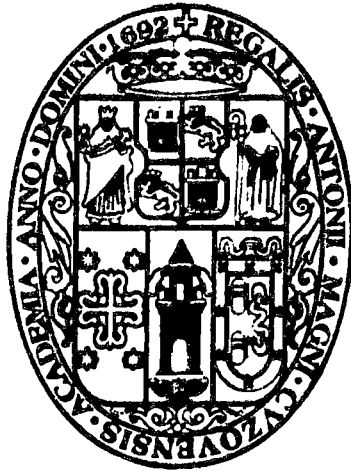


**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO
ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
CARRERA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA**



TESIS

**DINÁMICA DE UN BOSQUE TROPICAL: BIOMASA AÉREA Y
ANÁLISIS EN PARCELAS PERMANENTES A LARGO PLAZO,
RESERVA NACIONAL TAMBOPATA – MADRE DE DIOS**

Presentada por la Bachiller en Ciencias Biológicas:
NADIR CAROLINA PALLQUI CAMACHO

Asesor:
M.Sc. WASHINGTON GALIANO SÁNCHEZ

Coasesores:
**M.Sc. LUCIANO JULIÁN CRUZ MIRANDA
Blgo. ABEL MONTEAGUDO MENDOZA**

Tesis auspiciada por la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco

**CUSCO – PERÚ
2013**

DEDICATORIA

A mi familia

A Encarnación, mi madre quien con su dulzura, cariño y comprensión estuvo siempre a mi lado apoyándome.

A Aníbal, mi padre enseñándome con sus acciones que la perseverancia te lleva a cumplir todo lo que uno se propone.

A mis hermanas Carla, Eliana y a mi cuñado Edgar por su compañía, cariño y paciencia que nunca me hicieron faltar.

A mis sobrinos Darío, Joaquín y Ariadna que aun siendo muy pequeños son el motor de mi vida, con sus sonrisas me iluminan.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional de San Antonio Abad Del Cusco, y a la facultad de Ciencias Biológicas por la formación académica impartida.

A mi asesor M.Sc. Washington Galiano Sánchez por su apoyo incondicional y inculcarme el espíritu de investigación a lo largo de mis años en la universidad.

Al profesor M. Sc. Luciano Julián Cruz Miranda por brindarme sus conocimientos en todo el transcurso de la tesis.

Al Blgo. Abel Monteagudo Mendoza por su desinteresado apoyo, sus invalorable enseñanzas no solo en la botánica sino también en darme lecciones de vida, por creer en mí.

A RAINFOR y Forestplots.net por todas las facilidades otorgadas para la realización de la tesis, especialmente a Oliver Phillips y Gabriela López por su orientación y compartir su amplio conocimiento.

A todos mis profesores que confiaron en mí, por su ayuda y las facilidades que me brindaron durante el desarrollo de esta investigación.

A Víctor Ch., Yuri H., Antonio P., Amador T., e Ítalo T., por su ayuda, motivación y compañía durante el trabajo en campo, compartiendo la pasión por la investigación en cada uno de los viajes.

