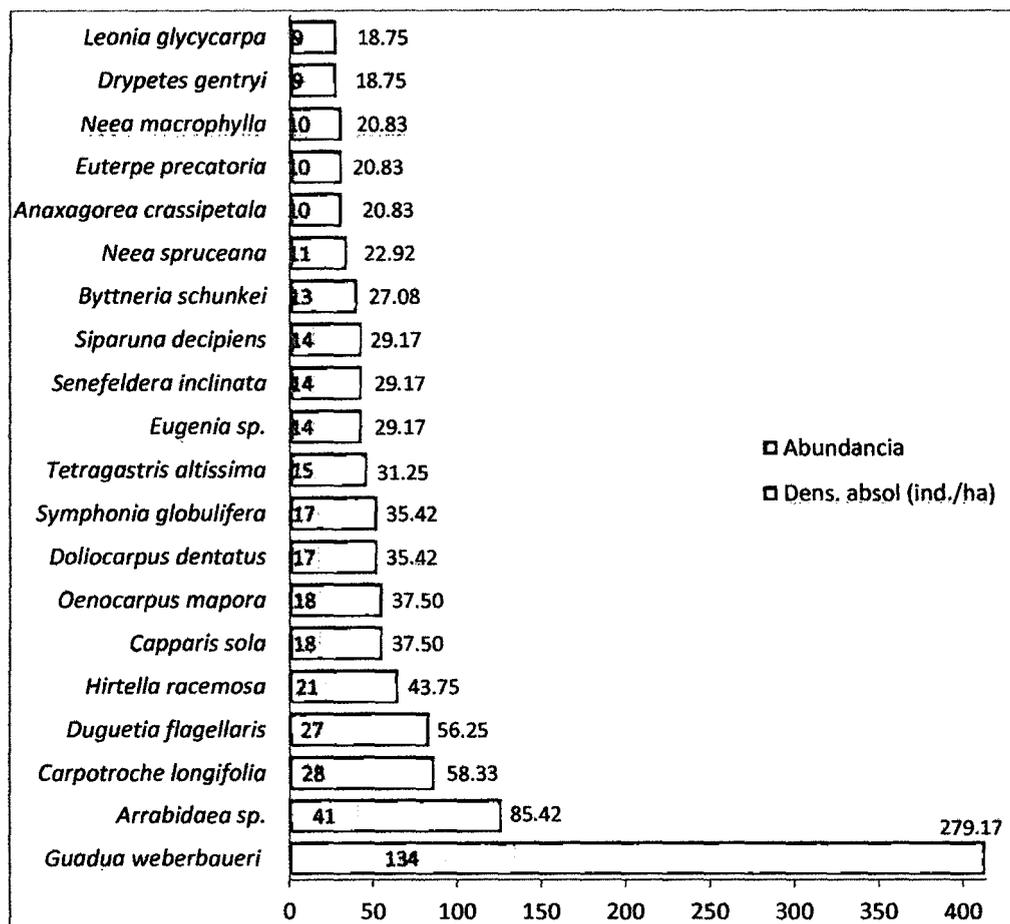


Figura 8. Especies botánicas (20 primeros) con alta abundancia y densidad de individuos del bosque con paca de terrazas altas, con $2.5 \leq \text{DAP} < 10$ cm.

Fuente: Elaboración propia (2012).

Las familias más diversas en términos de especies del bosque con paca de terrazas altas de la concesión de conservación "Gallocunca" fueron: Moraceae (20 especies; 8.97% del total), Fabaceae (19; 8.52%), Lauraceae (180; 8.07%), Annonaceae (14; 6.28%), Myristicaceae (9; 4.04%), Myrtaceae (9; 4.04%), Rubiaceae (9; 4.04%), Sapotaceae (9; 4.04%), Arecaceae (7; 3.14%), Chrysobalanaceae (7; 3.14%), Malvaceae (7; 3.14%),



Burseraceae (6; 2.69%), Violaceae (6; 2.69%), Apocynaceae (5; 2.24%), Euphorbiaceae (5; 2.24%), Meliaceae (5; 2.24%), Urticaceae (5; 2.24%), Bignoniaceae (4; 1.79%), Elaeocarpaceae (4; 1.79%), Nyctaginaceae (4; 1.79%) y Otros sobre 35 familias en (51; 22.87%) como se aprecia en la Figura 9 y Cuadro 24.

A continuación las familias mas diversas por especie fueron (de algunas familias): Moraceae; *Helicostylis tomentosa* "Motelo chaqui", *Pseudolmedia macrophylla* "Pama", *Brosimum lactescens* "Tamamuri", *Pseudolmedia laevis* "Chimicua", *Sorocea steinbachii* "Aceitunilla", *Perebea guianensis* "Moquete de tigre", *Naucleopsis krukovii* "Puma chaqui", *Castilla ulei* "Caucho" y *Maquira guianensis* "Loro micuna". Fabaceae; *Inga auristellae* "Shimbillo sapo", *Inga capitata* "Shimbillo vaca", *Inga acrocephala* "Shimbillo paihuaro", *Inga chartacea* "Pacaecillo", *Inga coruscans* "Pacay", *Tachigali poeppigiana* "Palo santo", *Tachigali vasquezii* "Inca pacae 1", *Acacia sp.* "Pashaquilla", *Hymenaea oblongifolia* "Azucar huayo". Lauraceae; *Nectandra pulverulenta* "Laurel", *Ocotea puberula* "Moena chica", *Aniba guianensis* "Moena amarilla 1", *Aniba taubertiana* "Canelon", *Ocotea bofo* "Moena negra", *Ocotea sp.* "Moena", *Pleurothyrium cuneifolium* "Moena blanca", *Aniba panurensis* "Moena" y *Aniba hostmanniana* "Moena amarilla 2" y finalmente Annonaceae; *Duguetia flagellaris* "Tortuga caspi", *Anaxagorea crassipetala* "Piraquina", *Oxandra euneura* "Espintana cinta", *Oxandra major* "Espintana cinta", *Duguetia riparia* "Tortuga caspi" y *Trigynaea duckei* "Espintana negra" para mas detalles ver Cuadro 24.

Diversos trabajos señalan que particularmente, las familias con alto número de especies fueron; Moraceae, Fabaceae, Lauraceae, Annonaceae, Myristicaceae, Rubiaceae, Arecaceae y Euphorbiaceae, registradas en los bosques de San Lorenzo (Dueñas *et al.* 2008), bosques con paca de terraza altas (Encarnación *et al.* 2008), Micaela Bastidas (Vargas *et al.* 2008), bosques del llano inundable adyacentes a los ríos Los Amigos y Madre de Dios (Vela *et al.* 2008), bosques con paca de terraza altas (Chambi, 2009), Santa Rosa (Dueñas *et al.* 2010) y Rompeolas (Valenzuela *et al.* 2010), de la región Madre de Dios.

Sin embargo existen familias, con poca representatividad de especies, por lo que no se reportaron por casi todos los autores a excepción de esta investigación familias como: Myrtaceae, Sapotaceae, Chrysobalanaceae, Malvaceae, Burseraceae, Violaceae,

Apocynaceae, Meliaceae, Urticaceae, Bignoniaceae, Elaeocarpaceae, Nyctaginaceae, y Otros sobre 40 familias ver Figura 9 y Cuadro 24.

Se confirma la amplia distribución de esas familias, que pueden habitar hasta en bosques puro y bosques con paca (*Guadua sp.*). Las “pacas” no han sido una limitante para poblar por esas especies y familias en esos habitats complejos de “tierra firme”.

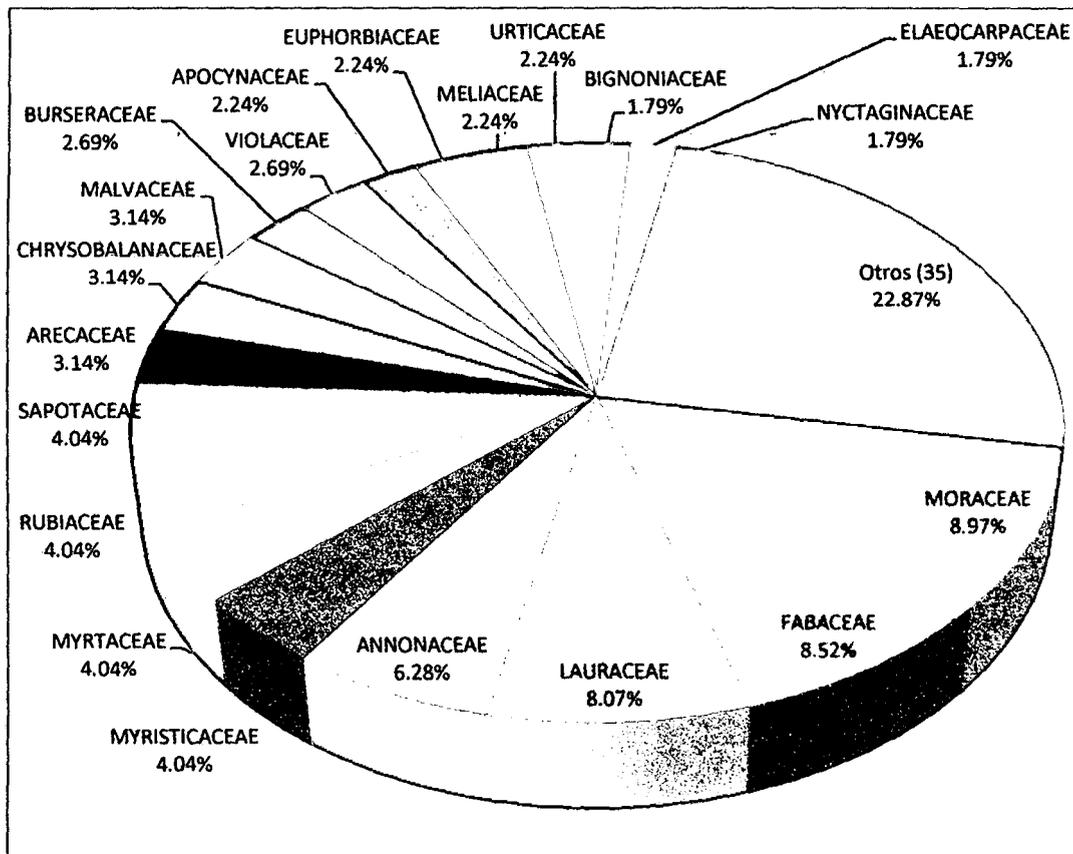


Figura 9. Riqueza de especies en las familias del bosque con paca de terrazas altas, con $2.5 \leq \text{DAP} < 10$ cm. Fuente: Elaboración propia (2012).

En consecuencia mediante los inventarios botánicos realizados se confirma que los bosques de colinas y tierra firme son los más diversos en especies arbustivas y arboreas, corroborado por Vásquez *et al.* (2005) y se confirma la pequeña oligarquía de especies más abundantes que componen más del 50% de árboles de los bosques de tierra firme (Pitman *et al.* 2002 citado por Chambi, 2012).

3.2. Estimación de biomasa en los componentes

3.2.1. Biomasa de árboles grandes (BAG)

El inventario de biomasa de árboles grandes de especies arbóreas (árboles y palmeras) con $DAP \geq 10$ cm, en 12 parcelas de muestreo de 0.5 ha (50x100 m), del bosque con paca de terrazas altas de la concesión de conservación “Gallocunca”, estimó valores de biomasa mínimos de 218.45 t/ha y máximos a 438.61 t/ha, resultando en promedio 306.07 t/ha como se observa en la Figura 10 y el Cuadro 28.

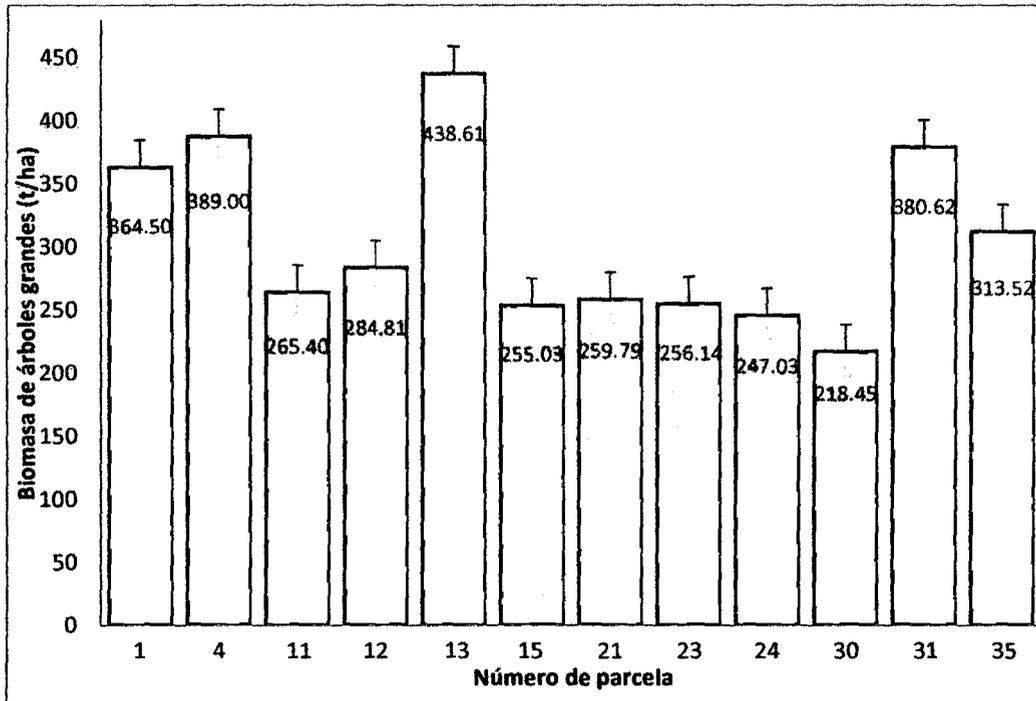


Figura 10. Distribución de la biomasa de árboles grandes (BAG), por parcelas de muestreo, del bosque con paca de terrazas altas.

Fuente: Elaboración propia (2012).

Anderson (2012) indica que los bosques de crecimiento lento de la Amazonía central y oriental (este), donde los suelos son más pobres, tienen significativamente biomasa aérea más alta (300 – 400 t/ha) y una mayor densidad de la madera, los árboles son más altos que en los rodales en el noroeste y el suroeste de la Amazonía, donde la biomasa aérea son más bajas (200 – 300 t/ha). Sin embargo la productividad y el dinamismo del bosque, es mayor en la Amazonía occidental (oeste) que en los bosques centrales y orientales (este).

Al Noreste de la Amazonía, en bosques primarios de Guyana Francesa, Chave *et al.* (2001); Chave *et al.* (2005) y Chave *et al.* (2008) estimaron valores de biomasa encima del suelo en 302 ± 32 t/ha, en 138.048 t/ha y en 365.7 – 403 t/ha respectivamente.

Al Este de la Amazonía, en bosques primarios de Brasil, en la región de Tapajós y Minas Gerais. Keller *et al.* (2001) citado por Honorio *et al.* (2010) y Boina (2008) estimaron valores de biomasa en 372 t/ha y en 69.18 – 152.35 t/ha respectivamente.

En la zona Central de la Amazonía, en bosques primarios Brasil, en la región de Manaus, Nascimento & Laurance (2002); Higuchi *et al.* (2003) y Chave *et al.* (2005) estimaron valores de biomasa arbórea en 304 – 432 t/ha, 312 – 344 t/ha y 147.928 t/ha respectivamente.

Al Noroeste de la Amazonía, en bosques primarios tropicales de Colombia, en la región de: Antioquia, Antioquia, Aracacara, Salero y Antioquia. Orrego & Del Valle (2001); Herrera (2002); Chave *et al.* (2005); Quinto (2010) y Yepes *et al.* (2011) estimaron valores de biomasa arbórea en 232.89 t/ha, en 229.493 t/ha, en 136.122 t/ha, en 179.06 - 238.42 t/ha y en 244 ± 63 t/ha respectivamente.

También al Noroeste de la Amazonía, en bosques primarios de Venezuela y Ecuador, en la región de: San Carlos y Cordillera del Cóndor, Chave *et al.* (2005) y la FUNDACIÓN NATURA (2009) estimaron valores de biomasa del estrato arbóreo en 27.379 t/ha y en 43.7 - 199.4 t/ha respectivamente.

Al Suroeste de la Amazonía, en bosques primarios de Brasil, en la región de: Amazonas, Acre, Mato Grosso y Pará, Nogueira *et al.* (2008) citado por Honorio *et al.* (2010), reportaron valores de biomasa en 118 – 240 t/ha.

También al Suroeste de la Amazonía, en bosques primarios de Bolivia, Dauber *et al.* (2002); Araujo *et al.* (2006); Paredes (2008); Villegas (2008) y Selaya (2011) registraron valores de biomasa arbórea o encima del suelo en 91 – 171 t/ha, en 260.6 - 207.85 t/ha del Parque Nacional Noel Kempff Mercado en la región de Santa Cruz, en 293.10 - 295.11 t/ha, en 160 - 170 t/ha y en 189.75 t/ha para la región de Pando respectivamente.



Al respecto al Suroeste de la Amazonía, en bosques primarios tropicales de Perú, Baker *et al.* (2004) citado por Ureta (2009) estimaron valores en promedio de biomasa encima del suelo en 216.96 - 299.20 t/ha.

Así mismo Chambi (2001); Lujan & Chávez (2006) y Ureta (2009) estimaron valores en promedio de biomasa arbórea en 372.492 t/ha para la región Madre de Dios, en 232.66 t/ha para la región Junín y en 129.32 – 202.24 t/ha para el Parque Nacional Yanachaga Chemillén, región Pasco respectivamente.

En la zona de America Central, en bosques primarios tropicales se reportó lo siguiente:

Clark & Clark (2000) y Chave *et al.* (2005) registraron para la estación biológica La Selva, Costa Rica valores en promedio de biomasa encima del suelo en 161 – 186 t/ha y en 177.466 t/ha respectivamente.

Arreaga (2002) reportó para la Reserva de Biosfera Maya, Petén, Guatemala valores de biomasa fustal en 82.9 - 195 t/ha.

Chave *et al.* (2003) registraron para la Isla de Barro Colorado, Panamá valores de biomasa encima del suelo en 281 ±20 t/ha.

Chave *et al.* (2005) encontraron para El Verde, Puerto Rico valores de biomasa en 3.506 t/ha.

Una vez más se confirma la aseveración de Anderson (2012), de que los valores altos de biomasa en 300 – 400 t/ha se encuentran en bosques de la Amazonía oriental (Chave *et al.* 2001; Keller *et al.* 2001; Nascimento & Laurance, 2002; Higuchi *et al.* 2003; Chave *et al.* 2005; Boina, 2008 y Chave *et al.* 2008) y los valores bajos de biomasa en 200 – 300 t/ha se encuentran en bosques de la Amazonía occidental (Orrego & Del Valle, 2001; Dauber *et al.* 2002; Herrera, 2002; Baker *et al.* 2004; Chave *et al.* 2005; Araujo *et al.* 2006; Lujan & Chávez, 2006; Nogueira *et al.* 2008; Paredes, 2008; Villegas, 2008; FUNDACIÓN NATURA, 2009; Ureta, 2009; Quinto, 2010; Selaya, 2011 y Yepes *et al.* 2011), que podría deberse a la presencia de bosques de bambú.

Por consiguiente la biomasa de árboles grandes estimada del bosque con paca de terrazas altas de la concesión de conservación “Gallocunca”, Madre de Dios, en 306.07 t/ha fue superior a las reportadas en los bosques primarios de la Amazonía occidental (Orrego & Del Valle, 2001; Dauber *et al.* 2002; Herrera, 2002; Baker *et al.* 2004; Chave

et al. 2005; Araujo *et al.* 2006; Lujan & Chávez, 2006; Nogueira *et al.* 2008; Paredes, 2008; Villegas, 2008; FUNDACIÓN NATURA, 2009; Ureta, 2009; Quinto, 2010; Selaya, 2011 y Yepes *et al.* 2011) y America Central (Clark & Clark, 2000; Arreaga, 2002; Chave *et al.* 2003 y Chave *et al.* 2005).

Sin embargo la biomasa de árboles grandes estimada del bosque con paca de terrazas altas de la concesión de conservación “Gallocunca”, Madre de Dios, fue inferior a los reportados en bosques de la Amazonía oriental (Keller *et al.* 2001; Nascimento & Laurance, 2002; Higuchi *et al.* 2003 y Chave *et al.* 2008) y también a lo reportado para la Amazonía occidental por Chambi (2001).

Respecto de las diferencias de la variación de las estimaciones de biomasa, Sarmiento *et al.* (2005) enfatiza que se debería a procedimientos metodológicos, que surgen del diseño, la intensidad de muestreo, del tamaño de la unidad de muestreo, de datos de campo, de las ecuaciones alométricas y de datos de teledetección (sistemas de información geográfica, satélites, sensores, imágenes entre otros). También existe la gran variabilidad de características estructurales entre los bosques y la variación real en biomasa entre los bosques primarios, evidente a diferentes escalas espaciales, desde la parcela hasta el conjunto del bioma. A pesar de lo referido anteriormente, estas variaciones de biomasa se encuentran en un rango de 300 – 400 t/ha para bosques primarios de la Amazonía oriental (este) y en un rango 200 – 300 t/ha para bosques primarios de la Amazonía occidental (oeste) como refiere Anderson (2012).

3.2.2. Biomasa de árboles pequeños (BAP)

El inventario de biomasa de árboles pequeños de especies como: arbustos, arbolitos, lianas, bambus y palmeras $2.5 \leq \text{DAP} < 10$ cm, en 12 parcelas de muestreo de 0.04 ha (20x20 m), del bosque con paca de terrazas altas de la concesión de conservación “Gallocunca”, estimó valores de biomasa mínimos de 11.04 t/ha y máximos a 46.97 t/ha, resultando en promedio 23.51 t/ha como se observa en la Figura 11 y el Cuadro 28.

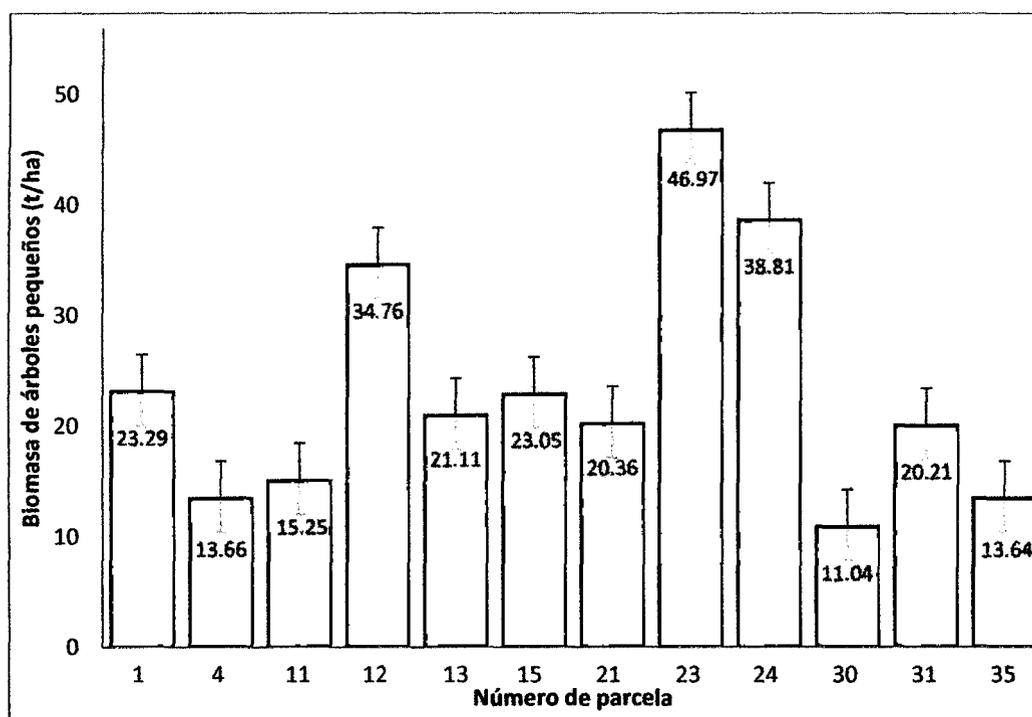


Figura 11. Distribución de la biomasa de árboles pequeños (BAP), por parcelas de muestreo, del bosque con paca de terrazas altas.

Fuente: Elaboración propia (2012).

Para los bosques primarios tropicales de Guatemala, Brasil y Ecuador, en la región de: Petén, Manaus y Cordillera del Cóndor. Arreaga (2002); Nascimento & Laurance (2002) y La FUNDACIÓN NATURA (2009) estimaron valores en promedio de biomasa de árboles pequeños en 13.27 – 18.2 t/ha (latizal) para bosques con manejo forestal de la Reserva de Biosfera Maya, en 30.62 t/ha (arbolitos-plantas de regeneración) y en 33.9 – 61.1 t/ha (estrato arbustivo) respectivamente.

Por consiguiente en bosques primarios tropicales de Perú, Chambi (2001); Lujan & Chávez (2006) registraron valores en promedio de biomasa en 42.81 t/ha (arbustos y



hierbas) para la región Madre de Dios y en 6.06 t/ha (sotobosque) para la región Junín respectivamente.

La biomasa de árboles pequeños estimadas del bosque con paca de terrazas altas de concesión de conservación “Gallocunca”, Madre de Dios, fue en promedio a 23.51 t/ha, el cual no se encuentra en el rango de biomasa registrados para los bosques primarios de Madre de Dios (Chambi, 2001).

Sin embargo la biomasa de árboles pequeños estimada del bosque con paca de terrazas altas de la concesión de conservación “Gallocunca”, Madre de Dios, fue superior a las reportadas por Arreaga (2002) y Lujan & Chávez (2006), en tanto que fue inferior a lo reportado por Chambi (2001); Nacimiento & Laurance (2002) y La FUNDACIÓN NATURA (2009).

Una vez más se confirmaría la deducción, de que las diferencias de variación en las estimaciones de biomasa, según Sarmiento *et al.* (2005) se deberían a procedimientos metodológicos, por cuanto Chambi (2001) para estimar biomasa, primero utiliza un factor de expansión de volumen (FEV) y segundo un factor de expansión de biomasa (FEB). Al respecto Chambi (2001); Nacimiento & Laurance (2002) consideran evaluar (arbustos y hierbas) así como (arbolitos y plantas de regeneración) respectivamente dejando de lado el evaluar únicamente árboles grandes o arbustos.

3.2.3. Biomasa herbácea (BH)

El inventario de biomasa herbácea de especies como: hierbas entre otros con $DAP < 2.5$ cm, en 12 parcelas de muestreo de 0.0016 ha (4x4 m), del bosque con paca de terrazas altas de la concesión de conservación “Gallocunca”, estimó valores de biomasa mínimos de 0.39 t/ha y máximos a 3.49 t/ha, resultando en promedio 1.67 t/ha como se observa en la Figura 12 y el Cuadro 28.

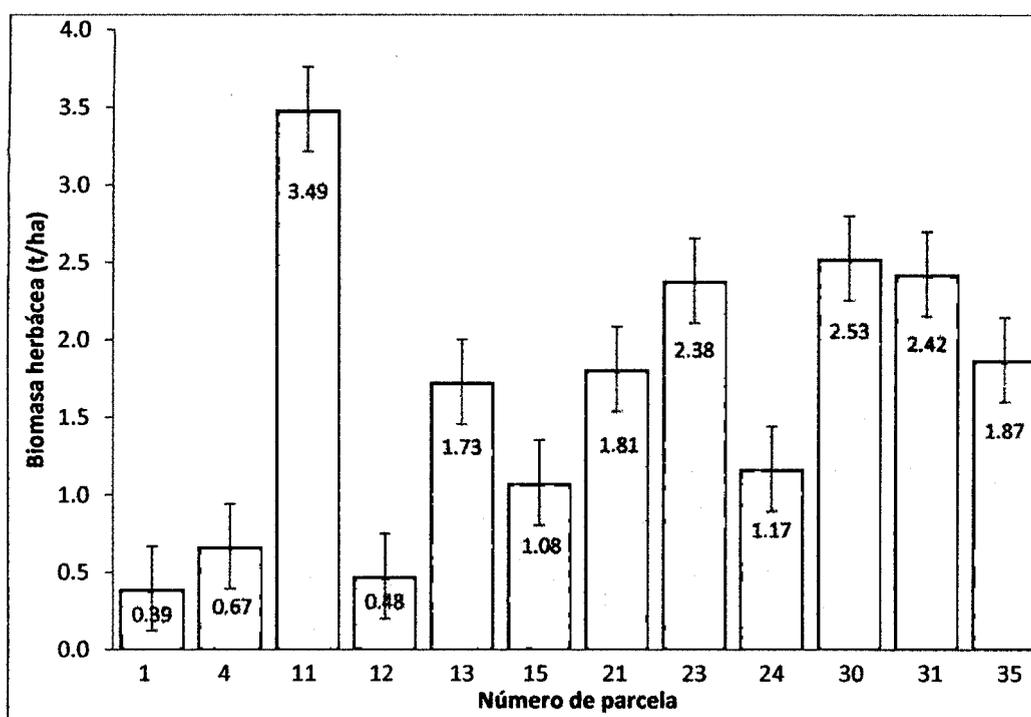


Figura 12. Distribución de la biomasa herbácea (BH), por parcelas de muestreo, del bosque con paca de terrazas altas.

Fuente: Elaboración propia (2012).

En bosques primarios tropicales de Colombia, Guatemala, Colombia, Ecuador y Bolivia, en la región de: Antioquia, Petén, Antioquia, Cordillera del Cóndor y Pando. Orrego & Del Valle (2001); Arreaga (2002); Herrera (2002); La FUNDACIÓN NATURA (2009) y Selaya (2011) estimaron valores de biomasa en 0.604 t/ha (herbácea), en 0.3 – 1.07 t/ha (brinzal) para bosques con manejo forestal de la Reserva de Biosfera Maya, en 0.647 t/ha (herbácea y leñosa pequeña) para el área de influencia de la Central Hidroeléctrica Porce II, en 1 – 2.6 t/ha (estrato herbáceo) y en 0.495 t/ha (herbácea) respectivamente.

La biomasa herbácea estimada del bosque con paca de terrazas altas de la concesión de conservación “Gallocunca”, Madre de Dios, mostró valores en promedio de 1.67 t/ha, el cual se encuentra en el rango de biomasa registrados para los bosques de la cordillera del Cóndor, Ecuador (FUNDACIÓN NATURA, 2009). Sin embargo la biomasa herbácea estimada del bosque con paca de terrazas altas de la concesión de conservación “Gallocunca”, Madre de Dios, fue superior a las reportadas por Orrego & Del Valle (2001); Arreaga (2002); Herrera (2002) y Selaya (2011).

3.3. Biomasa aérea (BA)

La biomasa aérea estimada (resultado de la suma de la biomasa de árboles grandes, biomasa de árboles pequeños y biomasa herbácea), del bosque con paca de terrazas altas de la concesión de conservación “Gallocunca”, mostró valores en promedio de biomasa mínimos de 232.02 t/ha y máximos a 461.45 t/ha, resultando en promedio 331.25 \pm 149.18 t/ha como se observa en el Cuadro 12 y la Figura 13.

Cuadro 12. Parámetros estadísticos de la biomasa aérea.

Parametro	Valor	Unidad
Número de parcelas (N)	12	
Mínimo (Min.)	232.02	t/ha
Máximo (Max.)	461.45	t/ha
Promedio (\bar{X})	331.25	t/ha
Desviación estandar (Sx)	67.78	t/ha
Coefficiente de variación (CV)	20.46	%
"t" de Student (t)	2.20	G.L
Error de muestreo relativo (Er)	13.00	%
Error de muestreo estandar (S_x)	19.57	
Intervalo de Confianza (95%)	331.25 (\pm 149.18)	t/ha

Fuente: Elaboración propia (2012).

Según Dixon *et al.* (1994); Houghton *et al.* (2000) citado por Chave *et al.* (2001) mencionan que la biomasa en los bosques húmedos tropicales pueden oscilar desde 28 - 423 t/ha. Al respecto Sarmiento *et al.* (2005) registraron valores de biomasa de árboles vivos de 167 – 419 t/ha para bosques de tierra firme de la Amazonía tropical. De igual modo Malhi *et al.* (2006) y Quesada *et al.* (2009) estimaron la densidad de biomasa encima del suelo en la Amazonía entre los rangos de 200 – 350 t/ha y 138 – 458 t/ha respectivamente.



Anderson (2012) refiere que en estudios recientes basados enteramente en datos de campo (Malhi *et al.* 2006 y Quesada *et al.* 2009) se fusionaron con un conjunto de datos de teledetección (Saatchi *et al.* 2007), donde sugieren valores altos de biomasa en 300 – 400 t/ha para bosques de la Amazonía oriental (este), noreste de la Amazonía y zonas centrales este del río Trombetas y el río Negro. También sugieren valores menores de biomasa de 200 – 300 t/ha para bosques de la Amazonía occidental (oeste), canal principal del río Amazonas, llanuras inundables de Igapó – Várzea, al oeste y sur de la Amazonía. El autor refiere que la baja biomasa en la Amazonía occidental podría deberse a la presencia de bosques de bambú.

Al respecto Saatchi *et al.* (2011) y WHRC (2012) usando una combinación de sensores remotos y datos de campo, estimaron valores en promedio de biomasa encima del suelo en 301 – 400 t/ha y de 300 – 400 t/ha respectivamente para bosques de la Amazonía oriental (este), también registraron valores en promedio de biomasa encima del suelo en 200 – 300 t/ha y de 250 – 300 t/ha respectivamente para bosques de la Amazonía occidental (oeste).

Al Este y Centro de la Amazonía, Houghton *et al.* (2001) registraron para bosques de la Amazonía Brasileña valores de biomasa encima del suelo en 95 – 413 t/ha. En bosques primarios tropicales de Brasil, en la región de Manaus. Nascimento & Laurance (2002) registraron valores de biomasa aérea en 356.343 t/ha.

Al Noroeste de la Amazonía, en bosques primarios tropicales de Colombia, en la región de: Antioquia, Antioquia, Porce y Eje Cafetero. Orrego & Del Valle (2001); Herrera (2002); Sierra *et al.* (2007) y Arango & Camargo (2011), reportaron valores de biomasa aérea en 233.494 t/ha, en 230.140 t/ha, en 222.546 t/ha y en 252 ±8 t/ha para bosques de bambú respectivamente.

En América Central, al Noroeste de la Amazonía y al Suroeste de la Amazonía, en bosques primarios tropicales de Guatemala, Costa Rica, Ecuador, Paraguay y Bolivia, en la región de: Petén, Punta Arenas, Cordillera del Cóndor, Caazapá y Pando. Arreaga (2002); WINROCK (2006b); FUNDACIÓN NATURA (2009); Pizzurno (2010) y Selaya (2011) registraron valores de biomasa aérea en 101.4 - 209.34 t/ha para bosques con manejo forestal de la Reserva de Biosfera Maya, en 398 - 534 t/ha (biomasa aérea y hojarasca) para la Península de Osa, en 63.7 - 238.8 t/ha, en 244 - 314.8 t/ha para bosques del Parque Nacional Caazapá y en 190.245 t/ha respectivamente.

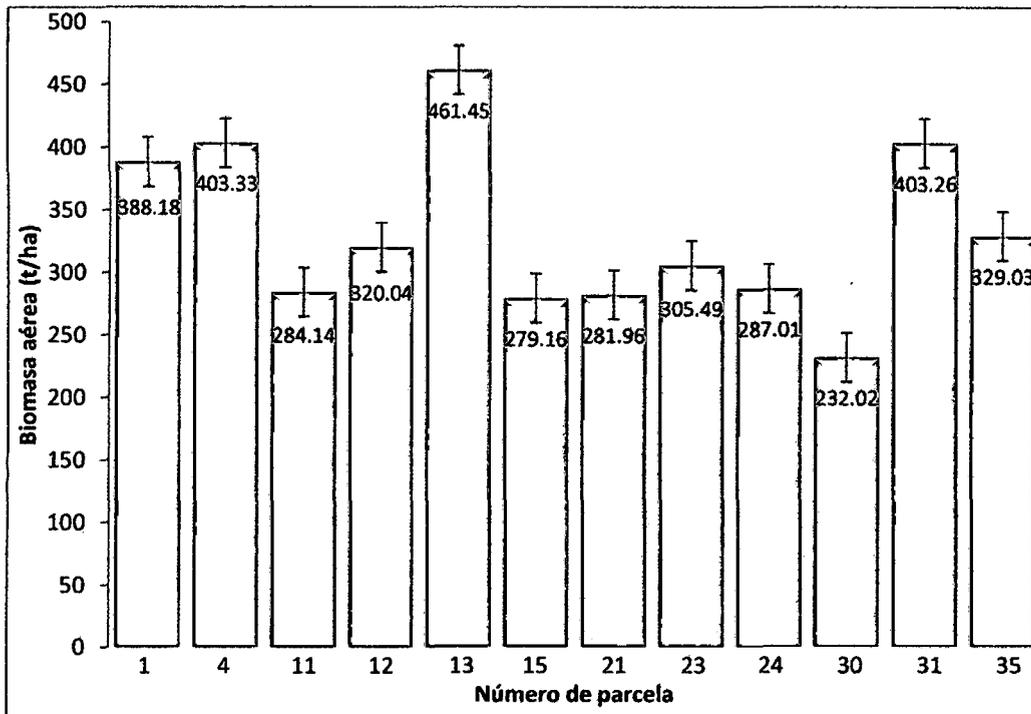


Figura 13. Distribución de la biomasa aérea (BA), por parcelas de muestreo, del bosque con paca de terrazas altas.

Fuente: Elaboración propia (2012).

Al Suroeste de la Amazonía, en bosques primarios de Perú, Malhi *et al.* (2006) y Saatchi *et al.* (2011) estimaron valores en promedio de biomasa encima del suelo en 350 t/ha y en 320 t/ha respectivamente.

También al Suroeste de la Amazonía, en bosques primarios de Perú, Lapeyre *et al.* (2004); Freitas *et al.* (2006) y Lujan & Chávez (2006) registraron valores en promedio de biomasa aérea en 368.6 t/ha (árboles vivos y sotobosque) para la región San Martín, en 164.28 - 222.4 t/ha para la Reserva Nacional Pacaya Samiria, región Iquitos y en 1242.72 t/ha para la región Junín respectivamente.

Al respecto en bosques primarios del departamento de Madre de Dios, Perú, en este caso en bosques con paca. Chambi (2001); Malhi *et al.* (2006); WINROCK (2006a); GREENOXX *et al.* (2009) y AIDER (2011) reportaron valores en promedio de biomasa aérea en 414.443 t/ha para la zona boscosa de la cuenca del río Madre de Dios e Inambari, en 277.21 t/ha para la región Madre de Dios, en 246 t/ha para la Concesión de Conservación Los Amigos, en 445.26 t/ha (biomasa aérea y subterránea) para las Concesiones Forestales de Maderacre y Maderyja y en 182.3 t/ha para un bosque de



terrazza disectada suave perteneciente a la Reserva Nacional Tambopata respectivamente.

La biomasa aérea estimada del bosque con paca de terrazas altas de la concesión de conservación “Gallocunca”, Madre de Dios, en promedio fue de 331.25 ± 149.18 t/ha, el cual fue superior a los reportados para el Noroeste de la Amazonía y en America Central por Orrego & Del Valle (2001); Arreaga (2002); Herrera (2002); Sierra *et al.* (2007); FUNDACIÓN NATURA (2009); Pizzurno (2010); Arango & Camargo (2011) y Selaya (2011). También la biomasa aérea fue superior a los reportados para el Suroeste de la Amazonía: a nivel nacional por Freitas *et al.* (2006) y Saatchi *et al.* (2011); a nivel regional por Malhi *et al.* (2006); WINROCK (2006a) y AIDER (2011).

Sin embargo la biomasa aérea estimada del bosque con paca de terrazas altas de la concesión de conservación “Gallocunca”, Madre de Dios, fue inferior a los reportados para el Este y Centro de la Amazonía por Houghton *et al.* (2001); Nascimento & Laurance (2002) y WINROCK (2006b). También la biomasa aérea fue inferior a los reportados para el Suroeste de la Amazonía: a nivel nacional por Lapeyre *et al.* (2004); Lujan & Chávez (2006) y Malhi *et al.* (2006); a nivel regional por Chambi (2001) y GREENOXX *et al.* (2009).

Una vez más se confirmaría la deducción, de que las diferencias de variación en las estimaciones de biomasa aérea, según Sarmiento *et al.* (2005) se deberían a procedimientos metodológicos. Y también se afirma que existe gran variabilidad de características estructurales entre los bosques y la variación real en biomasa entre los bosques primarios, evidente a diferentes escalas espaciales, desde la parcela hasta el conjunto del bioma. A pesar de lo referido anteriormente, estas variaciones de biomasa se encuentran en un rango de 300 – 400 t/ha para bosques primarios de la Amazonía oriental (este) y en un rango 200 – 300 t/ha para bosques primarios de la Amazonía occidental (oeste) como refiere Saatchi *et al.* (2011); Anderson (2012) y WHRC (2012).

Es así que Chambi (2001); Luján & Chávez (2006) para estimar biomasa, primero utilizan un factor de expansión de volumen (FEV) y segundo un factor de expansión de biomasa (FEB). Al respecto WINROCK (2006b) y GREENOXX *et al.* (2009) consideran en evaluar (biomasa aérea y hojarasca) así como (biomasa aérea y subterránea) respectivamente dejando de lado en solo evaluar la biomasa aérea.

En cambio Nascimento & Laurance (2002), desarrollaron ecuaciones alométricas propias, mediante estas ecuaciones se estimaron la biomasa aérea, resultando ser superior a la biomasa aérea estimada en un bosque con paca de terrazas altas de la concesión de conservación “Gallocunca”. Además Anderson (2012) también refiere que los árboles son más altos en la Amazonía oriental (este), que en la Amazonía occidental (oeste), incluso asevera que la biomasa baja podría deberse a la existencia de bosques de bambú.

Al evaluar la hipótesis específica con la premisa sobre “la biomasa aérea”, se comparó la biomasa aérea estimada del bosque con paca de terrazas altas de la concesión de conservación “Gallocunca” de 331.25 ± 149.18 t/ha, con los valores estimados en 200 – 300 t/ha para bosques primarios en la región Madre de Dios, por Saatchi *et al.* (2011); Anderson (2012) y WHRC (2012), por lo tanto se determinó que la biomasa aérea estimada del bosque con paca de terrazas altas de la concesión de conservación “Gallocunca”, fue superior en más de 31.25 t/ha toneladas de biomasa por hectárea de bosque, respecto a lo estimado por los otros autores, por consiguiente se acepta la hipótesis alterna, el cual refiere:

H_{1i}: La biomasa aérea estimada en un bosque con paca de terrazas altas de la concesión de conservación “Gallocunca”, es superior a 200 – 300 t/ha. (Valores estimados para bosques primarios en la región Madre de Dios, por Saatchi *et al.* 2011; Anderson, 2012 y WHRC, 2012).

3.4. Stock de carbono aéreo (CT)

El stock de carbono aéreo o la cantidad de carbono almacenado en la biomasa aérea, estimado del bosque con paca de terrazas altas de la concesión de conservación “Gallocunca”, mostró valores de stock de carbono mínimos de 116.01 t C/ha y máximos a 230.72 t C/ha, resultando en promedio 165.63 \pm 74.59 t C/ha como se observa en el Cuadro 13 y la Figura 14.

Cuadro 13. Parámetros estadísticos del stock de carbono aéreo.

Parametro	Valor	Unidad
Número de parcelas (N)	12	
Mínimo (Min.)	116.01	t C/ha
Máximo (Max.)	230.72	t C/ha
Promedio (\bar{X})	165.63	t C/ha
Desviación estandar (Sx)	33.89	t C/ha
Coefficiente de variación (CV)	20.46	%
"t" de Student (t)	2.20	G.L
Error de muestreo relativo (Er)	13.00	%
Error de muestreo estandar (S _e)	9.78	
Intervalo de Confianza (95%)	165.63 (\pm 74.59)	t C/ha

Fuente: Elaboración propia (2012).

Al respecto Saatchi *et al.* (2011) y WHRC (2012) usando una combinación de sensores remotos y datos de campo, estimaron valores en promedio de carbono en 150 – 200 t C/ha para bosques de la Amazonía oriental (este) y de 100 – 150 t C/ha para bosques de la Amazonía occidental (oeste).

Al Centro de la Amazonía, en bosques primarios tropicales de Brasil, en la región de Manaus, Nascimento & Laurance (2002) estimaron valores de carbono aéreo en 178.172 t C/ha.