INDICE

RESUMEN	i
INTRODUCCION	ii
OBJETIVOS	iii
HIPOTESIS	iv
JUSTIFICACION	v
CAPITULO I. MARCO TEORICO	1
1.1. ANTECEDENTES	1
1.2. CICLO DEL CARBONO EN UN BOSQUE TROPICAL	8
1.3. RESERVAS DE CARBONO EN UN BOSQUE TROPICAL	12
1.4. BIOMASA VEGETAL	13
1.4.1 Metodologías para Cuantificar la Biomasa	14
1.4.1.1. Metodologías Directas	15
1.4.1.2. Metodologías Indirectas	15
1.4.1.2.1. Ecuaciones Alométricas	16
1.4.1.2.2. Elección de una Ecuación Alométrica	17
1.4.1.2.3. Ecuación de Chave	20
1.5. RELACIÓN BIOMASA – CARBONO	20
1.6. PARCELA PERMANENTE	21
1.6.1. Parcelas Permanentes de Muestreo RAINFOR	22
1.6.2. Conceptos Básicos aplicados en Parcelas Permanentes	22
1.6.2.1. Árbol	23
1.6.2.2. Bosque	24
1.6.2.3. Composición Florística	25
1.7. DINÁMICA DE BOSQUES TROPICALES	26
1.7.1. Reclutamiento	27
1.7.2. Mortalidad	28
1.7.2.1. Tipos de Mortandad de Árboles	29
1.7.3. Crecimiento Diamétrico	31
1.8. CAMBIO CLIMÁTICO Y BOSQUES TROPICALES	32
1.9. SENSIBILIDAD DEL BOSQUE AMAZÓNICO A LA SEQUIA	34
CAPITULO II. ÁREA DE ESTUDIO	38
2.1. UBICACIÓN	38
2.1.1. Ubicación Política	38
2.1.2. Ubicación Geográfica	38
2.1.3. Ubicación Hidrográfica	35
2.2. LIMITES	39
2.3. ACCESIBILIDAD	39
2.4. RESERVA NACIONAL TAMBOPATA (RNTAMB)	42
2.4.1. Componente Físico	42

2.4.1.1. Geología	42
2.4.1.2. Geomorfología	44
2.4.1.3. Fisiografía	44
2.4.1.4. Edafología	45
2.4.1.5. Hidrografía	47
2.4.2. Componente Climático	48
2.4.3. Componente Biológico	51
2.4.2.1. Clasificación Ecológica	51
2.4.2.2. Tipos de Bosque	52
2.4.2.2.1 Bosques de Tierra Firme	53
2.4.2.2.2 Bosques Inundables	53
2.4.2.3. Vegetación	54
2.4.2.4. Composición Florística	55
2.4.2.5. Fauna	56
CAPITULO III. MATERIALES Y METODOLOGÍA	57
3.1. MATERIALES	57
3.2. METODOLOGÍA	58
3.2.1. Ubicación de las Parcelas	58
3.2.2. Evaluación de las Parcelas	59
3.2.2.1. Orientación y Estructura	59
3.2.2.2. Modo de Desplazamiento	60
3.2.2.3. Ubicación de los Individuos	60
3.2.2.4. Medición	61
3.2.2.5. Registro de Datos	63
3.2.3. Análisis de la Composición Florística	64
3.2.4. Parámetros de la Dinámica Del Bosque	65
3.2.4.1. Tasa de Tallos Reclutas (Reclutamiento)	65
3.2.4.2. Tasa de Tallos Muertos (Mortalidad)	65
3.2.4.3. Tasa de Reemplazo o Renovación (% de Turnover)	66
3.2.5. Cuantificación de Biomasa Aérea Almacenada	66
3.2.5.1. Estimación del Stock de Biomasa Aérea Individual	66
3.2.5.2. Estimación del Stock de Biomasa Aérea Total	67
3.2.6. Dinámica de la Biomasa	67
3.2.6.1. Estimación del Crecimiento de la Biomasa	67
3.2.6.2. Estimación de la Ganancia de Biomasa	67
3.2.6.3. Estimación de la Ganancia Neta de Biomasa	68
3.2.7. Tratamiento Estadístico y Software Usados	68
CAPITULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	69
4.1. RESULTADOS	69
4.1.1. Composición Florística	69
4.1.2. Dinámica Poblacional	79

4.1.2.1. Tasas de Mortalidad y Reclutamiento	79
4.1.2.2. Tasa de Recambio o Renovación	82
4.1.3. Cuantificación de la Biomasa Aérea Almacenada	82
4.1.4. Dinámica de la Biomasa en el Periodo Completo	87
4.1.5. Cambios de Biomasa por cada Periodo Intercensal	91
4.1.5.1. Pérdida de Biomasa	92
4.1.5.2. Ganancia de Biomasa	94
4.1.5.3. Ganancia Neta de Biomasa	95
4.1.6. Distribución de la Biomasa por Clases Diamétricas	97
4.1.7. Biomasa Aérea Pre y Post Sequia del 2010	99
4.1.7.1. Tipo de Mortalidad	103
4.2. DISCUSIONES	107
4.2.1. Sobre la Composición Florística	107
4.2.2. Sobre la Dinámica Poblacional	108
4.2.2.1. Sobre la Tasa de Mortalidad	108
4.2.2.2. Sobre la Tasa de Reclutamiento	110
4.2.2.3. Sobre la Tasa de Reemplazo o Recambio	111
4.2.3. Sobre la Biomasa Estimada	112
4.2.4. Sobre la Dinámica de la Biomasa	115
4.2.5. Sobre la Dinámica de Biomasa Antes y Después de la Sequia del 2010	117
CONCLUSIONES	118
RECOMENDACIONES Y SUGERENCIAS	120
LITERATURA CITADA	121
ANEXOS	129