Al Noroeste de la Amazonía, en bosques primarios tropicales de Colombia, en la región de: Antioquia, Antioquia, Porce y Eje Cafetero. Orrego & Del Valle (2001); Herrera (2002); Sierra *et al.* (2007) y Arango & Camargo (2011), registraron valores de stock de carbono aéreo en 116.747 t C/ha, en 115.07 t C/ha, en 111.273 t C/ha y en 126 \pm 4 t C/ha para bosques de bambú respectivamente.

En America Central, al Noroeste de la Amazonía y al Suroeste de la Amazonía, en bosques primarios tropicales de Guatemala, Costa Rica, Ecuador, Paraguay y Bolivia, en la región de: Petén, Punta Arenas, Cordillera del Cóndor, Caazapá y Pando. Arreaga

(2002); Nascimento & Laurance (2002); WINROCK (2006b); FUNDACIÓN NATURA (2009); Pizzurno (2010) y Selaya (2011) reportaron valores de carbono en 50.7 - 104.67 t C/ha para bosques con manejo forestal de la Reserva de Biosfera Maya, en 178.172 t C/ha, en 199 - 267 t C/ha (biomasa aérea y hojarasca) para la Península de Osa, en 31.85 - 119.4 t C/ha, en 122 - 157.4 t C/ha para bosques del Parque Nacional Caazapá y en 95.123 t C/ha respectivamente.

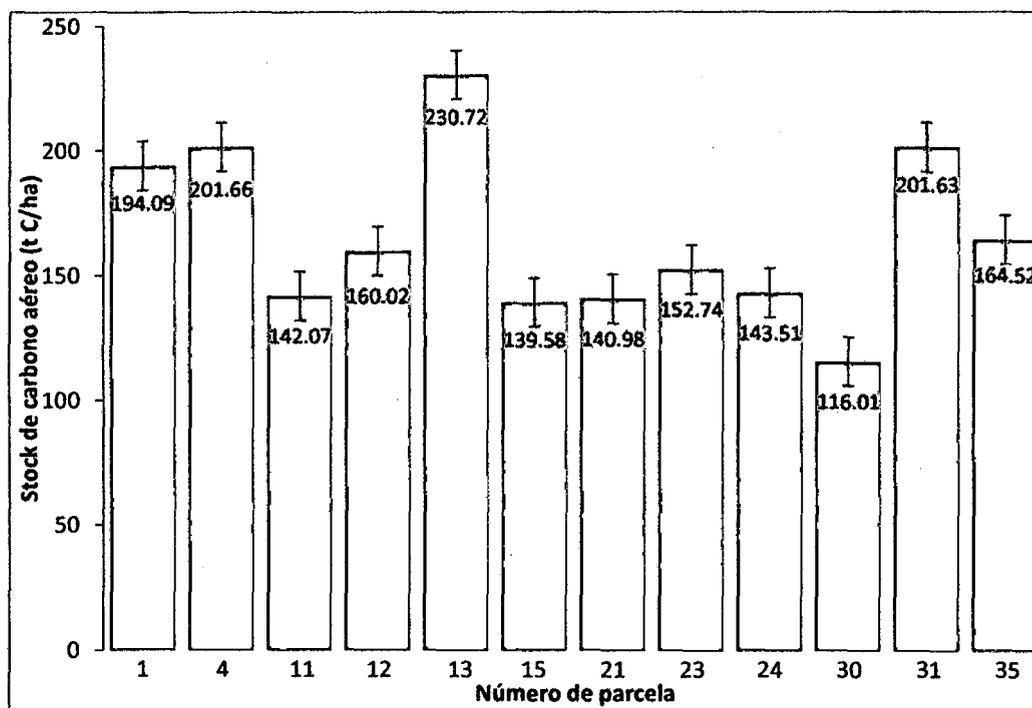


Figura 14. Distribución del stock de carbono aéreo, por parcelas de muestreo, del bosque con paca de terrazas altas.

Fuente: Elaboración propia (2012).

Al Suroeste de la Amazonía, en bosques primarios de Perú, Lapeyre *et al.* (2004); Freitas *et al.* (2006) y Lujan & Chávez (2006) registraron valores en promedio de contenido de carbono en 184.3 t C/ha (árboles vivos y sotobosque) para la región San Martín, en 82.14 - 111.20 t C/ha para la Reserva Nacional Pacaya Samiria, región Iquitos y en 619.36 t C/ha para la región Junín respectivamente.

Al respecto en bosques primarios del departamento de Madre de Dios, Perú, en este caso en un bosque con paca. Chambi (2001); WINROCK (2006a); GREENOXX *et al.* (2009) y AIDER (2011) estimaron valores de contenido de carbono en 207.222 t C/ha para la zona boscosa de la cuenca del río Madre de Dios e Inambari, en 123 t C/ha para la Concesión de Conservación Los Amigos, en 227.63 t C/ha (biomasa aérea y

subterránea) para las Concesiones Forestales de Maderacre y Maderyja y en 91.15 t C/ha para un bosque de terraza disectada suave perteneciente a la Reserva Nacional Tambopata respectivamente.

El stock de carbono aéreo estimado del bosque con paca de terrazas altas de la concesión de conservación “Gallocunca”, Madre de Dios mostró en promedio 165.30 ±74.59 t C/ha, el cual fue superior a los reportados para el Noroeste de la Amazonía y en America Central por Orrego & Del Valle (2001); Arreaga (2002); Herrera (2002); Sierra *et al.* (2007); FUNDACIÓN NATURA (2009); Pizzurno (2010); Arango & Camargo (2011) y Selaya (2011). También el contenido de carbono aéreo fue superior a los reportados para el Suroeste de la Amazonía: a nivel nacional por Freitas *et al.* (2006), y a nivel regional por WINROCK (2006a) y AIDER (2011).

Sin embargo el stock de carbono aéreo estimado del bosque con paca de terrazas altas de la concesión de conservación “Gallocunca”, Madre de Dios, fue inferior a los reportados para el Este y Centro de la Amazonía por Nascimento & Laurance (2002) y WINROCK (2006b). También el stock de carbono aéreo fue inferior a los reportados para el Suroeste de la Amazonía: a nivel nacional por Lapeyre *et al.* (2004); Lujan & Chávez (2006); a nivel regional por Chambi (2001) y GREENOXX *et al.* (2009).

Una vez más se confirmaría la deducción, de que las diferencias de variación en las estimaciones de biomasa por consiguiente stock de carbono, y carbono equivalente, según Sarmiento *et al.* (2005) se deberían a procedimientos metodológicos. A pesar de lo referido anteriormente, estas variaciones de carbono se encuentran en un rango de 150 – 200 t C/ha para bosques primarios de la Amazonía oriental (este) y en un rango 100 – 150 t C/ha para bosques primarios de la Amazonía occidental (oeste) como refiere Saatchi *et al.* (2011) y WHRC (2012).

Es así que Chambi (2001) y Lujan & Chávez (2006) para estimar el contenido de carbono aéreo, primero utilizan un factor de expansión de volumen (FEV), segundo un factor de expansión de biomasa (FEB) y tercero una ecuación general para estimar carbono. Al respecto WINROCK (2006b) y GREENOXX *et al.* (2009) consideran en evaluar (biomasa aérea y hojarasca) así como (biomasa aérea y subterránea) respectivamente dejando de lado en solo evaluar la biomasa aérea, que posteriormente estima el contenido de carbono aéreo.

En cambio Nascimento & Laurance (2002), desarrollaron ecuaciones alométricas propias, mediante estas ecuaciones se estimaron la biomasa aérea y consecuentemente se estimó el contenido de carbono aéreo, resultando ser superior al stock de carbono estimado del bosque con paca de terrazas altas de la concesión de conservación “Gallocunca”.

Al evaluar la hipótesis específica con la premisa sobre “el stock de carbono aéreo”, se comparó el stock de carbono aéreo estimado del bosque con paca de terrazas altas de la concesión de conservación “Gallocunca” en 165.63 ± 74.59 t C/ha, con los valores estimados en 125 – 150 t C/ha para bosques primarios en la región Madre de Dios, por Asner *et al.* (2010); Saatchi *et al.* (2011) y WHRC (2012), por lo tanto se determinó que el stock de carbono aéreo estimado del bosque con paca de terrazas altas de la concesión de conservación “Gallocunca”, fue superior en más de 15.63 t C/ha toneladas de carbono por hectárea de bosque, respecto a lo estimado por los otros autores, por consiguiente se acepta la hipótesis alterna, la cual refiere:

H_{2i}: El stock de carbono aéreo estimado en un bosque con paca de terrazas altas de la concesión de conservación “Gallocunca”, es superior a 125 – 150 t C/ha. (Valores estimados para bosques primarios en la región Madre de Dios, por Asner *et al.* 2010; Saatchi *et al.* 2011 y WHRC, 2012).

Para estimar el stock de carbono aéreo de toda el área de estudio, se multiplicó el stock de carbono aéreo (165.63 t C/ha) por el área de estudio de 527.5 has, lo reemplazamos en la siguiente ecuación (Elaboración propia, 2012).

$$CTA \text{ (t C)} = CT \times Ar$$

Dónde:

CTA : Stock de carbono aéreo de todo el área (t C).

CT : Stock de carbono aéreo (t C/ha).

Ar : Número de hectáreas (ha).

En conclusión el stock de carbono aéreo en toda el área de estudio fue de 87 369.825 t C (toneladas de carbono), almacenados en la biomasa aérea del bosque con paca de terrazas altas de la concesión de conservación “Gallocunca”.

3.5. Cantidad de carbono equivalente (CO₂-equi)

La cantidad de carbono equivalente estimada que evitaríamos en emitir a la atmósfera, del bosque con paca de terrazas altas de la concesión de conservación “Gallocunca”, mostró valores de carbono equivalente mínimos de 425.36 t CO₂-equi/ha y máximos de 845.99 t CO₂-equi/ha, resultando en promedio 607.30 ±273.50 t CO₂-equi/ha como se observa en la Cuadro 14 y la Figura 15.

Cuadro 14. Parámetros estadísticos de la cantidad de carbono equivalente.

Parametro	Valor	Unidad
Número de parcelas (N)	12	
Mínimo (Min.)	425.36	t CO ₂ -equi/ha
Máximo (Max.)	845.99	t CO ₂ -equi/ha
Promedio (\bar{X})	607.30	t CO ₂ -equi/ha
Desviación estandar (Sx)	124.26	t CO ₂ -equi/ha
Coefficiente de variación (CV)	20.46	%
"t" de Student (t)	2.20	G.L
Error de muestreo relativo (Er)	13.00	%
Error de muestreo estandar (S _x)	35.87	
Intervalo de Confianza (95%)	607.30 (± 273.50)	t CO ₂ -equi/ha

Fuente: Elaboración propia (2012).

Al Centro de la Amazonía, en bosques primarios tropicales de Brasil, en la región de Manaus. Nascimento & Laurance (2002) registraron valores de carbono equivalente en 653.89 t CO₂-equi/ha.

Al Noroeste de la Amazonía, en bosques primarios tropicales de Colombia, en la región de: Antioquia, Antioquia, Porce y Eje Cafetero. Orrego & Del Valle (2001); Herrera (2002); Sierra *et al.* (2007) y Arango & Camargo (2011), estimaron valores de cantidad de carbono equivalente en 428.46 t CO₂-equi/ha, en 422.307 t CO₂-equi/ha, en 408.372 t CO₂-equi/ha y en 462.42 ±14.68 t CO₂-equi/ha para bosques de bambú respectivamente.

En America Central, al Noroeste de la Amazonía y al Suroeste de la Amazonía, en bosques primarios tropicales de Guatemala, Costa Rica, Ecuador, Paraguay y Bolivia, en la región de: Petén, Punta Arenas, Cordillera del Cóndor, Caazapá y Pando. Arreaga (2002); Nascimento & Laurance (2002); WINROCK (2006b); FUNDACIÓN NATURA (2009); Pizzurno (2010) y Selaya (2011) reportaron valores de cantidad de carbono equivalente en 186.07 - 384.14 t CO₂-equi/ha para bosques con manejo forestal de la Reserva de Biosfera Maya, en 653.89 t CO₂-equi/ha, en 730.33 – 979.89 t CO₂-equi/ha (biomasa aérea y hojarasca) para la Península de Osa, en 116.89 - 438.20 t CO₂-

equi/ha, en 447.74 - 577.66 t CO₂-equi/ha para bosques del Parque Nacional Caazapá y en 349.101 t CO₂-equi/ha respectivamente.

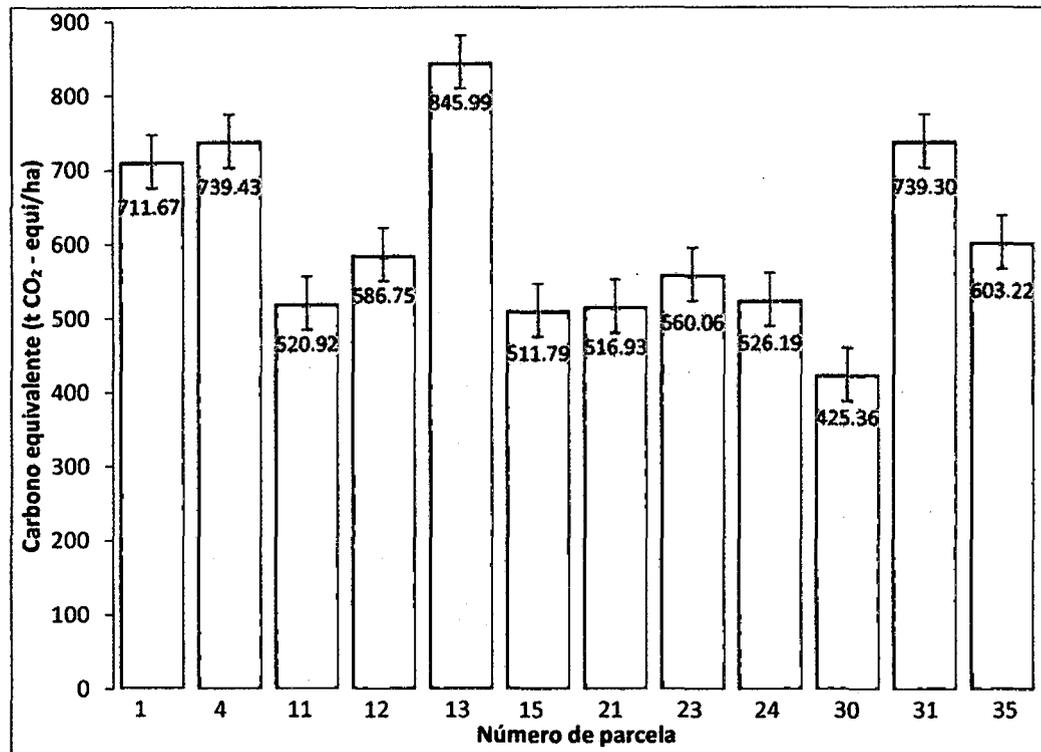


Figura 15. Distribución del carbono equivalente, por parcelas de muestreo, del bosque con paca de terrazas altas.

Fuente: Elaboración propia (2012).

Al Suroeste de la Amazonía, en bosques primarios tropicales de Perú, Lapeyre *et al.* (2004); Freitas *et al.* (2006) y Lujan & Chávez (2006) estimaron valores en promedio de cantidad de carbono equivalente en 676.38 t CO₂-equi/ha (árboles vivos y sotobosque) para la región San Martín, 301.45 – 408.104 t CO₂-equi/ha para la Reserva Nacional Pacaya Samiria (RNPS), región Iquitos y en 2273.05 t CO₂-equi/ha para la región Junín respectivamente.

Al respecto en bosques primarios del departamento de Madre de Dios, Perú, en este caso en un bosque con paca. Chambi (2001); WINROCK (2006a); GREENOXX *et al.* (2009) y AIDER (2011) registraron valores de cantidad de carbono equivalente en 760.505 t CO₂-equi/ha para la zona boscosa de la cuenca del río Madre de Dios e Inambari, en 451.41 t CO₂-equi/ha para la Concesión de Conservación Los Amigos, en 835.40 t CO₂-equi/ha (biomasa aérea y subterránea) para las Concesiones Forestales de

Maderacre y Maderyja y en 334.52 t CO₂-equi/ha para un bosque de terraza disectada suave perteneciente a la Reserva Nacional Tambopata respectivamente.

La cantidad de carbono equivalente estimado del bosque con paca de terrazas altas de la concesión de conservación “Gallocunca”, Madre de Dios mostró en promedio 607.30 ±273.50 t CO₂-equi/ha, el cual fue superior a los reportados para el Noroeste de la Amazonía y en America Central por Orrego & Del Valle (2001); Arreaga (2002); Herrera (2002); Sierra *et al.* (2007); FUNDACIÓN NATURA (2009); Pizzurno (2010); Arango & Camargo (2011) y Selaya (2011). También la cantidad de carbono equivalente estimado fue superior a los reportado para el Suroeste de la Amazonía: a nivel nacional por Freitas *et al.* (2006); a nivel regional por WINROCK (2006a) y AIDER (2011).

Sin embargo la cantidad de carbono equivalente estimado del bosque con paca de terrazas altas de la concesión de conservación “Gallocunca”, Madre de Dios, fue inferior a los reportados para el Este y Centro de la Amazonía por Nascimento & Laurance (2002) y WINROCK (2006b). También la cantidad de carbono equivalente estimado fue inferior a la reportada para el Suroeste de la Amazonía: a nivel nacional por Lapeyre *et al.* (2004); Lujan & Chávez (2006); a nivel regional por Chambi (2001) y GREENOXX *et al.* (2009).

Una vez más se confirmaría la deducción, de que las diferencias de variación en las estimaciones de biomasa por consiguiente stock de carbono, y carbono equivalente, según Sarmiento *et al.* (2005) se deberían a procedimientos metodológicos.

Es así que Chambi (2001); Lujan & Chávez (2006) para estimar la cantidad de carbono equivalente, primero utilizan un factor de expansión de volumen (FEV), segundo un factor de expansión de biomasa (FEB), tercero una ecuación general para estimar carbono y cuarto una ecuación general para estimar carbono equivalente. Al respecto WINROCK (2006b) y GREENOXX *et al.* (2009) consideran en evaluar (biomasa aérea y hojarasca) así como (biomasa aérea y subterránea) respectivamente dejando de lado en solo evaluar la parte aérea, enseguida estima el contenido de carbono aéreo y finalmente la cantidad de carbono equivalente.

En cambio Nascimento & Laurance (2002), desarrollaron ecuaciones alométricas propias, mediante estas ecuaciones se estimaron la biomasa aérea y enseguida se estimó

el contenido de carbono aéreo y finalmente la cantidad de carbono equivalente, resultando ser superior a la cantidad de carbono equivalente estimado del bosque con paca de terrazas altas de la concesión de conservación “Gallocunca”.

Al evaluar la hipótesis general con la premisa sobre la “cantidad de carbono equivalente”, se comparó la cantidad de carbono equivalente estimado del bosque con paca de terrazas altas de la concesión de conservación “Gallocunca” de 607.30 ± 273.50 t CO₂-equi/ha, con los valores estimados de 334 – 451 t CO₂-equi/ha para bosques primarios con paca en la región Madre de Dios, por WINROCK (2006a) y AIDER (2011), por lo tanto se determinó que la cantidad de carbono equivalente estimado del bosque con paca de terrazas altas de la concesión de conservación “Gallocunca”, fue superior en más de 156.30 t CO₂-equi/ha de carbono equivalente, respecto a lo estimado por los otros autores, por consiguiente se acepta la hipótesis alterna, el cual refiere:

H_i: La cantidad de carbono equivalente estimado en un bosque con paca de terrazas altas de la concesión de conservación “Gallocunca”, es superior a 334 – 451 t CO₂-equi/ha. (Valores estimados para bosques con paca en la región Madre de Dios, por WINROCK, 2006a y AIDER, 2011).

Para estimar la cantidad de carbono equivalente de toda el área de estudio, se multiplicó la cantidad de carbono equivalente (607.30 t CO₂-equi/ha) por el área de estudio de 527.5 has, lo reemplazamos en la siguiente ecuación (Elaboración propia, 2012).

$$CO_2T \text{ (t C)} = CO_2\text{-equi} \times Ar$$

Dónde:

CO₂T : Cantidad total de carbono equivalente por todo el área (t CO₂-equi).

CO₂-equi : Cantidad de carbono equivalente (t CO₂-equi/ha).

Ar : Número de hectáreas (ha).

En consecuencia la cantidad total de carbono equivalente por todo el área de estudio fue de 320 350.75 t CO₂-equi, es decir que evitaríamos en emitir o liberar la cantidad de 320 350.75 t CO₂ (toneladas de dióxido de carbono) a la atmosfera, si estos bosques con paca de terrazas altas de la concesión de conservación “Gallocunca”, se conservarán o no se cambiarán el uso.

CONCLUSIONES

- Las familias más diversas en términos de especies tanto para el componente de árboles grandes y árboles pequeños, del bosque con paca de terrazas altas de la concesión de conservación “Gallocunca”, corresponden a las familias: Fabaceae, Moraceae y Lauraceae una característica propia de bosques primarios de terrazas altas. Por consiguiente las especies con alta abundancia y densidad de individuos, para los árboles grandes fueron: *Euterpe precatória* “Huasai”, *Iriartea deltoidea* “Pona” y *Leonia glycyarpa* “Tamara”. En contraste para los árboles pequeños fueron: *Guadua weberbaueri* “Paca”, *Arrabidaea sp.* “Cipo cruz” y *Carpotroche longifolia* “Champa huayo”. Las especies mencionadas corresponden a un bosque con paca de terrazas altas.
- La biomasa estimada del componente árboles grandes del bosque con paca de terrazas altas de la concesión de conservación “Gallocunca”, presentó un valor promedio de 306.07 t/ha, el cual se encuentra dentro del rango registrado para bosques primarios de la Amazonía oriental (este).
- La biomasa estimada del componente árboles pequeños del bosque con paca de terrazas altas de la concesión de conservación “Gallocunca”, presentó un valor promedio de 23.51 t/ha, el cual no se encuentra dentro del rango registrado para bosques primarios de Madre de Dios.
- La biomasa estimada del componente herbáceo del bosque con paca de terrazas altas de la concesión de conservación “Gallocunca”, presentó un valor promedio de 1.67 t/ha, el cual se encuentra dentro del rango registrado para bosques montanos.
- La biomasa aérea estimada del bosque con paca de terrazas altas de la concesión de conservación “Gallocunca”, presentó un valor promedio de 331.25 ± 149.18 t/ha, el cual se encuentra dentro del rango registrado para bosques primarios de la Amazonía oriental (este).

- El stock de carbono aéreo estimado del bosque con paca de terrazas altas de la concesión de conservación “Gallocunca”, presentó un valor promedio de 165.63 \pm 74.59 t C/ha, el cual se encuentra dentro del rango registrado para bosques primarios de la Amazonía oriental (este).
- La cantidad de carbono equivalente estimada que se evitaría en emitir a la atmosfera, del bosque con paca de terrazas altas de la concesión de conservación “Gallocunca”, presentó un valor promedio de 607.30 \pm 273.50 t CO₂-equi/ha, el cual se encuentra fuera del rango registrado para los bosques con paca de la región Madre de Dios.
- Los altos valores registrados para el bosque con paca de terrazas altas, en cuanto a la biomasa aérea, stock de carbono aéreo y cantidad de carbono equivalente. Podría deberse a la composición florística y al aporte del componente árboles grandes.

RECOMENDACIONES

- Evaluar con cuidado la identificación de especies, del componente de árboles grandes y árboles pequeños, existe dimorfismo entre las mismas especies en cuanto al tamaño, forma y disposición de la hoja, esta también varía según las condiciones del lugar, lo cual dificulta la determinación de la composición florística en cualquier tipo de bosque.
- Desarrollar ecuaciones alométricas en función al DAP (con rangos de menores a mayores), con las especies más abundantes del componente de árboles grandes y árboles pequeños, lo cual permitirá estimar la biomasa de los árboles con más precisión y exactitud, ya que las especies más abundantes son probables de encontrarse con mayor frecuencia en bosques de tierra firme.
- Realizar el mismo estudio en otros tipos de bosque de la región Madre de Dios, a fin de evaluar la variabilidad, distribución, cantidad de biomasa, cantidad de carbono y cantidad de carbono equivalente.
- Completar el estudio de stock o almacenamiento de carbono en el bosque con paca de terrazas altas de la concesión de conservación “Gallocunca”, evaluando los reservorios de: Biomasa subterránea, Necromasa (árboles muertos caídos y parados), Hojarasca y Suelo. Ello permitirá conocer la cantidad total de carbono que almacena el bosque con paca de terrazas altas de la concesión de conservación “Gallocunca”.
- Monitorear la dinámica del bosque con paca de terrazas altas de la concesión de conservación “Gallocunca”, a fin de demostrar el incremento de biomasa y por consiguiente el carbono, lo que confirmaría que el bosque se comporta como sumidero en la captura y almacenamiento de carbono, ayudando en la mitigación del cambio climático.
- Proponer este estudio como iniciativa de proyecto REDD+, el cual promoverá la valoración, conservación y autosostenimiento del bosque con paca de terrazas altas de la concesión de conservación “Gallocunca”, mediante la compensación por el servicio de captura y almacenamiento de carbono.

BIBLIOGRAFIA

- ALARCÓN, Gabriel y ZEVALLOS, Percy Amilcar. Estructura y composición florística de un bosque de terraza baja en Tambopata, Madre de Dios. 2011. Revista Científica Biodiversidad Amazónica. Octubre 2011 Año 3 Vol. 3. ISSN 2075-8081. [citado 10 de Agosto 2012]
- ANDERSON, Liana O. 2012. Biome-Scale Forest Properties in Amazonia Based on Field and Satellite Observations. [On líne] Journal Remote Sens. 2012, 4, 1245-1271; doi:10.3390/rs4051245 < [http:// www.mdpi.com/journal/remotesensing](http://www.mdpi.com/journal/remotesensing)> [citado 25 de junio 2012]
- ANGELSEN, A., BROCKHAUS, M., KANNINEN, M., SILLS, E., SUNDERLIN, W. D. y WERTZ-KANOUNNIKOFF, S. 2010. La implementación de REDD+: estrategia nacional y opciones de política. Centro para la Investigación Forestal Internacional (CIFOR). Bogor, Indonesia. 390 p.
- ARANGO, Ángela María y CAMARGO, Juan Carlos. 2012. Bosques de guadua del eje cafetero de Colombia: Oportunidades para su inclusion en el mercado voluntario de C y el programa REDD+. [En línea] Revista Recursos Naturales y Ambiente/n°.61: 77-85 <[http:// web.catie.ac.cr/informacion/RFC/Default.htm](http://web.catie.ac.cr/informacion/RFC/Default.htm) > [citado 10 de Abril 2012]
- ARAUJO, A; ARROYO, L; KILLEEN, T y SALDIAS, M. 2006. Dinámica del bosque, incorporación y almacenamiento de biomasa y carbono en el Parque Nacional Noel Kempff Mercado. [En línea] Revista Ecología en Bolivia, 41(1): 24-45, Julio de 2006 [citado 10 de agosto 2010]
- ARAUJO Murakami, Alejandro. 2011. Inventario y monitoreo de carbono. Capítulo 4. Manual de campo para el inventario y monitoreo de la productividad de la biomasa y/o carbono en bosques tropicales. Santa Cruz, Bolivia.28 p. [citado septiembre del 2011]
- ARREAGA Gramajo, William Estuardo. 2002. Almacenamiento del Carbono en bosques con Manejo Forestal Sostenible en la Reserva de Biosfera Maya, Peten, Guatemala. Tesis de Posgrado (Maestría en Educación para el Desarrollo y la Conservación) Peten, Guatemala. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. 86 p.
- ASNER, G. P., G. V. N. POWELL, J. MASCARO, D. E. KNAPP, J. K. CLARK, J. JACOBSON, T. KENNEDY-BOWDOIN, A. BALAJI, G. PAEZ-ACOSTA, E. VICTORIA, L. SECADA, M. VALQUI, AND R. F. HUGHES. 2010. High-resolution forest carbon stocks and emissions in the Amazon. [On líne] Proceedings



of the National Academy of Sciences. (2010) 107(38):16738-16742. <www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1004875107> [citado 15 de julio 2011]

- ASOCIACIÓN PARA LA INVESTIGACIÓN Y EL DESARROLLO INTEGRAL (AIDER). RECAVARREN, P; DELGADO, M; SÁNCHEZ, C y ANGULO, M. 2011. Estimación del Carbono Almacenado en la Biomasa de los Bosques de la Reserva Nacional Tambopata y el Parque Nacional Bahuaja-Sonene - Ámbito de la región Madre de Dios. Madre de Dios, Perú. 47 p.
- BOINA, Aline. 2008. Quantificacao de estoques de biomasa e de carbono em floresta estacional semidecidual, Vale do Rio Doce, Minas Gerais. Tesis de Posgrado (Magister en Ciencia Florestal).Brasil. Universidade Federal de Vicosa. 98 p.
- CASTRO Medina, Walter. Convenio entre el Gobierno Regional de Madre de Dios (GOREMAD), Instituto de Investigación de la Amazonia Peruana (IIAP). 2008. Temática Geología en; Zonificación Ecológica y Económica del departamento de Madre de Dios. Madre de Dios, Perú. 77 p.
- CHAMBI Condori, Pedro Pablo. 2001. Valoración Económica de secuestro de carbono mediante simulación aplicada a la Zona boscosa del Rio Inambari y Madre de Dios. Simposio Internacional Medición y Monitoreo de la Captura de Carbono en Ecosistemas forestales (18 al 20 de Octubre del 2001. Valdivia – Chile). 20 p.
- CHAMBI Pacompia, Benjamin. Gobierno Regional de Madre de Dios (GOREMAD), Gerencia Regional de Recursos Naturales y Gestión del Medio Ambiente (GRRNYGMA). 2009. Temática Vegetación en; Meso zonificación Ecológica y Económica de los distritos de Huepetuhe, Madre de Dios, Inambari y Laberinto. 157 p.
- CHAVE, J; RIERA, B y DUBOIS, M. 2001. Estimation of Biomass in a Neotropical Forest of French Guiana: Spatial and Temporal Variability. [On line] Journal of Tropical Ecology, Vol. 17, No. 1 (Jan., 2001), pp. 79-96. <<http://www.jstor.org/stable/3068794>> [citado 16 de octubre 2009]
- CHAVE, J; CONDIT, R; LAO, S; CASPERSEN, J; FOSTER, R y HUBBELL, S. 2003. Spatial and temporal variation of biomass in a tropical forest: results from a large census plot in Panama. [On line] Journal of Ecology 2003 91, 240–252. [citado 16 de octubre 2009]
- CHAVE, J; ANDALO, C; BROWN, S; CAIRNS, M; CHAMBERS, J; EAMUS, D; FOLSTER, H; FROMARD, F; HIGUCHI, N; KIRA, T; LESCURE, J; NELSON, B; OGAWA, H; PUIG, H; RIERA, B y YAMAKURA, T. 2005. Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forests. [On line]

Journal Oecologia (2005) 145: 87–99 DOI 10.1007/s00442-005-0100-x.
<<http://dx.doi.org/10.1007/s00442-005-0100-x>> [citado 23 de junio 2010]

- CHAVE, J; OLIVIER, J; BONGERS, F; CHATELET, P; FORGET, P-M; VAN DER MEER, P; NORDEN, N; RIERA, B Y DOMINIQUE, P-C. 2008. Above-ground biomass and productivity in a rain forest of eastern South America. [On línea] Journal of Tropical Ecology (2008) 24:355–366. Cambridge University Press doi:10.1017/S0266467408005075. [citado 20 de octubre 2009]
- CHENOST, C; GARDETTE, Y; DEMENOIS, J; GRONDARD, N; PERRIER, M y WEMAËRE, M. 2009. Los mercados de carbono forestal. 176 p.
- CHE PIU, H. y GARCÍA, T. 2011. Estudio REDD Perú: La Situación de REDD en el Perú. Derecho Ambiente y Recursos Naturales (DAR). 1Edic, Lima, Perú. 76 p. [En línea] <<http://www.dar.org.pe/>> [citado 10 de mayo 2011]
- CLARK, D.B y CLARK, D.A. 2000. Landscape-scale variation in forest structure and biomass in a tropical rain forest. [On línea] Journal Forest Ecology and Management 137 (2000) 185±198 <<http://www.elsevier.com/locate/foreco>> [citado 16 de octubre 2009]
- CRUZADO B, L. A y FLORES N, C. F. 2010. Protocolo para la determinación de carbono en el suelo y en la biomasa vegetal aérea de los bosques de la concesión para conservación Alto Huayabamba: Versión 1.0. Asociación Amazónicas por la Amazonía (AMPA). Moyobamba, Perú. 55 p. [En línea] <www.ampaperu.info/index.php?option=com_docman&task=doc_download&gid=36&Itemid=62> [citado 16 de octubre 2010]
- DAUBER, Erhard; TERÁN, Jaime y GUZMÁN, Rudy. 2002. Estimaciones de Biomasa y Carbono en Bosques Naturales de Bolivia. Memoria I Reunión Nacional sobre Investigación Forestal: Avances y Perspectivas para la Investigación Forestal en Bolivia (25 al 27 de Junio del 2002. Santa Cruz de la Sierra - Bolivia). 128 p.
- DUEÑAS, H; DEL ALCAZAR, J; BEJAR, N; BAEZ, S; BERROCAL, S y CASANOVA, P. Estudio y Caracterización Dendrológica Concesión Forestal Rio Piedras S.A.C (Otorongo), provincia de Tahuamanu, Madre de dios, 2007. Memoria XII Congreso Nacional de Botánica (18 al 21 de setiembre del 2008. Puerto Maldonado, Madre de Dios, Perú). 2008. 260 p.
- DUEÑAS, H; DEL ALCAZAR, J; BEJAR, N; CASANOVA, P; BAEZ, S; BERROCAL, S; COLLAZOS, B y CUENCA, L. Diversidad y Composición Florística en localidad de San Lorenzo, provincia de Tahuamanu, Madre de Dios. Memoria XII Congreso Nacional de Botánica (18 al 21 de setiembre del 2008. Puerto Maldonado, Madre de Dios, Perú). 2008. 260 p.



- DUEÑAS, H; NIETO, C; PEÑA, J; ROJAS, R; CARRIÓN, L; DEL ALCAZAR, J; BERROCAL, S; BAEZ, S; BEJAR, N; CASANOVA, P; GARATE, J; SURCO, O y LIPA, J. Diversidad y Composición Florística de árboles a través de una gradiente altitudinal en la localidad de Santa Rosa, Tambopata, Madre de Dios. Memoria XIII Congreso Nacional de Botánica (20 al 25 de setiembre del 2010. Tingo María, Perú). 2010. 190 p.
- ENCARNACION, Filomeno; ZARATE, Ricardo y AHUITE, Manuel. Convenio entre el Gobierno Regional de Madre de Dios (GOREMAD), Instituto de Investigación de la Amazonia Peruana (IIAP). 2008. Temática Vegetación en; Zonificación Ecológica y Económica del departamento de Madre de Dios. Madre de Dios, Perú. 74 p.
- ESCOBEDO Torres, Roger. Convenio entre el Gobierno Regional de Madre de Dios (GOREMAD), Instituto de Investigación de la Amazonia Peruana (IIAP). 2008. Temática Suelos y Capacidad de uso mayor en; Zonificación Ecológica y Económica del departamento de Madre de Dios. Madre de Dios, Perú. 151 p.
- FONDO NACIONAL DEL AMBIENTE – PERÚ (FONAM). 2011. Oportunidades de Mercado de Carbono en Perú 2011. Mecanismos de Desarrollo Limpio, Mercados Voluntarios y REDD. Lima, Perú. 2 p. [En línea] < [http:// www.fonamperu.org](http://www.fonamperu.org) > [citado 20 de octubre 2011]
- FREITAS, L, OTÁROLA, E, DEL CASTILLO, D, LINARES, C, MARTÍNEZ, P y MALCA, G. 2006. Servicios ambientales de almacenamiento y secuestro de carbono del ecosistema aguajal en la Reserva Nacional Pacaya Samiria, Loreto – Perú. IIAP. Documento Técnico N° 29. 2da edición corregida y aumentada: noviembre 2006. 65 p. [En línea] < <http://www.iiap.org.pe> > [citado 12 de mayo 2009]
- FUNDACIÓN NATURA. Ponce R, Edwin F. 2009. Inventario forestal y de materia orgánica como línea base para la estimación de la cantidad de carbono fijado en la Cordillera del Cóndor. Macas, Morona Santiago, Ecuador. 61p. [citado 19 de enero 2011].
- GONZÁLEZ Madruga, César Daniel. 2011. Los resultados de la COP-17 en Durbán. Publicado 17/12/11 a horas 01:32 pm. [En línea] < <http://www.cronica.com.mx/seccion.php?id=8> > [citado 20 de febrero 2012]
- GREENOXX, AIDER, MADERACRE y MADERYJA. 2009. Madre de Dios Amazon REDD Project. Maderacre y Maderyja. 341 p. [On líne] < <http://www.gruporedperu.net>> [citado 10 de octubre 2011]
- HAJEK, F; VENTRESCA, M.J; SCRIVEN, J y CASTRO, A. 2011. Regime-building for REDD+: Evidence from a cluster of local initiatives in south-eastern Peru. [On

línea] Journal Environmental science & policy 14 (2011) 201 – 215 <<http://www.elsevier.com/locate/envsci>> [citado 25 de junio 2012]

- HERRERA Arango, María. 2002. Alejandra. Biomasa de la Vegetación herbácea y leñosa pequeña y necromasa en el área de influencia de la Central Hidroeléctrica Porce II. Tesis (Ingeniería Forestal). Porce, Colombia. Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín, Departamento de Ciencias Forestales. 36 p.
- HIGUCHI, N; CHAMBERS, J; DOS SANTOS, J; RIBEIRO, R; MARTINS, A; PEREIRA, R; DE MIRANDA, R y SIZA, E. 2003. Dinâmica e balanço do carbono da vegetação primária da Amazônia Central. [En línea] Revista Floresta 34 (3), Set/Dez 2004, 295-304, Curitiba-PR [citado 16 de octubre 2009]
- HONORIO C, E. N y BAKER, T.R. 2010. Manual para el Monitoreo del Ciclo del Carbono en Bosques Amazónicos. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP)/ Universidad de Leeds (UL)/ Red Amazónica de Inventarios Forestales (RAINFOR). Lima, Perú. 54 p. [En línea] <<http://www.geog.leeds.ac.uk/projects/esp/Document/Honorio%20&%20Baker%202010%20Manual%20carbono.pdf>> [citado 20 de febrero 2011]
- HOUGHTON, R.A; LAWRENCE, K.T; HACKLER, J.L y BROWN, S. 2001. The spatial distribution of forest biomass in the Brazilian Amazon: a comparison of estimates. [On línea] Journal Global Change Biology (2001) 7, 731-746 [citado 16 de octubre 2009]
- INSTITUTO NACIONAL DE RECURSOS NATURALES (INRENA). 2003. Plan Maestro de la Reserva Nacional Tambopata 2004 – 2008. IANP. Puerto Maldonado – Perú. Septiembre del 2003. 181 p. [citado 15 de febrero 2009]
- LARREA Aguinaga, Giuliana Cecilia. 2007. Determinación de las reservas de carbono en la biomasa aérea de combinaciones agroforestales de Theobroma cacao L. Tesis (Ingeniería Ambiental). Lima, Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina, Facultad de Ciencias, Departamento de Ingeniería Ambiental. 147 p.
- LAPEYRE, Tatiana, ALEGRE, Julio y AREVALO, Luis. 2004. Determinación de las Reservas de Carbono de la Biomasa Aérea, en diferentes Sistemas de Uso de la Tierra en San Martín, Perú. [En línea] Revista Redalyc, Ecología Aplicada, 3(1,2), 2004 <<http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio>> [citado 14 de abril 2010]
- LINO Zevallos, Karen Araceli. 2009. Determinación del stock de biomasa y carbono en las sucesiones secundarias de Bolaina en la cuenca media del Río Aguaytía, Ucayali, Perú. Tesis (Ingeniería Forestal). Pucallpa, Perú. Universidad Nacional de Ucayali, Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. 82 p.

- LUJAN Cárdenas, W. J y CHAVEZ Arcos, Y. 2006. Capacidad de captura de carbono en un ecosistema de Bosque Húmedo Tropical Pampa Hermosa, Huasahuasi, Tarma, Junín, Perú. 8 p. [En línea] <<http://www.darwinnet.org/index.php>> [citado 20 de mayo 2010]
- MALHI, Y; WOOD, D; BAKER, T; WRIGHT, J; PHILLIPS, O; COCHRANE, O; MEIR, P; CHAVE, J; ALMEIDA, S; ARROYO, L; HIGUCHI, N; KILLEEN, T; LAURANCE, S; LAURANCE, W; LEWIS, S; MONTEAGUDO, A; NEILL, D; NUNEZ, P; PITMAN,N; QUESADA, C; SALOMAO, R; NATAL INO, J; TORRES, A; TERBORGH, J; VASQUEZ, R y VINCETI, B. 2006. The regional variation of aboveground live biomass in old-growth Amazonian forests. [On línea] *Journal Global Change Biology* (2006) 12, 1107–1138, doi: 10.1111/j.1365-2486.2006.01120.x [citado 16 de octubre 2009]
- MINISTERIO DEL AMBIENTE (MINAM) y MINISTERIO DE AGRICULTURA (MINAG). 2011. El Perú de los bosques. 1Edic, Lima, Perú. 73 p. [En línea] <<http://www.minam.gob.pe/>> [citado 10 de agosto 2011]
- MINISTERIO DEL AMBIENTE (MINAM). 2011. Perú, País de Bosques. Programa Nacional de Conservación de Bosques para la Mitigación del Cambio Climático. Boletín informativo N° 02, Julio 2011. 20 p. [En línea] <<http://www.infobosques.com/descargas/biblioteca/4/>> [citado 10 de octubre 2011]
- MINISTERIO DEL AMBIENTE DE ECUADOR (MAE). 2011. REDD+ en Ecuador. Una Oportunidad para Mitigar el Cambio Climático y Contribuir a la Gestión Sostenible de los Bosques. Quito, Ecuador. 110 p.
- MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL (MAVDT). ORTEGA, S; GARCÍA, A; RUÍZ, C; SABOGAL, J y VARGAS, J. 2010. Deforestación Evitada. Una Guía REDD + Colombia. Bogotá, Colombia. 72 p.
- NASCIMENTO, H.E.M y LAURANCE, W.F. 2002. Total aboveground biomass in central Amazonian rainforests: a landscape-scale study. [On línea] *Journal Forest Ecology and Management* 168 (2002) 311–321<<http://www.elsevier.com/locate/foreco>> [citado 16 de octubre 2009]
- ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN (FAO). 2010. Evaluación de los recursos forestales mundiales 2010. Informe principal - Estudio FAO: Montes 163. Viale delle Terme di Caracalla, Italia, Roma. 381 p.
- ORREGO, Sergio Alonso y DEL VALLE, Jorge Ignacio. 2001. Existencias y tasas de incremento neto de la biomasa y del carbono en bosques primarios y secundarios

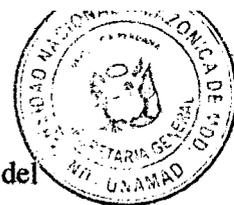


de Colombia. Memoria del Simposio Internacional: Medición y monitoreo de la captura de carbono en ecosistemas forestales. (18 al 20 de Octubre del 2001, Valdivia Chile). 24 p.