INDICE DE ANEXOS

- ANEXO 1: Fotos de las parcelas permanentes evaluadas en dos tipos de bosque en la Reserva Nacional Tambopata.
- ANEXO 2: Fotos de la aplicación de la Metodología RAINFOR
- ANEXO 3: Fotos de los tres principales tipos de mortalidad en las parcelas evaluadas.
- ANEXO 4: Modelo de la ficha de campo usada para la toma de datos.
- ANEXO 5: Fichas con los códigos para el trabajo en campo y para el ingreso a la base de datos.
- ANEXO 6: Mapa de biomasa aérea derivada de mediciones en las parcelas RAINFOR.
- ANEXO 7: Mapa de biomasa aérea presentando una gradiente en la Amazonia.
- ANEXO 8: Mapa que muestra la intensidad de la sequía del 2010, los puntos son las parcelas permanentes evaluadas por RAINFOR en la Amazonia.
- ANEXO 9: Flujo de ingresos y egresos promedio de AGB (Biomasa Aérea) desde el 2003 al 2011 en las parcelas permanentes de la Reserva Nacional Tambopata.
- ANEXO 10: Análisis Cluster basado en composición y cantidad de especies para cada año de evaluación.
- ANEXO 11: Cuadro resumen con la cantidad de individuos vivos, muertos, reclutas, sobrevivientes y sus respectivas biomásas (AGB) por parcela evaluada para los tres periodos intercensales.
- ANEXO 12: Matriz de especies identificadas ≥ 10 cm de DAP y la cantidad de individuos en nueve parcelas permanentes evaluadas el año 2011 en la Reserva Nacional Tambopata. La taxonomía actualizada con APG III (2009).
- ANEXO 13: Matriz de las especies ≥ 10 cm de DAP evaluadas cada remediación desde el 2003 al 2011, cantidad de individuos por año de evaluación y su dinámica en el tiempo.
- ANEXO 14: Tabla de especies que cambiaron del sistema de clasificación de Cronquist a la nueva clasificación APG III presentes en las parcelas permanentes evaluadas de la Reserva Nacional Tambopata.