- PALOMINO Contreras, Diana. 2007. Estimación del servicio ambiental de captura del CO₂ en la flora de Los Humedales de Puerto Viejo. Tesis de Posgrado (Maestría en Ciencias Ambientales con mención en Control de la Contaminación y Ordenamiento Ambiental), Lima, Perú. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ingeniería Geológica, Minera Metalúrgica y Geográfica. 154 p.
- PANEL INTERGUBERNAMENTAL DE EXPERTOS SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO (IPCC). EGGLESTON, H.S; BUENDIA, L; MIWA, K; NGARA, T y TANABE, K. 2006. Programa de inventarios nacionales de gases de efecto invernadero del IPCC. Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. Volumen 4. Agricultura, Silvicultura y otros usos de la tierra. Publicado por: IGES, Japón. 628 p.
- PAREDES Salinas, Sandra Roxana. 2008. Composición, estructura y biomasa del bosque semidecíduo andino del Valle del Rio San Juan, Parque Nacional Madidi. Memoria IV Reunión sobre Investigación Forestal: Hacia un Manejo Forestal Comunitario (3 al 5 de Septiembre del 2008. Cobija - Pando). 180 p.
- PITMAN, N; SALAS, K; LOYOLA, M; VIGO, G y LUTZ, D. 2009. Historia e impacto de la literatura científica del Departamento de Madre de Dios, Perú. [En línea] Revista Perú Biol. 15(2): 015-022 (febrero del 2009) <<http://sisbib.unmsm.edu.pe/BVRevistas/biologia/biologiaNEW.htm>> [citado 14 de abril 2010]
- PIZZURNO Maidana, María Cecilia. 2010. Estimación preliminar del stock de carbono en diferentes tipos de bosques en el Parque Nacional Caazapá, departamento Caazapá, San Lorenzo, Paraguay. Tesis (Ingeniería Forestal). Caazapá, Paraguay. Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Agrarias. 87 p.
- QUINTO Mosquera, Harley. 2010. Dinámica de la biomasa aérea en bosques primarios de Colombia y su relación con la precipitación y la altitud. Tesis de Posgrado (Maestría en Bosques y Conservación Ambiental). Medellín, Colombia. Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín, Facultad de Ciencias Agropecuarias. Enero 2010. 41 p.
- RIOS, J. 1982. Prácticas de Dendrología Tropical. Departamento de Manejo Forestal. UNALM. Lima, Perú. 150 p.
- RÜGNITZ, M. T; CHACÓN, M y PORRO, R. 2009. Guía para la determinación de carbono en pequeñas propiedades rurales. Centro Mundial Agroforestal (ICRAF) /

Consortio Iniciativa Amazónica (IA). 1ª Edición, Lima, Perú. 79 p. [En línea] <http://www.sinac.go.cr/corredoresbiologicos/boletines/boletin4_2010/docs/guiapropiedadesrurales.pdf> [citado 20 de febrero 2010]

- RÜGNITZ, M; PELEIAS, E; BORGES, B; GAREN, E; PINTO, E; SAWYER, D; SHIKI, S; UNTERSTELL, N y VONADA, R. 2011. Aprendiendo sobre Pagos por Servicios Ambientales. Fundamentos para la elaboración de proyectos de carbono forestal. Centro Mundial Agroflorestal (ICRAF) / Forest Trends. 61 p.
- SAATCHI, S; HARRIS, N; BROWN, S; LEFSKY, M; MITCHARD, E; SALAS, W; ZUTTA, B; BUERMANN, W; LEWIS, S; HAGEN, S; PETROVA, S; WHITE, L; SILMAN, M y MOREL, A. 2011. Benchmark map of forest carbon stocks in tropical regions across three continents. [On línea] Journal PNAS Early Edition <<http://www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1019576108>> [citado 10 de octubre 2011]
- SARMIENTO, Guillermo; PINILLOS, Marcela y GARAY, Irene. 2005. Biomass variability in tropical american Lowland forest. [On línea] Journal ECOTROPICOS 18(1):1-20. 2005. Sociedad Venezolana de Ecología <<http://ecotropicos.saber.ula.ve>> [citado 10 de octubre 2011]
- SELAYA, Galia. 2011. Estimación de Carbono en Parcelas Permanentes de Monitoreo en un Bosque Antrópico de Pando. Revista Amazonia Viva, abril-mayo, número 01, Consorcio Madre de Dios – Pando. IICA, USAID. Madre de Dios, Perú. pp 18-20. [En línea] <www.consorcio-m-pando.org/noticias/amazonia-viva-1.pdf> [citado 10 de mayo 2011]
- SIERRA, C.A; DEL VALLE, J.I; ORREGO, S.A; MORENO, F.H; HARMON, M.E; ZAPATA, M; COLORADO, G.J; HERRERA, M.A; LARA, W; RESTREPO, D.E; BERROUET, L.M; LOAIZA, L.M y BENJUMEA, J.F. 2007. Total carbon stocks in a tropical forest landscape of the Porce region, Colombia. [On línea] Journal Forest Ecology and Management 243 (2007) 299–309 <<http://www.elsevier.com/locate/foreco>> [citado 16 de octubre 2009]
- URETA Adrián, Marisabel. 2009. Diferencias Altitudinales de Contenido de Carbono y Biomasa Arbórea en el Parque Nacional Yanachaga Chemillén, Pasco-Perú. Tesis (Biólogo-Microbiólogo). Tacna, Perú. Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, Facultad de Ciencias, Escuela Académico Profesional de Biología-Microbiología. 152 p.
- VALENZUELA, M; MACEDO, E; MALATESTA, S; REVILLA, V; QUENTA, H; CCANQUE, P; FLORES, C; CAHUANTICO, D; HUISA, M; VÁSQUEZ, C y COAQUIRA, V. Estudio Dendrológico de Especies Forestales en la localidad de Rompeolas, Tambopata, Madre de Dios. Memoria XIII Congreso Nacional de Botánica (20 al 25 de setiembre del 2010. Tingo María, Perú). 2010. 190 p.



- VALLENAS Quispe, J. C y PARRILLO Mancilla, H. V. 2006. Determinación del secuestro de carbono de Shihuahuaco, Quinilla y Estoraque en predios agrícolas en Tahuamanu. Tesis (Ingeniería Forestal). Madre de Dios, Perú. Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, Facultad de Ciencias Forestales y Medio Ambiente. 78 p.
- VARGAS, L; TITO, J; LUZA, M; RADO, B y FLORES, S. Diversidad Florística en la Comunidad de Micaela Bastidas, Puerto Maldonado, Madre de Dios. Memoria XII Congreso Nacional de Botánica (18 al 21 de setiembre del 2008. Puerto Maldonado, Madre de Dios, Perú). 2008. 260 p.
- VELA, C; GONZALES, T; CORNEJO, F y PITMAN, N. Composición Florística de los Bosques del Llano Inundable en Madre de Dios. Memoria XII Congreso Nacional de Botánica (18 al 21 de setiembre del 2008. Puerto Maldonado, Madre de Dios, Perú). 2008. 260 p.
- VILLEGAS, Z; MOSTACEDO, B; LICONA, J; ALARCON, A; LEAÑO, C; PEÑA, M y POORTER, L. 2008. Dinámica de la biomasa en áreas de manejo forestal sujetas a diferentes intensidades de aprovechamiento. Memoria IV Reunión sobre Investigación Forestal: Hacia un Manejo Forestal Comunitario (3 al 5 de Septiembre del 2008. Cobija - Pando). 180 p.
- VIVAS, Esther. 2011. Más capitalismo verde: Un balance de la Cumbre del clima en Durban. Publicado 19/12/11 a horas 08:24 pm. [En línea] < <http://www.canalsolidario.org/usuarios/perfil/120>> [citado 20 de febrero 2012]
- WINROCK INTERNATIONAL (WI). 2006. Terrestrial Carbon Storage in the Osa Peninsula, Punta Arenas, Costa Rica. 27 p. [On línea] < <http://www.winrock.org/ecosystems/publications.asp?BU=9086>> [citado 10 de octubre 2011]
- WINROCK INTERNATIONAL (WI). 2006. Carbon Storage in the Los Amigos Conservation Concession, Madre de Dios, Perú. 31 p. [On línea] < <http://www.winrock.org/ecosystems/publications.asp?BU=9086>> [citado 10 de octubre 2011]
- WOODS HOLE RESEARCH CENTER (WHRC). 2012. Carbon storage in tropical vegetation: New map to help developing nations track deforestation, report on emissions. [On línea] Journal PHYSoSrg < <http://www.physorg.com/news/2012-01-carbon-storage-tropical-vegetation-nations.html>> [citado 25 de junio 2012]
- YEPES, A; DUQUE, A; NAVARRETE, D; PHILLIPS, J; CABRERA, E; CORRALES, A; ÁLVAREZ, E; GALINDO, G; GARCÍA, M; IDÁRRAGA, A y VARGAS, D. 2011. Estimación de las reservas y pérdidas de carbono por

deforestación en los bosques del departamento de Antioquia, Colombia. [En línea] Revista Actual Biol 33 (95): 193-208, 2011 <<http://www.agro.unalmed.edu.co/cagraria/>> [citado 10 de abril 2011]

- ZACUNE, Joseph. 2008. Amigos de la Tierra Internacional. Los bosques en un clima cambiante. ¿Impedirá el cambio climático que los bosques cumplan con su papel de reguladores del clima mundial? Edic. 115. Ámsterdam, Holanda. 24 p.
- ZANNE, A, LOPEZ, G, COOMES, D, ILIC, J, JANSEN, S, LEWIS, S, MILLER, R, SWENSON, N, WIEMANN, M, y CHAVE, J. 2009. Global wood density database. [En línea] Dryad. Identifier <<http://hdl.handle.net/10255/dryad.235>> [citado 24 de abril 2011]
- ZEVALLOS, Pía; CIGARÁN, María Paz y FLÓREZ, Camila. 2010. Guía de apoyo para el Negociador Iberoamericano de Cambio Climático. PNUD Regional Centre LAC, GOBIERNO DE ESPAÑA y LIBELULA. Lima, Perú. 90 p. [En línea] <<http://www.undpcc.org/documents/p/1783.aspx>> [citado 20 de octubre 2011]

ANEXOS

ANEXO I. PLANILLAS DE CAMPO

1.1. Hoja de datos de campo de inventarios de biomasa arboles grandes y pequeños

Localidad: Baltimore, Inversiones Maldonado				Coordenadas E-N:				Pendiente (%):				
Fecha establecimiento:				Fecha de medición:		H_inicio:		H_conclusion:				
Vegetación predominante y tiempo:												
Responsable y personal:								Botánico:				
Información a registrar: En la parcela de 50x100 m se registrara árboles y palmeras con DAP > 10 cm y en 20x20 m se registrara arbolitos, palmeras, pacas y lianas con DAP 5 - 10 cm. El punto de medida del DAP se demarcara y codificara con pintura roja en los árboles, palmeras, pacas (DAC) y lianas. A excepción que sean delgadas donde se pondrán cintas de agua roja codificadas.												
N°	PARCELA	COD.	ESPECIE	CAP (cm)	DIST (m)	HB (%)	HF (%)	HT (%) Est. (m)	CF	ESTE	NORTE	OBSERVACIONES
1	IM-1	1										
2												
3												

Estado sanitario del árbol:

Horcas: HO	Abultación en la base, fuste y cuello: AB, AF, AC	Defoliaciones: DE	Perfecta: P1	Bueno: A
Rajaduras: RA	Protuberancia en la base, fuste y cuello: PB, PF, PC	Cuello curvado: CC	Buena: B2	Torcido: B
Hueco: HU	Heridas con tejido expuesto: THE	Barrenado: BA	Tolerable: T3	Defectuoso: C
Pudrición: PU	Sano: SA	Cogido por rayo: CR	Pobre: P4	Muy pobre: MP5

1.2. Hoja de datos de campo de inventarios de biomasa herbácea y laboratorio

Localidad: Baltimore, Inversiones Maldonado			Pendiente (%):		H_inicio:	
Fecha establecimiento:			Fecha de medición:		H_conclusion:	
Vegetación predominante y tiempo:						
Responsable y personal:						
Información a registrar: En la sub parcela de 4x4 m se cortara toda la vegetación no arbórea (arbustos, hierbas y pastos) con DAP < 2.5 cm al ras del suelo. Donde se mezclara y se tomara 200 gramos de cada uno respectivamente. Finalmente se determinara el peso seco en laboratorio.						
N°	PARCELA	CODIGO	PESO HUMEDO TOTAL (g)	PESO HUMEDO MUESTRA (g)	PESO SECO MUESTRA (g)	
1	IM-1	BH-1				
2						
3						

ANEXO III. CUADROS

Cuadro 15. Características de las parcelas del componente de árboles grandes, del bosque con paca de terrazas altas.

PM	Densidad (N/ha)	Área basal (m ² /ha)	Riqueza (#Esp/ha)	Riqueza (#Gen/ha)	Riqueza (#Fam/ha)
1	510	30.24	204	154	66
4	544	31.95	218	150	76
11	436	22.46	182	148	68
12	490	21.61	198	156	68
13	560	35.72	240	162	76
15	484	23.31	192	142	70
21	416	21.25	202	152	80
23	428	21.89	148	116	58
24	238	19.93	122	108	52
30	492	21.94	192	134	64
31	550	31.57	222	164	72
35	460	25.98	180	126	62
Promedio, IC (95%)	467.33 (± 190.42)	25.66 (± 11.67)	191.67 (± 70.35)	142.67 (± 39.65)	67.67 (± 17.59)

Fuente: Elaboración propia (2012).

Cuadro 16. Características de las parcelas del componente de árboles pequeños, del bosque con paca de terrazas altas.

PM	Densidad (N/ha)	Área basal (m ² /ha)	Riqueza (#Esp/ha)	Riqueza (#Gen/ha)	Riqueza (#Fam/ha)
1	2075	4.87	1400	1150	800
4	1275	2.89	850	725	550
11	1325	3.01	925	825	525
12	2450	6.43	1525	1175	725
13	1650	4.07	1050	875	600
15	2050	4.32	1350	1125	725
21	1650	4.07	1050	975	775
23	3325	6.11	850	825	575
24	2800	3.31	600	550	425
30	1400	2.25	875	775	575
31	1775	3.51	1100	975	675
35	1500	2.78	975	800	525
Promedio, IC (95%)	1939.58 (± 1399.81)	3.97 (± 2.87)	1045.83 (± 584.14)	897.92 (± 414.74)	622.92 (± 254.28)

Fuente: Elaboración propia (2012).

Cuadro 17. Resumen de la abundancia de individuos en el componente de árboles grandes (con base a 20 especies botánicas, con DAP \geq 10 cm), del bosque con paca de terrazas altas.

FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMUN	ABUNDANCIA
ACHARIACEAE	<i>Lindackeria paludosa</i>	Huacapusillo	34
ARECACEAE	<i>Euterpe precatoria</i>	Huasai	195
ARECACEAE	<i>Iriarteia deltoidea</i>	Pona	75
ARECACEAE	<i>Socratea exorrhiza</i>	Cashapona	37
BURSERACEAE	<i>Tetragastris altissima</i>	Isigo	41
CLUSIACEAE	<i>Symphonia globulifera</i>	Azufre caspi	34
EUPHORBIACEAE	<i>Senefeldera inclinata</i>	Palo oficial	45
FABACEAE	<i>Tachigali poeppigiana</i>	Palo santo	34
LECYTHIDACEAE	<i>Eschweilera coriacea</i>	Misa blanca	54
MALVACEAE	<i>Apeiba membranacea</i>	Peine de mono	52
MORACEAE	<i>Brosimum lactescens</i>	Tamamuri	52
MORACEAE	<i>Naucleopsis naga</i>	Pandishillo	64
MORACEAE	<i>Pseudolmedia laevigata</i>	Yambito	36
MORACEAE	<i>Pseudolmedia laevis</i>	Chimicua	37
MYRISTICACEAE	<i>Iryanthera juruensis</i>	Cumala bola	54
MYRISTICACEAE	<i>Virola sebifera</i>	Cumala blanca de hoja marrón	36
OLACACEAE	<i>Heisteria nitida</i>	Cotoma colorada	34
URTICACEAE	<i>Cecropia sciadophylla</i>	Cético de altura	52
URTICACEAE	<i>Pourouma minor</i>	Sacha uvilla	57
VIOLACEAE	<i>Leonia glycyarpa</i>	Tamara	69
SUBTOTAL (292)			1712
TOTAL			2804

Fuente: Elaboración propia (2012).

Cuadro 18. Riqueza del componente de árboles grandes por géneros, especies e individuos (con DAP \geq 10 cm), del bosque con paca de terrazas altas.

FAMILIA	GENEROS	ESPECIES	ABUNDANCIA
ACHARIACEAE	1	1	34
ANACARDIACEAE	4	4	19
ANNONACEAE	11	19	57
APOCYNACEAE	4	6	39
ARECACEAE	7	7	338
BIGNONIACEAE	2	3	16
BIXACEAE	1	1	5
BORAGINACEAE	1	5	14
BURSERACEAE	2	7	65
CANNABACEAE	1	1	7
CARICACEAE	1	1	3
CARYOCARACEAE	1	1	1
CELASTRACEAE	1	1	4
CHRYSOBALANACEAE	4	10	46
CLUSIACEAE	2	2	39
COMBRETACEAE	2	3	6
DICHAPETALACEAE	1	1	2
EBENACEAE	1	1	5
ELAEOCARPACEAE	1	4	38
ERYTHROXYLACEAE	1	1	1
EUPHORBIACEAE	8	9	126



FABACEAE	24	43	285
HERNANDIACEAE	1	1	1
HUMIRIACEAE	1	1	1
ICACINACEAE	1	1	1
LACISTEMATACEAE	1	1	3
LAURACEAE	9	27	104
LECYTHIDACEAE	5	7	89
LINACEAE	1	1	3
MALVACEAE	10	14	148
MELASTOMATACEAE	2	4	12
MELIACEAE	3	7	45
MORACEAE	11	28	373
MYRISTICACEAE	2	8	135
MYRSINACEAE	1	1	1
MYRTACEAE	2	7	36
NYCTAGINACEAE	1	2	31
OCHNACEAE	2	3	23
OLACACEAE	2	4	52
OPILIACEAE	1	1	3
PHYLANTHACEAE	1	1	2
PHYTOLACACEAE	1	1	1
PICRAMNIACEAE	1	1	2
POLYGONACEAE	2	2	2
PROTEACEAE	1	1	6
PUTRANJIVACEAE	1	1	12
ROSACEAE	1	1	2
RUBIACEAE	8	8	47
RUTACEAE	2	2	27
SABIACEAE	1	1	5
SALICACEAE	2	3	9
SAPINDACEAE	2	3	15
SAPOTACEAE	9	18	161
SIMAROUBACEAE	1	1	1
SIPARUNACEAE	1	3	49
STAPHYLEACEAE	1	1	4
URTICACEAE	3	9	167
VERBENACEAE	1	1	1
VIOLACEAE	3	4	76
VOCHYSIACEAE	1	1	4
TOTAL	180	312	2804

Fuente: Elaboración propia (2012).

Cuadro 19. Riqueza de especies en las familias del componente de árboles grandes (con base a 20 especies botánicas, con DAP \geq 10 cm), del bosque con paca de terrazas altas.

FAMILIA	ESPECIES	PORCENTAJE (%)
FABACEAE	43	13.78
MORACEAE	28	8.97
LAURACEAE	27	8.65
ANNONACEAE	19	6.09
SAPOTACEAE	18	5.77
MALVACEAE	14	4.49
CHRYSOBALANACEAE	10	3.21

EUPHORBIACEAE	9	2.88
URTICACEAE	9	2.88
MYRISTICACEAE	8	2.56
RUBIACEAE	8	2.56
ARECACEAE	7	2.24
BURSERACEAE	7	2.24
LECYTHIDACEAE	7	2.24
MELIACEAE	7	2.24
MYRTACEAE	7	2.24
APOCYNACEAE	6	1.92
BORAGINACEAE	5	1.60
ANACARDIACEAE	4	1.28
ELAEOCARPACEAE	4	1.28
OTROS (40)	65	20.83
TOTAL	312	100

Fuente: Elaboración propia (2012).

Cuadro 20. Composición florística del componente de árboles grandes (con DAP \geq 10 cm), del bosque con paca de terrazas altas.

FAMILIA/ ESPECIE	NOMBRE COMUN	ABUNDANCIA
ACHARIACEAE		34
<i>Lindackeria paludosa</i> (Benth.) Gilg	Huacapusillo	34
ANACARDIACEAE		19
<i>Astronium graveolens</i> Jacq.	Palo baston	9
<i>Spondias mombin</i> L.	Ubos	3
<i>Tapirira guianensis</i> Aubl.	Aceitillo	5
<i>Thyrsodium</i> sp.	Breu	2
ANNONACEAE		57
<i>Anaxagorea crassipetala</i> Hemsl.	Piraquina	14
<i>Annona ambotay</i> Aubl.	Anonilla	1
<i>Duguetia riparia</i> Huber	Tortuga caspi	1
<i>Duguetia spixiana</i> Mart.	Tortuga caspi	2
<i>Fusaea longifolia</i> (Aubl.) Saff.	Sacha guanabana	2
<i>Guatteria acutissima</i> R.E. Fr.	Carahuasca	1
<i>Guatteria guentheri</i> Diels	Carahuasca	1
<i>Guatteria multivenia</i> Diels	Carahuasca	1
<i>Guatteria olivacea</i> R.E. Fr.	Carahuasca	1
<i>Guatteria</i> sp.	Carahuasca	1
<i>Onychopetalum periquino</i> (Rusby) D.M. Johnson & N.A. Murray	Envira caju	4
<i>Oxandra acuminata</i> Diels	Espintana cinta	3
<i>Oxandra major</i> R.E. Fries	Espintana cinta	7
<i>Oxandra riedeliana</i> R.E. Fr.	Espintana cinta	6
<i>Rollinia pittieri</i> Saff.	Anonilla	3
<i>Trigynaea duckei</i> (R. E. Fr.) R.E. Fr.	Espintana negra	1
<i>Unonopsis</i> sp.	Icoja	2
<i>Xylopia parviflora</i> Spruce	Espintana negra	3
<i>Xylopia</i> sp.	Espintana negra	3
APOCYNACEAE		39
<i>Aspidosperma macrocarpon</i> Mart.	Pumaquiro	2
<i>Aspidosperma parvifolium</i> A. DC.	Quillabordon	20