RESUMEN

El estudio de la biomasa aérea almacenada de los bosques tropicales es fundamental para entender el balance del carbono global en el contexto del cambio climático. Se cuantificó la biomasa aérea almacenada y su dinámica en el tiempo en 9 parcelas permanentes pertenecientes a la red de parcelas de RAINFOR (Red Amazónica de Inventarios Forestales) dentro del bosque húmedo tropical de la Reserva Nacional Tambopata, mediante ecuaciones alométricas diseñadas para bosques húmedos tropicales, a partir del diámetro de todos los individuos mayores y/o iguales a 10 cm de DAP. Se tomaron datos en campo en la época de estiaje de los años 2010 y 2011 con la metodología estandarizada para la remediación de parcelas permanentes de RAINFOR; para evaluar la dinámica de la biomasa se analizó los datos tomados de la base Forestplots a partir del año 2003, separándolos por periodos intercensales: 2003-2006, 2006-2008 y 2008-2011. Se registraron 64 familias, 219 géneros y 531 especies, la composición florística es muy similar en todas las parcelas excepto en TAM-03. La tasa de mortalidad y reclutamiento de individuos presentan los valores promedio de $2.12 \pm 0.52 \%$ y $1.92 \pm 0.49 \%$, respectivamente, la tasa de reemplazo (promedio entre la tasa de mortalidad y reclutamiento) es 2.02% anual. La Biomasa Aérea almacenada es de $296.17 \pm 33.92 \text{ T ha}^{-1}$ en promedio. La dinámica de la biomasa muestra una ganancia neta total (ganancias y pérdidas) de 1.96 T ha^{-1} para el periodo 2003-2006, para el periodo 2006-2008 fue 1.69 T ha^{-1} y para el periodo 2008-2011 fue de -1.23 T ha^{-1} . Previa a la sequía del 2010 se halló un cambio de biomasa de $1.88 \text{ T ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ y post sequía fue $-0.18 \text{ T ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$. Los análisis demográficos sugieren un equilibrio dinámico en las parcelas. Existe una variación de la biomasa en el tiempo, en los dos primeros periodos hubo un balance positivo en cambio el último periodo fue negativo coincidiendo con la ocurrencia de la sequía del 2010 donde la mitad de las parcelas monitoreadas tuvieron una disminución en las ganancias netas de la biomasa por mortalidad de individuos afectando la composición florística selectivamente, por tanto los bosques de la Reserva Nacional Tambopata son susceptibles a eventos de sequía severos y frecuentes que podría revertir su capacidad como sumidero de carbono.

INTRODUCCIÓN

Los bosques tropicales constituyen alrededor del 7 % de la superficie terrestre, participan de forma importante en el balance de carbono global, debido a la gran cantidad que almacenan (aprox. 55 % de las reservas actuales de carbono en los ecosistemas boscosos del mundo; Pan et al. 2011) y a los grandes flujos de carbono que estos bosques procesan cada año, fijan aprox. 33 % de la productividad primaria neta terrestre global (del Grosso *et al.* 2008).

El estudio de la dinámica de la biomasa y el carbono es fundamental para comprender el papel que éstos bosques desempeñan en el ciclo global de este elemento (Clark *et al.* 2001), pero los valores no son similares en cualquier parte de la amazonia, sino varían sustancialmente de acuerdo a las condiciones ambientales y físicas de cada zona. Se reporta menos biomasa aérea viva en el oeste de la amazonia que se correlaciona con menores cantidades de necromasa, menores densidades de madera, dinámica de bosque más elevada (Baker *et al.* 2004, Chao *et al.* 2009, Malhi *et al.* 2004, 2006), mayor fertilidad de suelo y una mala estructura física de suelo (Quesada *et al.* 2010a), estas diferencias tienen el potencial de impactar sustancialmente en la captura y almacenamiento de carbono.

Se realizó la estimación de biomasa aérea, a través de un muestreo en 9 parcelas permanentes pre establecidas dentro de la Reserva Nacional Tambopata tomando datos desde el 2003 al 2011 el que permite evaluar la variabilidad de la biomasa en el espacio y en el tiempo, así como evaluar la sensibilidad o resistencia al evento de sequía que se suscitó el año 2010.

OBJETIVOS

GENERAL

Estimar el contenido de biomasa aérea almacenada, su dinámica en función a factores ambientales en parcelas permanentes a largo plazo en la Reserva Nacional Tambopata – Madre de Dios.

ESPECÍFICOS:

1. Determinar la composición florística de cada parcela permanente en la Reserva Nacional Tambopata.
2. Evaluar la dinámica demográfica del bosque usando indicadores tales como mortalidad, reclutamiento y recambio.
3. Cuantificar la biomasa aérea almacenada en el bosque y sus cambios en el tiempo.
4. Determinar la influencia de la sequía del 2010 en el comportamiento de la biomasa aérea dentro de las parcelas permanentes en la Reserva Nacional Tambopata.

HIPÓTESIS

Los procesos de mortalidad y reclutamiento dentro de parcelas permanentes ejercen influencia en la estimación y dinámica de la biomasa aérea a través del tiempo y si esta puede ser afectada drásticamente debido a un fenómeno de sequía ocurrida dentro de la Reserva Nacional Tambopata.