<i>Aspidosperma rigidum</i> Rusby	Remo caspi	1
<i>Geissospermum reticulatum</i> A.H. Gentry	Quina quina	8
<i>Himatanthus sukuuba</i> (Spruce ex Muell. Arg.) Woodson	Bellaco caspi	3
<i>Tabernaemontana cymosa</i> Jacq.	Huevo chancho	5
ARECACEAE		338
<i>Astrocaryum murumuru</i> Mart.	Huicungo	8
<i>Attalea maripa</i> (Aubl.) Mart.	Inaguya	2
<i>Bactris gasipaes</i> Kunth	Pijuayo	2
<i>Euterpe precatoria</i> Mart.	Huasai	195
<i>Iriartea deltoidea</i> Ruiz & Pav.	Pona	75
<i>Oenocarpus mapora</i> H. Karst.	Sinami	19
<i>Socratea exorrhiza</i> (Mart.) H. Wendl.	Cashapona	37
BIGNONIACEAE		16
<i>Jacaranda copaia</i> (Aubl.) D. Don	Achihua	13
<i>Tabebuia chrysantha</i> (Jacq.) Nicholson	Tahuari	1
<i>Tabebuia</i> sp.	Tahuari	2
BIXACEAE		5
<i>Bixa excelsa</i> Gleason & Krukoff	Achiotillo	5
BORAGINACEAE		14
<i>Cordia bicolor</i> A. DC.	Macambillo	1
<i>Cordia</i> sp1.	Macambillo	1
<i>Cordia</i> sp2.	Macambillo	1
<i>Cordia toqueve</i> Aubl.	Macambillo	5
<i>Cordia ucayaliensis</i> (I.M. Johnst.) I.M. Johnst.	Añayo caspi	6
BURSERACEAE		65
<i>Protium amazonicum</i> (Cuatrec.) Daly	Copal	5
<i>Protium opacum</i> Swart	Copal	5
<i>Protium puncticulatum</i> J.F. Macbr.	Copal	3
<i>Protium</i> sp.	Copal	2
<i>Protium tenuifolium</i> (Engl.) Engl.	Copal	1
<i>Tetragastris altissima</i> (Aubl.) Swart	Isigo	41
<i>Tetragastris panamensis</i> (Engl.) Kuntze	Almesca	8
CANNABACEAE		7
<i>Celtis schippii</i> Standl.	Fariña caspi	7
CARICACEAE		3
<i>Jacaratia digitata</i> (Poepp. & Endl.) Solms	Papailla	3
CARYOCARACEAE		1
<i>Caryocar amygdaliforme</i> Ruiz & Pav. ex G. Don	Cerebro de mono	1
CELASTRACEAE		4
<i>Cheiloclinium cognatum</i> (Miers) A.C. Sm.	Chuchuhuasi	4
CHRYSOBALANACEAE		46
<i>Caraipa</i> sp.	Caraipa	3
<i>Hirtella excelsa</i> Standl. ex Prance	Coloradillo	19
<i>Hirtella pilosissima</i> C. Mart. & Zucc.	Coloradillo	1
<i>Hirtella triandra</i> Sw.	Coloradillo	1
<i>Licania canescens</i> Benoist	Apacharama	8
<i>Licania egeri</i> Prance	Apacharama	1
<i>Licania heteromorpha</i> Benth.	Apacharama	2
<i>Licania octandra</i> (Hoffmanssegg ex Roemer & Schultes) Kuntze	Apacharama	4



<i>Licania sp.</i>	Apacharama	6
<i>Parinari sp.</i>	Parinari	1
CLUSIACEAE		39
<i>Garcinia brasiliensis</i> Mart.	Charichuelo	5
<i>Symphonia globulifera</i> L. f.	Azufre caspi	34
COMBRETACEAE		6
<i>Buchenavia grandis</i> Ducke	Yacushapana negra	2
<i>Terminalia amazonia</i> (J.F. Gmel.) Exell	Yacushapana rosada	2
<i>Terminalia oblonga</i> (Ruiz & Pav.) Steud.	Yacushapana amarilla	2
DICHAPETALACEAE		2
<i>Tapura juruana</i> (Ule) Rizzini	Tapuron	2
EBENACEAE		5
<i>Diospyros capreaefolia</i> Mart. ex Hiern	Nogalillo	5
ELAEOCARPACEAE		38
<i>Sloanea guianensis</i> (Aubl.) Benth.	Cepanchina	23
<i>Sloanea sinemariensis</i> Aubl.	Cepanchina	2
<i>Sloanea sp1.</i>	Cepanchina	5
<i>Sloanea sp2.</i>	Cepanchina	8
ERYTHROXYLACEAE		1
<i>Erythroxylum sp.</i>	Sacha coca	1
EUPHORBIACEAE		126
<i>Alchornea glandulosa</i> Poepp. & Endl.	Zacudo caspi	3
<i>Alchornea sp.</i>	Zacudo caspi	1
<i>Conceveiba guianensis</i> Aubl.	Conceveiba	27
<i>Glycydendron amazonicum</i> Ducke	Arenoso	5
<i>Hevea guianensis</i> Aubl.	Shiringa	5
<i>Mabea nitida</i> Spruce ex Benth.	Shiringuilla	23
<i>Pausandra trianae</i> (Müll. Arg.) Baill.	Oreja de burro	14
<i>Sapium marmieri</i> Huber	Chicle huayo	3
<i>Senefeldera inclinata</i> Müell. Arg.	Palo oficial	45
FABACEAE		285
<i>Abarema jupunba</i> (Willd.) Britton & Killip	Jupunba	5
<i>Acacia loretensis</i> J.F. Macbr.	Pashaquillo	3
<i>Andira inermis</i> (W. Wright) Kunth ex DC.	Almendrilo	2
<i>Apuleia leiocarpa</i> (Vogel) J.F. Macbr.	Ana caspi	7
<i>Bauhinia tarapotensis</i> Benth.	Pata de vaca	3
<i>Cedrelinga cateniformis</i> (Ducke) Ducke	Tornillo	6
<i>Copaifera paupera</i> (Herzog) Dwyer	Copaiba	3
<i>Dialium guianense</i> (Aubl.) Sandwith	Charapilla	4
<i>Diploptropis purpurea</i> (Rich.) Amshoff	Chontaquiro	3
<i>Dipteryx micrantha</i> Harms	Shihuahuaco amarillo	1
<i>Dipteryx odorata</i> (Aubl.) Willd.	Shihuahuaco rojo	1
<i>Dussia tessmannii</i> Harms	Frejolon	6
<i>Enterolobium schomburgkii</i> (Benth.) Benth.	Oreja de negro	1
<i>Hymenaea oblongifolia</i> Huber var. <i>oblongifolia</i>	Azucar huayo	7
<i>Hymenaea oblongifolia</i> var. <i>palustris</i> (Ducke) A.T. Lee & Langenh.	Azucar huayo	1
<i>Inga acreana</i> Harms	Shimbillo 1	2
<i>Inga acrocephala</i> Steud.	Shimbillo paihuaro	29
<i>Inga alba</i> (Sw.) Willd.	Shimbillo colorado	24
<i>Inga altissima</i> Ducke	Shimbillo 2	1

<i>Inga auristellae</i> Harms	Shimbillo sapo	9
<i>Inga capitata</i> Desv.	Shimbillo vaca	16
<i>Inga chartacea</i> Poepp.	Pacaecillo	10
<i>Inga coruscans</i> Humb. & Bonpl. ex Willd.	Pacay	6
<i>Inga heterophylla</i> Willd.	Shimbillo 3	3
<i>Inga ruiziana</i> G. Don	Shimbillo paraifo	1
<i>Inga sp.</i>	Shimbillo 4	1
<i>Inga spectabilis</i> (M. Vahl) Willd.	Pacaecillo	1
<i>Inga thibaudiana</i> DC.	Shimbillo rufinde	16
<i>Inga umbratica</i> Poepp.	Guabilla	2
<i>Lecointea peruviana</i> Standl. ex J.F. Macbr.	Huayo blanco	1
<i>Lonchocarpus spiciflorus</i> C. Martius ex Benth.	Marihuena	5
<i>Ormosia sp.</i>	Huayruro	1
<i>Parkia igneiflora</i> Ducke	Pashaco gomosa	1
<i>Parkia pendula</i> (Willd.) Benth. ex Walp.	Pashaco colorado	1
<i>Parkia sp.</i>	Pashaco	1
<i>Platymiscium sp.</i>	Cumaceba	1
<i>Pseudopiptadenia suaveolens</i>	Yermon prueba	7
<i>Pterocarpus amazonum</i> (C. Martius ex Benth.) Amshoff	Palisangre	9
<i>Tachigali guianensis</i> (Benth.) Zarucchi & Herend.	Palo santo 1	1
<i>Tachigali poeppigiana</i> Tul.	Palo santo	34
<i>Tachigali setifera</i> (Ducke) Zarucchi & Herend.	Inca pacaе	16
<i>Tachigali vasquezii</i>	Inca pacaе 1	10
<i>Vatariopsis sp.</i>	Amarillon	18
<i>Zygia sp.</i>	Shimbillo fierro	5
HERNANDIACEAE		1
<i>Sparattanthelium sp.</i>	Pitichoco	1
HUMIRIACEAE		1
<i>Sacoglottis mattogrossensis</i> Malme	Uxi	1
ICACINACEAE		1
<i>Calatola columbiana</i> Sleumer	Orosul	1
LACISTEMATACEAE		3
<i>Lacistema sp.</i>	Almendrio	3
LAURACEAE		104
<i>Aiouea grandifolia</i> van der Werff	Moena rosa	2
<i>Aniba guianensis</i> Aubl.	Moena amarilla 1	6
<i>Aniba hostmanniana</i> (Nees) Mez	Moena amarilla 2	2
<i>Aniba perutilis</i> Hemsl.	Moena amarilla 2	1
<i>Aniba taubertiana</i> Mez	Canelon	7
<i>Beilschmiedia tovarensis</i>	Palta moena	11
<i>Endlicheria formosa</i> A.C. Sm.	Moena	1
<i>Endlicheria williamsii</i> O. Schmidt	Moena	1
<i>Licaria aurea</i> (Huber) Kosterm.	Moena plateada	2
<i>Licaria sp.</i>	Alcanfor	1
<i>Nectandra cessiliflora</i>	Laurel	1
<i>Nectandra cuneatocordata</i> Mez	Laurel	4
<i>Nectandra membranacea</i> (Sw.) Griseb.	Laurel	1
<i>Nectandra pulverulenta</i> Nees	Laurel	9
<i>Nectandra sp.</i>	Laurel	1
<i>Nectandra turbacensis</i> (Kunth) Nees	Laurel	1
<i>Ocotea amazonica</i> (Meisn.) Mez	Moena negra	2



<i>Ocotea bofo</i> Kunth	Moena negra	12
<i>Ocotea longifolia</i> Kunth	Moena negra	1
<i>Ocotea oblonga</i> (Meisn.) Mez	Moena negra	12
<i>Ocotea poeppigiana</i> (Nees) J.F. Macbr.	Moena chica	1
<i>Ocotea puberula</i> (Richard) Nees	Moena chica	11
<i>Ocotea sp1.</i>	Moena 1	1
<i>Ocotea sp2.</i>	Moena 2	1
<i>Ocotea sp3.</i>	Moena 3	4
<i>Pleurothyrium cuneifolium</i> Nees	Moena blanca	7
<i>Rhodostemonodaphne kunthiana</i> (Nees) Rohwer	Moena 4	1
LECYTHIDACEAE		89
<i>Bertholletia excelsa</i> Humb. & Bonpl.	Castaña	3
<i>Cariniana decandra</i> Ducke	Cachimbo	15
<i>Couratari guianensis</i> Aubl.	Misa	3
<i>Couratari macrosperma</i> A.C. Sm.	Misa colorada	2
<i>Eschweilera coriacea</i> (DC.) Mori	Misa blanca	54
<i>Eschweilera tessmannii</i> Knuth	Misa roja	9
<i>Gustavia augusta</i> L.	Chope	3
LINACEAE		3
<i>Roucheria punctata</i> (Ducke) Ducke	Muesca huayo	3
MALVACEAE		148
<i>Apeiba membranacea</i> Spruce ex Bentham	Peine de mono	52
<i>Byttneria schunkei</i> C. L. Cristobal	Apacharama	32
<i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertn.	Lupuna	1
<i>Eriotheca globosa</i> (Aubl.) A. Robyns	Punga de altura	13
<i>Herrania sp.</i>	Cacao lagarto	1
<i>Huberodendron swietenoides</i> (Gleason) Ducke	Sacha caoba	7
<i>Luehea grandiflora</i> Mart.	Pancho	2
<i>Matisia malacocalyx</i> (Robyns & Nilsson) Alverson	Machin zapotillo	7
<i>Matisia ochrocalyx</i> Schum.	Zapotillo	15
<i>Sterculia apetala</i> (Jacq.) H. Karst.	Huira huira	5
<i>Sterculia colombiana</i> Sprague	Sapote	3
<i>Sterculia tessmannii</i> Mildbr.	Sapote	2
<i>Theobroma cacao</i> L.	Cacao	4
<i>Theobroma speciosum</i> Willd. ex Spreng.	Cacahuillo	4
MELASTOMATACEAE		12
<i>Bellucia pentamera</i> Naudin	Nispero	2
<i>Miconia affinis</i> DC.	Rifari	1
<i>Miconia sp.</i>	Rifari	3
<i>Miconia triplinervis</i> (Blake) Ruiz & Pav.	Rifari amarillo	6
MELIACEAE		45
<i>Cedrela odorata</i> L.	Cedro	4
<i>Guarea gomma</i> Pulle	Requia trompillo	7
<i>Guarea guidonia</i> (L.) Sleumer	Requia de bajo	1
<i>Guarea kunthiana</i> A. Juss.	Requia de altura	7
<i>Guarea macrophylla</i> Vahl	Requia de hoja grande	12
<i>Guarea pubescens</i> (Rich.) A. Juss. subsp. pubescens	Requia con pelo	1
<i>Trichilia maynasiana</i> C. DC.	Uchumullaca	13
MORACEAE		373
<i>Batocarpus amazonicus</i> (Ducke) Fosberg	Morure	2
<i>Brosimum lactescens</i> (S. Moore) C.C. Berg	Tamamuri	52
<i>Brosimum rubescens</i> Taub.	Palo peruano	8

<i>Brosimum utile</i> (Kunth) Pittier	Palo panguana	3
<i>Castilla ulei</i> Warb.	Caucho	13
<i>Clarisia biflora</i> Ruiz & Pav.	Mashonaste blanco	3
<i>Clarisia racemosa</i> Ruiz & Pav.	Mashonaste rojo	9
<i>Ficus gomelleira</i> Kunth & Bouché	Renaquillo	1
<i>Ficus sp.</i>	Renaquillo	2
<i>Ficus ypsilophlebia</i> Dugand	Renaco	3
<i>Helicostylis tomentosa</i> (Poepp. & Endl.) J.F. Macbr.	Motelo chaqui	31
<i>Maquira calophylla</i> (Poepp. & Endl.) C.C. Berg	Capinuri	7
<i>Maquira guianensis</i> Aubl.	Loro micuna	12
<i>Naucleopsis glabra</i> Spruce ex Baill.	Puma chaqui	1
<i>Naucleopsis krukovii</i> (Standl.) C.C. Berg	Puma chaqui	15
<i>Naucleopsis naga</i> Pittier	Pandishillo	64
<i>Naucleopsis pseudonaga</i> (Mildbr.) C.C. Berg	Puma chaqui	1
<i>Naucleopsis ternstroemiiflora</i> (Mildbr.) C.C. Berg	Puma chaqui	1
<i>Perebea angustifolia</i> (Poepp. & Endl.) C.C. Berg	Chimigua	8
<i>Perebea guianensis</i> Aubl.	Moquete de tigre	10
<i>Perebea mollis</i> (Poepp. & Endl.) Huber	Misho chaqui	9
<i>Perebea tessmannii</i> Mildbr.	Chimicuta	2
<i>Perebea xanthochyma</i> H. Karst.	Chimicuta	10
<i>Pseudolmedia laevigata</i> Trécul	Yambito	36
<i>Pseudolmedia laevis</i> (Ruiz & Pav.) J.F. Macbr.	Chimicua	37
<i>Pseudolmedia macrophylla</i> Trécul	Pama	30
<i>Sorocea sp.</i>	Aceitunilla	1
<i>Sorocea steinbachii</i> C.C. Berg	Aceitunilla	2
MYRISTICACEAE		135
<i>Iryanthera juruensis</i> Warb.	Cumala bola	54
<i>Iryanthera laevis</i> Markgr.	Cumala colorado	17
<i>Virola calophylla</i> Warb.	Cumala blanca de hoja parda	13
<i>Virola elongata</i> (Benth.) Warb.	Cumala blanca	10
<i>Virola mollissima</i> (A.DC.) Warb.	Cumala peluda	1
<i>Virola multinervia</i> Ducke	Cumala blanca	3
<i>Virola pavonis</i> (A. DC.) A.C. Sm.	Cumala blanca	1
<i>Virola sebifera</i> Aubl.	Cumala blanca de hoja marron	36
MYRSINACEAE		1
<i>Myrsine sp.</i>	Rupina	1
MYRTACEAE		36
<i>Calyptranthes densiflora</i> Poepp. ex O. Berg	Yayo	1
<i>Calyptranthes sp.</i>	Rupifia	4
<i>Eugenia biflora</i> (L.) DC.	Guayabilla	2
<i>Eugenia coriacea</i>	Guayabilla	2
<i>Eugenia cupulata</i> Amshoff	Guayabilla	1
<i>Eugenia feijoi</i> O. Berg	Guayabilla	8
<i>Eugenia sp.</i>	Guayabilla	18
NYCTAGINACEAE		31
<i>Neea parviflora</i> Poepp. & Endl.	Palometa huayo	2
<i>Neea spruceana</i> Heimerl	Palometa huayo	29
OCHNACEAE		23
<i>Ouratea iquitosensis</i> J.F. Macbr.	Yacu moena	16
<i>Quiina amazonica</i> A.C. Sm.	Coloradiillo	6

<i>Quina florida</i> Tul.	Coloradillo	1
OLACACEAE		52
<i>Heisteria acuminata</i> (Humb. & Bonpl.) Engl.	Cotoma colorada	3
<i>Heisteria nitida</i> Spruce ex Engl.	Cotoma colorada	34
<i>Heisteria ovata</i> Benth.	Cotoma colorada	5
<i>Minuartia guianensis</i> Aubl.	Huacapu	10
OPILIACEAE		3
<i>Agonandra silvatica</i> Ducke	Palo marfil	3
PHYLANTHACEAE		2
<i>Hyeronima alchorneoides</i> Allemão	Huacaycha	2
PHYTOLACACEAE		1
<i>Gallesia integrifolia</i> (Sprengel) Harms	Ajos quiro	1
PICRAMNACEAE		2
<i>Picramnia</i> sp.	Sanipanga	2
POLYGONACEAE		2
<i>Coccoloba mollis</i> Casar.	Tangarilla	1
<i>Triplaris americana</i> L.	Tangarana	1
PROTEACEAE		6
<i>Roupala montana</i> Aubl.	Atun caspi	6
PUTRANJIVACEAE		12
<i>Drypetes gentryi</i> Grandez & Vásquez	Yutubanco	12
ROSACEAE		2
<i>Prunus</i> sp.	Cerezo	2
RUBIACEAE		47
<i>Alibertia</i> sp.	Conservillo	1
<i>Amaioua guianensis</i> Aubl.	Canilla de vieja	19
<i>Bathysa obovata</i> (Ruiz) Schumann ex Standley	Silata	7
<i>Capirona decorticans</i> Spruce	Capirona	2
<i>Faramea</i> sp.	Chaleta	1
<i>Psychotria</i> sp.	Shuturi	2
<i>Semaphyllanthus megistocaula</i> (K. Krause) L. Andersson	Capirona de altura	14
<i>Warszewiczia</i> sp.	Banderilla	1
RUTACEAE		27
<i>Galipea trifoliata</i> Aubl.	Blanquillo	7
<i>Metrodorea flavida</i> K. Krause	Pirara	20
SABIACEAE		5
<i>Meliosma herbertii</i> Rolfe	Meliosma	5
SALICACEAE		9
<i>Casearia arborea</i> (Rich.) Urb.	Blanquillo	1
<i>Casearia pitumba</i> Sleumer	Blanquillo	5
<i>Laetia procera</i> (Poepp.) Eichler	Purma caspi	3
SAPINDACEAE		15
<i>Allophylus</i> sp.	Shitari caspi	1
<i>Talisia</i> sp1.	Pitumba	1
<i>Talisia</i> sp.	Pitumba	13
SAPOTACEAE		161
<i>Chromolocuma</i> sp.	Caimitillo	1
<i>Chrysophyllum lucentifolium</i> subsp. pachycarpum Pires & T.D. Penn.	Caimito comun	11



<i>Diploon cuspidatum</i> (Hoehne) Cronquist	Coquino	6
<i>Ecclinusa guianensis</i> Eyma	Abiurana	24
<i>Elaeoluma</i> sp.	Caimitillo	1
<i>Manilkara bidentata</i> (A. DC.) A. Chev. subsp. <i>bidentata</i>	Quinilla colorada	8
<i>Micropholis egensis</i> (A. DC.) Pierre	Quinilla blanca	10
<i>Micropholis guyanensis</i> (A. DC.) Pierre	Tushmo	24
<i>Micropholis venulosa</i> (C. Martius & Eichler) Pierre	Quinilla	4
<i>Pouteria filipes</i> Eyma	Caimito	7
<i>Pouteria guianensis</i> Aubl.	Caimito	12
<i>Pouteria krakovii</i> (A.C. Sm.) Baehni	Caimito	6
<i>Pouteria macrophylla</i> (Lam.) Eyma	Lucma	11
<i>Pouteria reticulata</i> (Engl.) Eyma subsp. <i>reticulata</i>	Pucuna	3
<i>Pouteria</i> sp.	Caimitillo	3
<i>Pouteria torta</i> (Mart.) Radlk.	Quinilla negra	27
<i>Pouteria trilocularis</i> Cronquist	Maparajuba	2
<i>Sarcaulus brasiliensis</i> (A. DC.) Eyma	Cachari	1
SIMAROUBACEAE		1
<i>Simarouba amara</i> Aubl.	Marupa	1
SIPARUNACEAE		49
<i>Siparuna cuspidata</i> (Tul.) A. DC.	Isula caspi	9
<i>Siparuna decipiens</i> (Tul.) A. DC.	Palo agua	33
<i>Siparuna</i> sp.	Piho cayo	7
STAPHYLEACEAE		4
<i>Turpinia occidentalis</i> (Sw.) G. Don	Yana mullaca	4
URTICACEAE		167
<i>Cecropia membranacea</i> Trécul	Cetico	6
<i>Cecropia sciadophylla</i> Mart.	Cetico de altura	52
<i>Pourouma bicolor</i> Mart.	Palo lija	12
<i>Pourouma cecropiifolia</i> Mart.	Uvilla	4
<i>Pourouma cucura</i> Standl. & Cuatrec.	Uvilla 1	1
<i>Pourouma guianensis</i> Aubl.	Sacha alcanfor	33
<i>Pourouma minor</i> Benoist	Sacha uvilla	57
<i>Pourouma tomentosa</i> Miq.	Uvilla peluda	1
<i>Urera baccifera</i> L.	Ortiga	1
VERBENACEAE		1
<i>Vitex excelsa</i> var. <i>petiolata</i> Moldenke	Taruma	1
VIOLACEAE		76
<i>Leonia glycyarpa</i> Ruiz & Pav.	Tamara	69
<i>Leonia</i> sp.	Tamara 1	1
<i>Rinorea pubiflora</i> (Benth.) Sprague & Sandwith	Virote	2
<i>Rinoreocarpus ulei</i> (Melch.) Ducke	Mojarra caspi	4
VOCHYSIACEAE		4
<i>Qualea grandiflora</i> Mart.	Itauba negra	4

Fuente: Elaboración propia (2012).

Cuadro 21. Resumen de la abundancia de individuos en el componente de árboles pequeños (con base a 20 especies botánicas, con $2.5 \leq \text{DAP} < 10$ cm), del bosque con paca de terrazas altas.

FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMUN	ABUNDANCIA
ACHARIACEAE	<i>Carpotroche longifolia</i>	Champa huayo	28
ANNONACEAE	<i>Anaxagorea crassipetala</i>	Piraquina	10
ANNONACEAE	<i>Duguetia flagellaris</i>	Tortuga caspi	27
ARECACEAE	<i>Euterpe precatoria</i>	Huasai	10
ARECACEAE	<i>Oenocarpus mapora</i>	Sinami	18
BIGNONIACEAE	<i>Arrabidaea sp.</i>	Cipo cruz	41
BRASSICACEAE	<i>Capparis sola</i>	Nina caspi	18
BURSERACEAE	<i>Tetragastris altissima</i>	Isigo	15
CHRYSOBALANACEAE	<i>Hirtella racemosa</i>	Coloradillo	21
CLUSIACEAE	<i>Symphonia globulifera</i>	Azufre caspi	17
DILLENACEAE	<i>Doliocarpus dentatus</i>	Paujil singa	17
EUPHORBIACEAE	<i>Senefeldera inclinata</i>	Palo oficial	14
MALVACEAE	<i>Byttneria schunkei</i>	Apacharama	13
MYRTACEAE	<i>Eugenia sp.</i>	Guayabilla	14
NYCTAGINACEAE	<i>Neea macrophylla</i>	Palometa huayo	10
NYCTAGINACEAE	<i>Neea spruceana</i>	Palometa huayo	11
POACEAE	<i>Guadua weberbaueri</i>	Paca	134
PUTRANJIVACEAE	<i>Drypetes gentryi</i>	Yutubanco	9
SIPARUNACEAE	<i>Siparuna decipiens</i>	Palo agua	14
VIOLACEAE	<i>Leonia glycyarpa</i>	Tamara	9
SUBTOTAL (203)			481
TOTAL			931

Fuente: Elaboración propia (2012).

Cuadro 22. Riqueza del componente de árboles pequeños por géneros, especies e individuos (con $2.5 \leq \text{DAP} < 10$ cm), del bosque con paca de terrazas altas.

FAMILIA	GENEROS	ESPECIES	ABUNDANCIA
ACHARIACEAE	2	2	33
ANACARDIACEAE	2	2	2
ANNONACEAE	10	14	54
APOCYNACEAE	4	5	14
ARECACEAE	7	7	38
BIGNONIACEAE	4	4	45
BORAGINACEAE	1	2	6
BRASSICACEAE	1	1	18
BURSERACEAE	2	6	24
CANNABACEAE	1	1	2
CARICACEAE	1	1	1
CELASTRACEAE	1	2	8
CHRYSOBALANACEAE	3	7	33
CLUSIACEAE	2	2	19
COMBRETACEAE	1	1	3
CUCURBITACEAE	1	1	6
DILLENACEAE	2	2	19
EBENACEAE	1	1	1
ELAEOCARPACEAE	1	4	11
EUPHORBIACEAE	5	5	27
FABACEAE	9	19	40

ICACINACEAE	1	1	1
LACISTEMATACEAE	1	1	1
LAURACEAE	7	18	39
LECYTHIDACEAE	3	3	7
LOGANIACEAE	1	1	1
MALVACEAE	6	7	32
MELASTOMATACEAE	1	1	1
MELIACEAE	2	5	15
MENISPERMACEAE	1	1	1
MONIMIACEAE	1	1	1
MORACEAE	10	20	57
MYRISTICACEAE	2	9	23
MYRSINACEAE	1	1	1
MYRTACEAE	2	9	37
NYCTAGINACEAE	1	4	25
OCHNACEAE	2	2	9
OLACACEAE	1	2	5
PIPERACEAE	1	1	2
POACEAE	1	1	134
POLYGONACEAE	1	1	1
PROTEACEAE	1	1	1
PUTRANJIVACEAE	1	1	9
RUBIACEAE	9	9	14
RUTACEAE	3	3	10
SABIACEAE	1	1	2
SALICACEAE	1	1	1
SAPINDACEAE	3	3	8
SAPOTACEAE	6	9	13
SIMAROUBACEAE	1	1	1
SIPARUNACEAE	1	3	17
SOLANACEAE	1	1	1
URTICACEAE	3	5	24
VIOLACEAE	5	6	27
VITACEAE	1	1	6
TOTAL	144	223	931

Fuente: Elaboración propia (2012).

Cuadro 23. Riqueza de especies en las familias del componente de árboles pequeños (con base a 20 especies botánicas, con $2.5 \leq \text{DAP} < 10$ cm), del bosque con paca de terrazas altas.

FAMILIA	ESPECIES	PORCENTAJE (%)
MORACEAE	20	8.97
FABACEAE	19	8.52
LAURACEAE	18	8.07
ANNONACEAE	14	6.28
MYRISTICACEAE	9	4.04
MYRTACEAE	9	4.04
RUBIACEAE	9	4.04
SAPOTACEAE	9	4.04
ARECACEAE	7	3.14
CHRYSOBALANACEAE	7	3.14
MALVACEAE	7	3.14

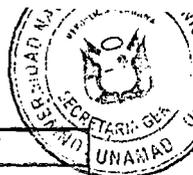
BURSERACEAE	6	2.69
VIOLACEAE	6	2.69
APOCYNACEAE	5	2.24
EUPHORBIACEAE	5	2.24
MELIACEAE	5	2.24
URTICACEAE	5	2.24
BIGNONIACEAE	4	1.79
ELAEocarpaceae	4	1.79
NYCTAGINACEAE	4	1.79
OTROS (35)	51	22.87
TOTAL	223	100

Fuente: Elaboración propia (2012).

Cuadro 24. Composición florística del componente de árboles pequeños (con $2.5 \leq \text{DAP} > 10$ cm), del bosque con paca de terrazas altas.

FAMILIA/ ESPECIE	NOMBRE COMUN	ABUNDANCIA
ACHARIACEAE		33
<i>Carpotroche longifolia</i> (Poepp.) Benth.	Champa huayo	28
<i>Lindackeria paludosa</i> (Benth.) Gilg	Huacapusillo	5
ANACARDIACEAE		2
<i>Astronium graveolens</i> Jacq.	Palo baston	1
<i>Tapirira guianensis</i> Aubl.	Aceitillo	1
ANNONACEAE		54
<i>Anaxagorea crassipetala</i> Hemsl.	Piraquina	10
<i>Annona</i> sp.	Anonilla	1
<i>Duguetia flagellaris</i> Huber	Tortuga caspi	27
<i>Duguetia riparia</i> Huber	Tortuga caspi	2
<i>Duguetia spixiana</i> Mart.	Tortuga caspi	1
<i>Fusaea longifolia</i> (Aubl.) Saff.	Sacha guanabana	1
<i>Guatteria multivenia</i> Diels	Carahuasca	1
<i>Onychopetalum periquino</i> (Rusby) D.M.Johnson & N.A. Murray	Envira caju	1
<i>Onychopetalum</i> sp.	Envira caju	1
<i>Oxandra euneura</i> Diels	Espintana cinta	3
<i>Oxandra major</i> R.E.Fries	Espintana cinta	3
<i>Trigynaena duckei</i> (R. E. Fr.) R.E. Fr.	Espintana negra	1
<i>Unonopsis</i> sp.	Icoja	1
<i>Xylopia cuspidata</i> Diels	Espintana negra	1
APOCYNACEAE		14
<i>Aspidosperma parvifolium</i> A. DC.	Quillabordon	6
<i>Aspidosperma</i> sp.	Aspidosperma sp.	1
<i>Geissospermum reticulatum</i> A.H. Gentry	Quina quina	2
<i>Prestonia</i> sp.	Puca yacu	4
<i>Tabernaemontana cymosa</i> Jacq.	Huevo chancho	1
ARECACEAE		38
<i>Bactris maraja</i> Mart.	Nejilla	2
<i>Bactris</i> sp.	Ñeja	2
<i>Euterpe precatoria</i> Mart.	Huasai	10
<i>Geonoma brongniartii</i> Mart.	Palmiche	1
<i>Iriartea deltoidea</i> Ruiz & Pav.	Pona	2
<i>Oenocarpus mapora</i> H. Karst.	Sinami	18

<i>Socratea exorrhiza</i> (Mart.) H. Wendl.	Cashapona	3
BIGNONIACEAE		45
<i>Arrabidaea</i> sp.	Cipo cruz	41
<i>Sparattosperma leucanthum</i> (Vell.) Schumann	Palo arco blanco	2
<i>Stizophyllum riparium</i> (Kunth) Sandwith	Cipo	1
<i>Tabebuia</i> sp.	Tahuari	1
BORAGINACEAE		6
<i>Cordia nodosa</i> Lam.	Huevo de gato	2
<i>Cordia ucayaliensis</i> (I.M. Johnst.) I.M. Johnst.	Añayo caspi	4
BRASSICACEAE		18
<i>Capparis sola</i> J.F. Macbr.	Nina caspi	18
BURSERACEAE		24
<i>Protium amazonicum</i> (Cuatrec.) Daly	Copal	1
<i>Protium opacum</i> Swart	Copal	4
<i>Protium puncticulatum</i> J.F. Macbr.	Copal	2
<i>Protium sagotianum</i>	Copal	1
<i>Protium tenuifolium</i> (Engl.) Engl.	Copal	1
<i>Tetragastris altissima</i> (Aubl.) Swart	Isigo	15
CANNABACEAE		2
<i>Celtis schippii</i> Standl.	Farifa caspi	2
CARICACEAE		1
<i>Jacaratia digitata</i> (Poepp. & Endl.) Solms	Papailla	1
CELASTRACEAE		8
<i>Salacia grandiflora</i> (Bentham) Peyritsch	Chuchuasi trepador	7
<i>Salacia macrantha</i> A.C. Sm.	Chuchuasi trepador	1
CHRYSOBALANACEAE		33
<i>Couepia</i> sp.	Supay huayo	1
<i>Hirtella excelsa</i> Standl. ex Prance	Coloradillo peludo	5
<i>Hirtella racemosa</i> Lam.	Coloradillo	21
<i>Hirtella</i> sp.	Coloradillo	1
<i>Licania canescens</i> Benoist	Apacharama	2
<i>Licania heteromorpha</i> Benth.	Apacharama	2
<i>Licania</i> sp.	Apacharama	1
CLUSIACEAE		19
<i>Symphonia globulifera</i> L. f.	Azufre caspi	17
<i>Tovomita</i> sp.	Chullachaqui caspi	2
COMBRETACEAE		3
<i>Combretum</i> sp.	Amancona	3
CUCURBITACEAE		6
<i>Gurania acuminata</i> Cogn.	Pepino de loro	6
DILLENIACEAE		19
<i>Davilla kunthii</i> A. St.-Hil.	Quema soga	2
<i>Doliocarpus dentatus</i> (Aubl.) Standl.	Paujil singa	17
EBENACEAE		1
<i>Diospyros</i> sp.	Nogalillo	1
ELAEOCARPACEAE		11
<i>Sloanea guianensis</i> (Aubl.) Benth.	Piho cayo	4
<i>Sloanea meianthera</i> Donn. Sm.	Cepanchina	1
<i>Sloanea pubescens</i> (Poepp. & Endl.) Benth.	Cepanchina	1
<i>Sloanea sinemariensis</i> Aubl.	Cepanchina	5



EUPHORBIACEAE		27
<i>Conceveiba guianensis</i> Aubl.	Conceveiba	4
<i>Hevea guianensis</i> Aubl.	Shiringa	1
<i>Mabea nitida</i> Spruce ex Benth.	Shiringuilla	3
<i>Pausandra trianae</i> (Müell. Arg.) Baill.	Oreja de burro	5
<i>Senefeldera inclinata</i> Müell. Arg.	Palo oficial	14
FABACEAE		40
<i>Acacia</i> sp.	Pashaquilla	2
<i>Hymenaea oblongifolia</i> Huber	Azucar huayo	2
<i>Inga acrocephala</i> Steud.	Shimbillo paihuaro	3
<i>Inga auristellae</i> Harms	Shimbillo sapo	5
<i>Inga capitata</i> Desv.	Shimbillo vaca	4
<i>Inga chartacea</i> Poepp.	Pacaecillo	3
<i>Inga coruscans</i> Humb. & Bonpl. ex Willd.	Pacay	3
<i>Inga</i> sp.	Shimbillo	1
<i>Inga spectabilis</i> (M. Vahl) Willd.	Pacaecillo	1
<i>Inga thibaudiana</i> DC.	Shimbillo rufinde	1
<i>Inga umbratica</i> Poepp.	Guabilla	1
<i>Lonchocarpus hylobius</i> Harms	Marihuena	1
<i>Machaerium</i> sp.	Morado	1
<i>Piptadenia</i> sp.	Piptadenia sp.	2
<i>Senna</i> sp.	Ocuerrilla	1
<i>Tachigali poeppigiana</i> Tul.	Palo santo	3
<i>Tachigali setifera</i> (Ducke) Zarucchi & Herend.	Inca pacae	2
<i>Tachigali vasquezii</i> Pipoly	Inca pacae 1	3
<i>Vatariopsis</i> sp.	Amarillon	1
ICACINACEAE		1
<i>Calatola columbiana</i> Sleumer	Orosul	1
LACISTEMATAACEAE		1
<i>Lacistema</i> sp.	Almendrio	1
LAURACEAE		39
<i>Aniba guianensis</i> Aubl.	Moena amarilla 1	4
<i>Aniba hostmanniana</i> (Nees) Mez	Moena amarilla 2	1
<i>Aniba panurensis</i> (Meisn.) Mez	Moena	2
<i>Aniba taubertiana</i> Mez	Canelon	4
<i>Beilschmiedia tovarensis</i>	Palta moena	1
<i>Endlicheria formosa</i> A.C. Sm.	Moena	1
<i>Mezilaurus itauba</i> (Meisn.) Taub. ex Mez	Itauba	1
<i>Nectandra cuneatocordata</i> Mez	Laurel	1
<i>Nectandra pulverulenta</i> Nees	Laurel	5
<i>Ocotea amazonica</i> (Meisn.) Mez	Moena negra	1
<i>Ocotea bofo</i> Kunth	Moena negra	3
<i>Ocotea grandifolia</i> (Nees) Mez	Moena negra	1
<i>Ocotea longifolia</i> Kunth	Moena negra	1
<i>Ocotea oblonga</i> (Meisn.) Mez	Moena negra	1
<i>Ocotea obovata</i> (Ruiz & Pav.) Mez	Moena negra	1
<i>Ocotea puberula</i> (Richard) Nees	Moena chica	5
<i>Ocotea</i> sp.	Moena	3
<i>Pleurothyrium cuneifolium</i> Nees	Moena blanca	3
LECYTHIDACEAE		7
<i>Cariniana decandra</i> Ducke	Cachimbo	2

<i>Couratari macrosperma</i> A.C. Sm.	Misa colorada	1
<i>Eschweilera coriacea</i> (DC.) Mori	Misa blanca	4
LOGANIACEAE		1
<i>Strychnos tarapotensis</i> Sprague & Sandwith	Strychnos tarapotensis	1
MALVACEAE		32
<i>Byttneria schunkei</i> C. L. Cristobal	Apacharama	13
<i>Eriotheca globosa</i> (Aubl.) A. Robyns	Punga de altura	1
<i>Huberodendron swietenoides</i> (Gleason) Ducke	Sacha caoba	1
<i>Matisia malacocalyx</i> (Robyns & Nilsson) Alverson	Machin zapotillo	7
<i>Matisia ochrocalyx</i> Schum.	Zapotillo	5
<i>Sterculia apetala</i> (Jacq.) H. Karst.	Huira huira	4
<i>Theobroma speciosum</i> Willd. ex Spreng.	Cacahuillo	1
MELASTOMATACEAE		1
<i>Miconia triplinervis</i> (Blake) Ruiz & Pav.	Rifari amarillo	1
MELIACEAE		15
<i>Guarea gomma</i> Pulle	Requia trompillo	1
<i>Guarea grandifolia</i> DC.	Requia	1
<i>Guarea kunthiana</i> A. Juss.	Requia de altura	4
<i>Guarea macrophylla</i> Vahl	Requia de hoja grande	8
<i>Trichilia hirta</i> L.	Uchumullaca	1
MENISPERMACEAE		1
<i>Abuta grandifolia</i> (Mart.) Sandwith	Para para	1
MONIMIACEAE		1
<i>Mollinedia killipii</i> J.F. Macbr.	Amoqui	1
MORACEAE		57
<i>Batocarpus amazonicus</i> (Ducke) Fosberg	Morure	1
<i>Brosimum lactescens</i> (S. Moore) C.C. Berg	Tamamuri	6
<i>Brosimum rubescens</i> Taub.	Palo peruano	1
<i>Brosimum utile</i> (Kunth) Pittier	Palo panguana	1
<i>Castilla ulei</i> Warb.	Caucho	2
<i>Clarisia biflora</i> Ruiz & Pav.	Mashonaste blanco	1
<i>Clarisia racemosa</i> Ruiz & Pav.	Mashonaste rojo	1
<i>Helicostylis tomentosa</i> (Poepp. & Endl.) J.F. Macbr.	Motelo chaqui	7
<i>Maquira calophylla</i> (Poepp. & Endl.) C.C. Berg	Capinuri	1
<i>Maquira guianensis</i> Aubl	Loro micuna	2
<i>Naucleopsis krukovii</i> (Standl.) C.C. Berg	Puma chaqui	3
<i>Naucleopsis pseudonaga</i> (Mildbr.) C.C. Berg	Puma chaqui	1
<i>Perebea angustifolia</i> (Poepp. & Endl.) C.C. Berg	Chimigua	2
<i>Perebea guianensis</i> Aubl.	Moquete de tigre	4
<i>Perebea xanthochyma</i> H. Karst.	Chimicuta	1
<i>Pseudolmedia laevigata</i> Trécul	Yambito	2
<i>Pseudolmedia laevis</i> (Ruiz & Pav.) J.F. Macbr.	Chimicua	6
<i>Pseudolmedia macrophylla</i> Trécul	Pama	7
<i>Sorocea pileata</i> W.C. Burger	Aceitunilla	2
<i>Sorocea steinbachii</i> C.C. Berg	Aceitunilla	6
MYRISTICACEAE		23
<i>Iryanthera juruensis</i> Warb.	Cumala bola	7
<i>Iryanthera laevis</i> Markgr.	Cumala colorado	1
<i>Viola calophylla</i> Warb.	Cumala blanca de hoja parda	7
<i>Viola elongata</i> (Benth.) Warb.	Cumala blanca	2



<i>Viola multinervia</i> Ducke	Cumala blanca	1
<i>Viola obovata</i> Ducke	Cumala blanca	2
<i>Viola pavonis</i> (A. DC.) A.C. Sm.	Cumala blanca	1
<i>Viola sebifera</i> Aubl.	Cumala blanca de hoja marron	1
<i>Viola surinamensis</i> (Rol.) Warb.	Cumala blanca	1
MYRSINACEAE		1
<i>Stylogyne</i> sp.	Rupina	1
MYRTACEAE		37
<i>Calyptanthes densiflora</i> Poepp. ex O. Berg	Yayo	6
<i>Calyptanthes grandiflora</i>	Rupiña	1
<i>Calyptanthes longifolia</i> O. Berg	Rupiña	1
<i>Calyptanthes paniculata</i> Ruiz & Pav.	Rupiña	1
<i>Calyptanthes</i> sp.	Rupiña	3
<i>Eugenia biflora</i> (L.) DC.	Guayabilla	4
<i>Eugenia feijoi</i> O. Berg	Guayabilla	5
<i>Eugenia puniceifolia</i> (Kunth) DC.	Guayabilla	2
<i>Eugenia</i> sp.	Guayabilla	14
NYCTAGINACEAE		25
<i>Neea grandiflora</i>	Palometa huayo	2
<i>Neea macrophylla</i> Poepp. & Endl.	Palometa huayo	10
<i>Neea parviflora</i> Poepp. & Endl.	Palometa huayo	2
<i>Neea spruceana</i> Heimerl	Palometa huayo	11
OCHNACEAE		9
<i>Ouratea iquitosensis</i> J.F. Macbr.	Yacu moena	2
<i>Quiina amazonica</i> A.C. Sm.	Coloradillo	7
OLACACEAE		5
<i>Heisteria nitida</i> Spruce ex Engl.	Cotoma colorado	3
<i>Heisteria ovata</i> Benth.	Cotoma colorado	2
PIPERACEAE		2
<i>Piper arboreum</i> Aubl.	Cordonsillo	2
POACEAE		134
<i>Guadua weberbaueri</i> Pilg.	Paca	134
POLYGONACEAE		1
<i>Coccoloba</i> sp.	Tangarilla	1
PROTEACEAE		1
<i>Roupala montana</i> Aubl.	Atun caspi	1
PUTRANJIVACEAE		9
<i>Drypetes gentryi</i> Grandez & Vásquez	Yutubanco	9
RUBIACEAE		14
<i>Alibertia</i> sp.	Conservillo	1
<i>Amaioua guianensis</i> Aubl.	Canilla de vieja	3
<i>Bertiera guianensis</i> Aubl.	Ruicha	1
<i>Capirona decorticans</i> Spruce	Capirona	1
<i>Faramea</i> sp.	Chaleta	1
<i>Palicourea corymbifera</i> (Müell. Arg.) Standl.	Parinari	1
<i>Psychotria</i> sp.	Shuturi	4
<i>Semaphyllanthus megistocaula</i> (K. Krause) L. Andersson	Capirona de altura	1
<i>Uncaria tomentosa</i> (Willd. ex Roem. & Schult.) DC.	Uña de gato	1
RUTACEAE		10
<i>Esenbeckia amazonica</i> Kaastra	Angohuara	5

<i>Galipea trifoliata</i> Aubl.	Blanquillo	4
<i>Metrodorea flavida</i> K. Krause	Pirara	1
SABIACEAE		2
<i>Meliosma herbertii</i> Rolfe	Meliosma	2
SALICACEAE		1
<i>Ryania speciosa</i> M. Vahl	Esponja huayo	1
SAPINDACEAE		8
<i>Allophylus</i> sp.	Shitari caspi	3
<i>Serjania</i> sp.	Macota	2
<i>Talisia</i> sp.	Pitumba	3
SAPOTACEAE		13
<i>Diploon cuspidatum</i> (Hoehne) Cronquist	Coquino	1
<i>Ecclinusa guianensis</i> Eyma	Abiurana	1
<i>Manilkara bidentata</i> (A. DC.) A. Chev. subsp. bidentata	Quinilla colorada	1
<i>Micropholis egensis</i> (A. DC.) Pierre	Quinilla blanca	4
<i>Micropholis</i> sp.	Quinilla blanca	1
<i>Pouteria filipes</i> Eyma	Caimito	1
<i>Pouteria krukovii</i> (A.C. Sm.) Baehni	Caimito	1
<i>Pouteria torta</i> (Mart.) Radlk.	Quinilla negra	2
<i>Sarcaulus brasiliensis</i> (A. DC.) Eyma	Cachari	1
SIMAROUBACEAE		1
<i>Simarouba amara</i> Aubl.	Marupa	1
SIPARUNACEAE		17
<i>Siparuna cuspidata</i> (Tul.) A. DC.	Isula caspi	1
<i>Siparuna decipiens</i> (Tul.) A. DC.	Palo agua	14
<i>Siparuna guianensis</i> Aubl.	Piho cayo	2
SOLANACEAE		1
<i>Brunfelsia</i> sp.	Chiric sanango	1
URTICACEAE		24
<i>Cecropia sciadophylla</i> Mart.	Cetico altura	8
<i>Pourouma cecropiifolia</i> Mart.	Uvilla	5
<i>Pourouma guianensis</i> Aubl.	Sacha alcanfor	4
<i>Pourouma minor</i> Benoist	Sacha uvilla	6
<i>Urera baccifera</i> (L.) Gaudich.	Ortiga	1
VIOLACEAE		27
<i>Gloeospermum sphaerocarpum</i> Triana & Planch.	Gloeospermum sphaerocarpum	1
<i>Leonia glycyarpa</i> Ruiz & Pav.	Tamara	9
<i>Paypayrola grandiflora</i> Tul.	Caballo cocha	8
<i>Rinorea pubiflora</i> (Benth.) Sprague & Sandwith	Virote	2
<i>Rinorea</i> sp.	Virote	2
<i>Rinoreocarpus ulei</i> (Melch.) Ducke	Mojarra caspi	5
VITACEAE		6
<i>Cissus</i> sp.	Sapo huasca	6

Fuente: Elaboración propia (2012).