JUSTIFICACIÓN

Estimar las reservas de biomasa de los bosques es una herramienta útil para valorar la cantidad de carbono que se almacena en las estructuras vivas en un momento dado, lo cual es importante para evaluar su contribución al ciclo del carbono (Brown, 1997).

La investigación sobre los cambios en la dinámica de biomasa en la selva peruana es escasa ya que requiere de metodologías estandarizadas para constituir redes de parcelas permanentes y luego evaluarlas periódicamente lo cual es complejo debido a la gran riqueza de especies que poseen estos bosques. Los datos generados a largo plazo proporcionan múltiples informaciones sobre la dinámica del bosque y los procesos que ahí se generan, así como analizar la influencia de los factores climáticos extremos (sequía) sobre estos ambientes documentando el grado de vulnerabilidad pudiendo ser comparados en tiempo y lugar. (Lopez-Gonzalez *et al.* 2010).

La información registrada posteriormente podrá ser usada por instituciones gubernamentales y no gubernamentales que trabajan en la conservación y restauración de bosques, así como para tener registro con bases científicas de datos cuantitativos lo que podría permitir valorizar la fijación de carbono como parte de los bienes y servicios ambientales que prestan los bosques de la Reserva Nacional de Tambopata y permitir replicar en otras áreas protegidas como parte de las políticas de adaptación y mitigación frente al cambio climático.

CAPITULO I

MARCO CONCEPTUAL

1.1. ANTECEDENTES

LEWIS *et al.* 2011, hicieron un informe sobre el evento de sequía ocurrido en el 2010, anunciaron que esta sequía pudo haber sido aun más devastadora que la ocurrida en el año 2005, los autores manifiestan que tener dos sequías extremas de manera frecuente podría terminar con el papel amortiguador de emisiones de carbono que tiene la selva amazónica el que se correlaciona con la mayor tasa de mortalidad, además llegaron a la conclusión que la sequía del 2005 tuvo solo un único epicentro que fue el suroeste de la amazonía en cambio la sequía del 2010 tuvo tres epicentros identificables que son el suroeste de la selva amazónica, centro norte de Bolivia y la región de Matogroso en Brasil, por lo que deducen una paralización temporal en el aumento de biomasa a través de la mortalidad de los árboles y un flujo de carbono comprometida con la descomposición de los árboles, no se sabe a ciencia cierta si la segunda sequía mato a mas árboles ya sea porque ya estaban debilitados por la primera sequía o si matará menos en el caso que ya hubiesen muerto los más susceptible en el primer evento.

ARAUJO-MURAKAMI *et al.* 2011, hicieron una evaluación y comparación entre la necromasa de los bosques de altura o tierra firme y los bosques inundables o bajíos en el departamento de Madre de Dios donde la necromasa gruesa y la masa aérea vegetativa fueron estudiados en tres diferentes lugares utilizando parcelas permanentes y líneas de intersección. Los bosques de tierra firme contienen significativamente más madera muerta que los bosques inundables. La necromasa constituye el 11 % de la masa aérea vegetativa almacenada en los bosques de Madre de Dios. Finalmente, estiman que el departamento de Madre de Dios contiene alrededor de 100 mega toneladas de carbono en su madera muerta. Este valor es bastante alto, siendo diez veces más que la emisión anual de combustibles fósiles de Perú entre 2000 – 2008.

QUINTO 2010, estudió la biomasa aérea de los bosques tropicales de Colombia en parcelas permanentes en donde encontró un incremento anual entre 3.57 y 3.18T ha⁻¹, hace una relación entre precipitación y biomasa en donde concluye que la productividad

primaria neta (PPN) no disminuye con la mayor precipitación y deduce la poca influencia de la precipitación sobre la PPN.

QUINTO *et al.* 2009, calculó las tasas de mortalidad y reclutamiento de árboles en una parcela permanente de investigación de un bosque pluvial tropical en dos mediciones 1998 y 2005. La tasa media anual de mortalidad de árboles fue 1.39 % y el coeficiente de mortalidad exponencial fue 1.41 %; los tipos de mortalidad más comunes fueron: volcamiento de raíz y muerte en pie. La tasa de reclutamiento anual fue 1.2 % y el coeficiente de reclutamiento exponencial registró 1.19 %. La similitud en el número de individuos entre mediciones, así como en los demás parámetros evaluados, sugieren un posible equilibrio entre mortalidad y reclutamiento del bosque.