Cuadro 25. Resumen de la estructura horizontal de árboles grandes (con base a 20 especies botánicas, con DAP \geq 10 cm), del bosque con paca de terrazas altas.

FAMILIA	ESPECIE	ABUND.	DENS. ABS. (ind./ha)	DENS. REL. (%)	FREC. ABS. (pi/P)	FREC. REL. (%)	DOM. ABS. (m ² /ha)	DOM. REL. (%)	I.V.I
ARECACEAE	<i>Euterpe precatoria</i>	195	32.50	17.86	100	5.97	0.68	7.99	31.82
LECYTHIDACEAE	<i>Eschweilera coriacea</i>	54	9.00	4.95	92	5.47	0.81	9.43	19.85
ARECACEAE	<i>Iriartea deltoidea</i>	75	12.50	6.87	92	5.47	0.63	7.33	19.67
URTICACEAE	<i>Pourouma minor</i>	57	9.50	5.22	83	4.98	0.74	8.60	18.79
VIOLACEAE	<i>Leonia glycyarpa</i>	69	11.50	6.32	100	5.97	0.41	4.85	17.14
MALVACEAE	<i>Apeiba membranacea</i>	52	8.67	4.76	92	5.47	0.57	6.69	16.92
BURSERACEAE	<i>Tetragastris altissima</i>	41	6.83	3.75	92	5.47	0.62	7.27	16.50
MORACEAE	<i>Naucleopsis naga</i>	64	10.67	5.86	92	5.47	0.40	4.64	15.97
URTICACEAE	<i>Cecropia sciadophylla</i>	52	8.67	4.76	83	4.98	0.50	5.79	15.53
MORACEAE	<i>Brosimum lactescens</i>	52	8.67	4.76	83	4.98	0.44	5.12	14.86
MORACEAE	<i>Pseudolmedia laevigata</i>	36	6.00	3.30	83	4.98	0.53	6.23	14.50
MYRISTICACEAE	<i>Virola sebifera</i>	36	6.00	3.30	92	5.47	0.39	4.52	13.28
MORACEAE	<i>Pseudolmedia laevis</i>	37	6.17	3.39	100	5.97	0.30	3.48	12.84
MYRISTICACEAE	<i>Iryanthera juruensis</i>	54	9.00	4.95	92	5.47	0.14	1.66	12.08
FABACEAE	<i>Tachigali poeppigiana</i>	34	5.67	3.11	58	3.48	0.46	5.40	11.99
OLACACEAE	<i>Heisteria nitida</i>	34	5.67	3.11	92	5.47	0.29	3.37	11.96
CLUSIACEAE	<i>Symphonia globulifera</i>	34	5.67	3.11	83	4.98	0.22	2.56	10.64
ACHARIACEAE	<i>Lindackeria paludosa</i>	34	5.67	3.11	92	5.47	0.08	0.93	9.52
ARECACEAE	<i>Socratea exorrhiza</i>	37	6.17	3.39	58	3.48	0.12	1.35	8.22
EUPHORBIACEAE	<i>Senefeldera inclinata</i>	45	7.50	4.12	17	1.00	0.24	2.80	7.92
TOTAL		1092	182	100	1675	100	8.55	100	300

Fuente: Elaboración propia (2012).



Cuadro 26. Resumen de la estructura horizontal de árboles pequeños (con base a 20 especies botánicas, con $2.5 \leq \text{DAP} < 10$ cm), del bosque con paca de terrazas altas.

FAMILIA	ESPECIE	ABUND.	DENS. ABS. (ind./ha)	DENS. REL. (%)	FREC. ABS. (pi/P)	FREC. REL. (%)	DOM. ABS. (m ² /ha)	DOM. REL. (%)	I.V.I
POACEAE	<i>Guadua weberbaueri</i>	134	279.17	29.78	41.67	4.10	0.22	13.49	47.37
BIGNONIACEAE	<i>Arrabidaea sp.</i>	41	85.42	9.11	83.33	8.20	0.22	13.26	30.56
ARECACEAE	<i>Oenocarpus mapora</i>	18	37.50	4.00	33.33	3.28	0.22	13.54	20.82
ACHARIACEAE	<i>Carpotroche longifolia</i>	28	58.33	6.22	75.00	7.38	0.09	5.39	18.99
ANNONACEAE	<i>Duguetia flagellaris</i>	27	56.25	6.00	58.33	5.74	0.07	4.40	16.14
SIPARUNACEAE	<i>Siparuna decipiens</i>	14	29.17	3.11	58.33	5.74	0.09	5.51	14.35
CHRYSOBALANACEAE	<i>Hirtella racemosa</i>	21	43.75	4.67	58.33	5.74	0.06	3.66	14.06
BRASSICACEAE	<i>Capparis sola</i>	18	37.50	4.00	75.00	7.38	0.04	2.23	13.60
MYRTACEAE	<i>Eugenia sp.</i>	14	29.17	3.11	75.00	7.38	0.05	2.76	13.24
NYCTAGINACEAE	<i>Neea spruceana</i>	11	22.92	2.44	50.00	4.92	0.09	5.20	12.57
ARECACEAE	<i>Euterpe precatoria</i>	10	20.83	2.22	75.00	7.38	0.04	2.68	12.28
CLUSIACEAE	<i>Symphonia globulifera</i>	17	35.42	3.78	50.00	4.92	0.05	3.15	11.84
DILLENACEAE	<i>Doliocarpus dentatus</i>	17	35.42	3.78	41.67	4.10	0.07	3.96	11.83
BURSERACEAE	<i>Tetragastris altissima</i>	15	31.25	3.33	50.00	4.92	0.05	3.12	11.37
VIOLACEAE	<i>Leonia glycyarpa</i>	9	18.75	2.00	58.33	5.74	0.04	2.49	10.23
NYCTAGINACEAE	<i>Neea macrophylla</i>	10	20.83	2.22	58.33	5.74	0.03	1.80	9.76
MALVACEAE	<i>Byttneria schunkei</i>	13	27.08	2.89	16.67	1.64	0.07	4.39	8.92
PUTRANJIVACEAE	<i>Drypetes gentryi</i>	9	18.75	2.00	41.67	4.10	0.03	1.92	8.02
ANNONACEAE	<i>Anaxagorea crassipetala</i>	10	20.83	2.22	8.33	0.82	0.07	4.31	7.35
EUPHORBIACEAE	<i>Senefeldera inclinata</i>	14	29.17	3.11	8.33	0.82	0.05	2.75	6.68
TOTAL		450	937.50	100	1016.67	100	1.65	100	300

Fuente: Elaboración propia (2012).

Parcelas de Muestreo	Código	Este (E)	Norte (N)	Biomasa de Árboles Grandes (t/ha)	Biomasa de Árboles Pequeños (t/ha)	Biomasa Herbácea (t/ha)	Biomasa Aérea (t/ha)	Carbono Aéreo (t C/ha)	Carbono equivalente (t CO ₂ -equi/ha)
1	IM-1	454409.0	8582659.0	364.50	23.29	0.39	388.18	194.09	711.67
4	IM-4	455075.0	8583254.0	389.00	13.66	0.67	403.33	201.66	739.43
11	IM-11	455226.6	8582686.9	265.40	15.25	3.49	284.14	142.07	520.92
12	IM-12	454699.4	8582525.6	284.81	34.76	0.48	320.04	160.02	586.75
13	IM-13	454967.4	8583012.6	438.61	21.11	1.73	461.45	230.72	845.99
15	IM-15	454945.3	8583865.8	255.03	23.05	1.08	279.16	139.58	511.79
21	IM-21	454905.7	8582754.6	259.79	20.36	1.81	281.96	140.98	516.93
23	IM-23	455661.0	8583102.0	256.14	46.97	2.38	305.49	152.74	560.06
24	IM-24	455394.4	8582967.4	247.03	38.81	1.17	287.01	143.51	526.19
30	IM-30	454887.5	8582295.1	218.45	11.04	2.53	232.02	116.01	425.36
31	IM-31	454601.0	8582918.0	380.62	20.21	2.42	403.26	201.63	739.30
35	IM-35	455076.7	8583577.8	313.52	13.64	1.87	329.03	164.52	603.22
Promedio				306.07	23.51	1.67	331.25	165.63	607.30

Fuente: Elaboración propia (2012).

Cuadro 28. Parámetros estadísticos de los componentes de biomasa, biomasa aérea, carbono aéreo y carbono equivalente.

Parámetro	Biomasa de Árboles Grandes (BAG)	Biomasa de Árboles Pequeños (BAP)	Biomasa Herbácea (BH)	Biomasa Aérea (BA)	Carbono Aéreo (C)	Carbono equivalente (CO ₂ - equi)	Unidades
Numero de parcelas (N)	12	12	12	12	12	12	Enteras
Mínimo (Min.)	218.45	11.04	0.39	232.02	116.01	425.36	t/ha
Máximo (Max.)	438.61	46.97	3.49	461.45	230.72	845.99	t/ha
Promedio (\bar{X})	306.07	23.51	1.67	331.25	165.63	607.30	t/ha
Desviación estándar (Sx)	70.05	11.10	0.95	67.78	33.89	124.26	t/ha
Coefficiente de variación (CV)	22.89	47.22	56.68	20.46	20.46	20.46	%
"t" de Student (t)	2.20	2.20	2.20	2.20	2.20	2.20	G.L
Error de muestreo relativo (Er)	14.54	30.00	36.01	13.00	13.00	13.00	%
Error de muestreo estándar (S _x)	20.22	3.21	0.27	19.57	9.78	35.87	
Intervalo de Confianza (95%)	306.07 (± 154.18)	23.51 (± 24.44)	1.67 (± 2.08)	331.25 (± 149.18)	165.63 (± 74.59)	607.30 (± 273.50)	t/ha

Fuente: Elaboración propia (2012).

ANEXO IV. FIGURAS

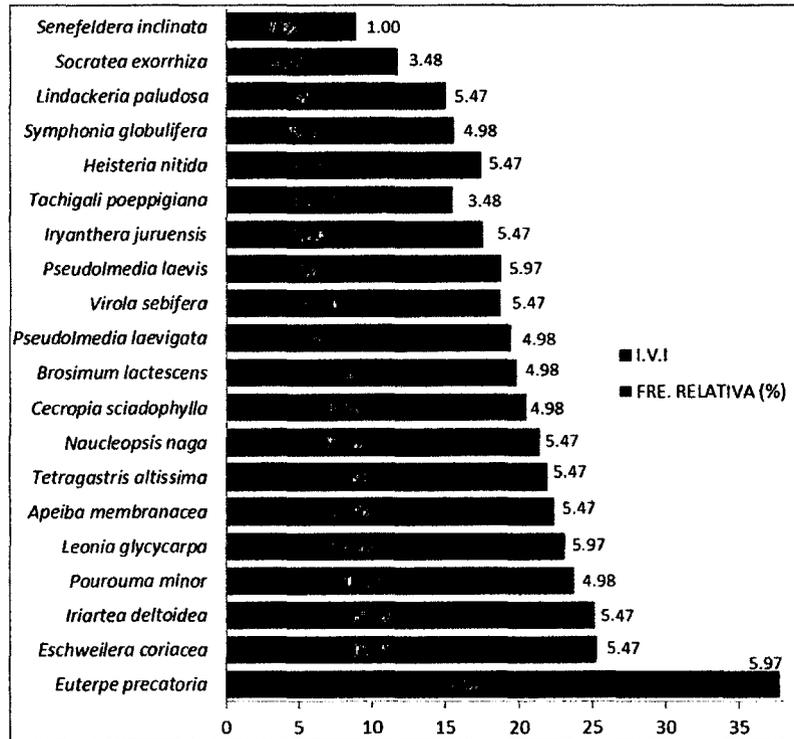


Figura 16. Porcentaje de las 20 especies botánicas con mayor Índice de valor de importancia (I.V.I) del componente de árboles grandes (con DAP \geq 10 cm).

Fuente: Elaboración propia (2012).

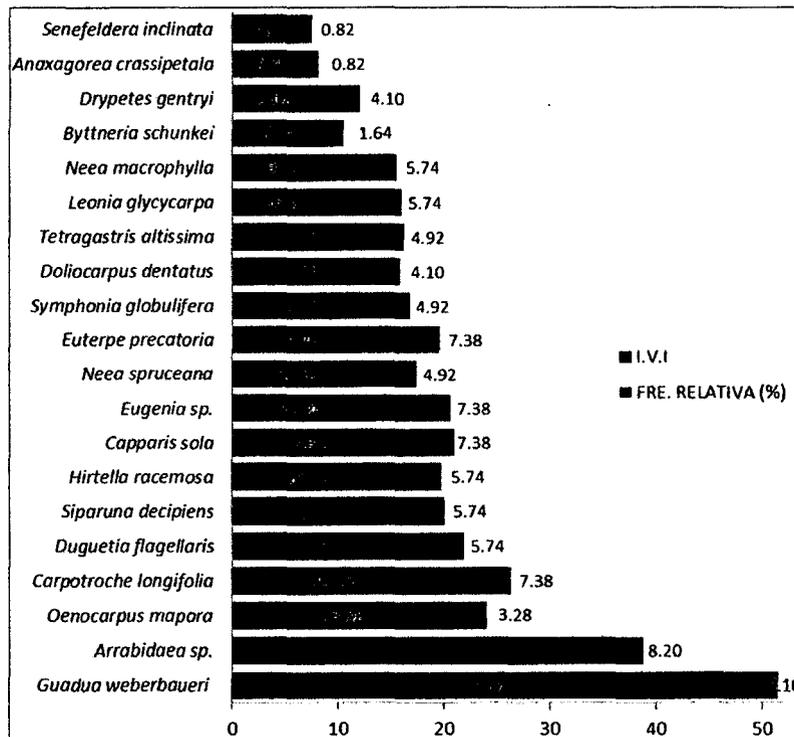


Figura 17. Porcentaje de las 20 especies botánicas con mayor Índice de valor de importancia (I.V.I) del componente de árboles pequeños (con $2.5 \leq$ DAP < 10 cm).

Fuente: Elaboración propia (2012).

Figura 18. Constancia expedida por el INRENMA, que los especímenes forestales colectadas, fueron identificadas y determinadas por un Especialista en Dendrología.



UNIVERSIDAD NACIONAL AMAZÓNICA
DE MADRE DE DIOS

INSTITUTO DE INVESTIGACION DE RECURSOS
NATURALES Y MEDIO AMBIENTE
- I N R E N M A -

"AÑO DE LA INTEGRACIÓN NACIONAL Y EL RECONOCIMIENTO DE NUESTRA DIVERSIDAD"
"MADRE DE DIOS CAPITAL DE LA BIODIVERSIDAD DEL PERÚ"

CONSTANCIA N° 001-INRENMA-2012

EL DIRECTOR DEL INSTITUTO DE INVESTIGACION DE RECURSOS NATURALES Y MEDIO AMBIENTE (INRENMA), DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AMAZONICA DE MADRE DE DIOS (UNAMAD), DEJA CONSTANCIA QUE:

Los especímenes forestales colectadas presentadas por el **Bach. Ing. For. JOSE LUIS MAMANI CONDORI**, tesista del trabajo de investigación intitulado: **STOCK DE CARBONO AÉREO EN UN BOSQUE CON PACA DE TERRAZAS ALTAS DE LA CONCESION DE CONSERVACION "GALLOCUNCA", SECTOR BALTIMORE, DISTRITO TAMBOPATA, MADRE DE DIOS – PERÚ**, vistas en el Cuadro N° 20 y N° 23. fueron identificadas y determinadas por el **PROFESOR PRINCIPAL PERCY AMILCAR ZEVALLOS POLLITO, ESPECIALISTA EN DENDROLOGÍA Y ETNOBOTÁNICA FORESTAL**.

Dichos especímenes forestales corresponden a los nombres científicos de acuerdo al Sistema de Clasificación Taxonómico Filogenético de Angiospermas de Jud Grupo III (APG III, 2009) actualizado al 2011 y de acuerdo al Catálogo de Flora de Angiospermas y Gimnospermas del Perú, de Bracko & Zaruchi (1993).

Se expide la presente constancia a solicitud de la persona interesada, para los fines que estime conveniente.



Puerto Maldonado, 10 de Octubre 2012.



.....
Ing. Mg. Gabriel Alarcón Aguirre
DIRECTOR DEL INRENMA

ANEXO V. GALERÍA FOTOGRÁFICA



Fotografía 23. Rio Tambopata.



Fotografía 24. Quebrada Aguajalito o Gallocunca.



Fotografía 25. Bote de transporte de fibra de vidrio.



Fotografía 26. Abordo del bote con destino al albergue.



Fotografía 27. Bungalows, capacidad 6 personas.



Fotografía 28. Cenando en el comedor Anaconda.



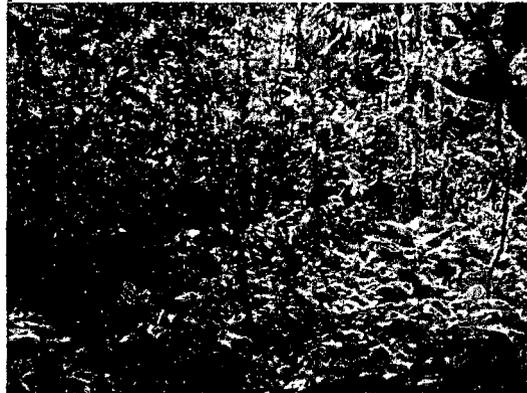
Fotografía 29. Equipo de investigación al final de un día de trabajo.



Fotografía 30. Equipo de investigación en la parcela IM-35.



Fotografía 31. Vegetación de la parcela IM-1.



Fotografía 32. Vegetación de la parcela IM-4.



Fotografía 33. Vegetación de la parcela IM-11.



Fotografía 34. Vegetación de la parcela IM-12.



Fotografía 35. Vegetación de la parcela IM-13.



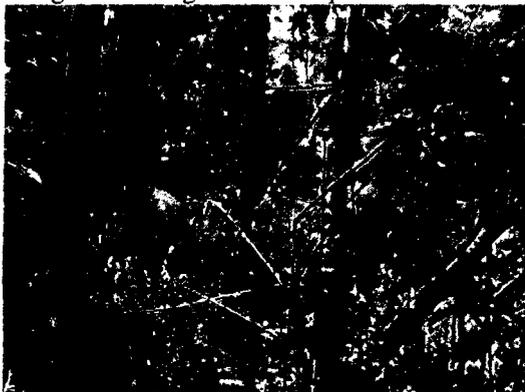
Fotografía 36. Vegetación de la parcela IM-15.



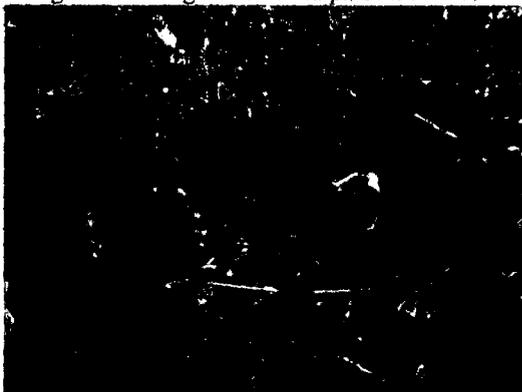
Fotografía 37. Vegetación de la parcela IM-21.



Fotografía 38. Vegetación de la parcela IM-23.



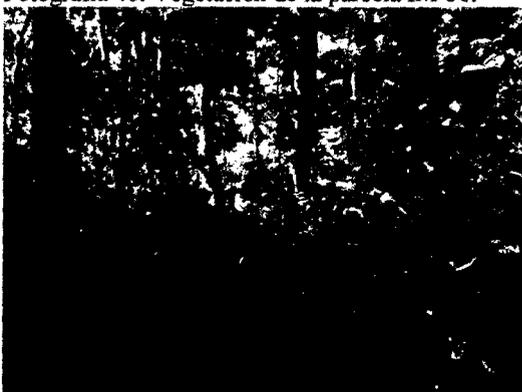
Fotografía 39. Vegetación de la parcela IM-24.



Fotografía 40. Vegetación de la parcela IM-30.



Fotografía 41. Vegetación de la parcela IM-31.



Fotografía 42. Vegetación de la parcela IM-35.