HONORIO & BAKER 2010, editaron el “Manual para el monitoreo del ciclo del carbono en bosques amazónicos” con ayuda del Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana está basado en talleres realizados en la ciudad de Iquitos, Perú en el año 2009. El enfoque de este manual es introducir la importancia del ciclo de carbono, las técnicas de campo y los cálculos necesarios para el monitoreo del ciclo de carbono en los bosques amazónicos.

URETA 2009, evaluó las diferencias altitudinales significativas en contenido de carbono y biomasa arbórea dentro del Parque Nacional Yanachaga Chemillén (PNYCH), Oxapampa, en parcelas permanentes del Jardín Botánico de Missouri donde toma los árboles ≥ 10 cm de DAP para posteriormente extraer las muestras de madera para obtener la densidad de madera, con la finalidad de determinar el contenido de carbono y biomasa arbórea. Obteniendo una biomasa aérea de 64.66 t/ha en bosque montano y 101,12t/ha en bosque amazónico donde hay valores más representativos.

PHILLIPS *et al.* 2009, usaron registros de múltiples parcelas a lo largo de la Amazonía para valorar las respuestas de los bosques a la intensa sequía del 2005, un posible análogo de futuros acontecimientos. Los bosques afectados perdieron biomasa, invirtiendo un gran sumidero de carbono a largo plazo, con los más grandes impactos observados donde la estación seca fue inusualmente intensa. Comparado con las condiciones previas al 2005 los bosques sujetos a un déficit de agua perdieron 5.3 Mg de carbono de biomasa aérea por hectárea. Los bosques amazónicos por lo tanto se muestran vulnerables al incremento

del estrés de la humedad, con potencial para grandes pérdidas de carbono que retroalimentan el cambio climático.

CHAO *et al.* 2009, hacen un estudio de la mortalidad en parcelas permanentes en los bosques húmedos de tierra bajas en la amazonía norte de Perú (Iquitos) y Venezuela donde concluyen que la frecuencia de eventos de muertes múltiples fue mayor en el noroeste que en el noreste de la Amazonía, pero estos eventos son pequeños, un promedio de dos árboles muertos por cada evento de muerte múltiple. Los mecanismos de mortalidad difieren en las dos regiones. En el NO se trata de una interacción entre el fracaso fisiológico y una falla mecánica (pequeño tamaño, crecimiento lento y es más común muerte por fractura o rompimiento). En la NE es principalmente impulsado por el fracaso fisiológico (árboles de gran tamaño, el crecimiento lento y mayormente muerto de pie). Proponen una clave del modo de muerte de árboles.

AGUILAR & REYNEL 2009, estudian la dinámica forestal del bosque montano denso en la selva central del Perú en una parcela permanente, el dinamismo se expresó con una baja mortalidad versus una alta capacidad de reclutamiento y un alto crecimiento del área basal (se incrementaron simultáneamente fustes y área basal) por lo tanto es un bosque de crecimiento muy activo comparable con los de la llanura amazónica.

PHILIPS *et al.* 2008, examinaron la evidencia de los cambios concertados en la estructura, dinámica, y la composición funcional de los bosques primarios amazónicos en las últimas décadas, debido que el crecimiento del bosque en promedio es superior a la mortalidad, los bosques intactos de la Amazonía han estado funcionando como sumideros de carbono. Estiman un aumento neto de biomasa en los árboles ≥ 10 cm de diámetro de $0.62 \pm 0.23 \text{ T C ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ a través de finales del siglo XX, esto se traduce en un sumidero en América del Sur de al menos $0.49 \pm 0.18 \text{ Pg C año}^{-1}$, los otros componentes de la biomasa y necromasa también aumentaron proporcionalmente, el número estimado en América del Sur es de $0.79 \pm 0.29 \text{ Pg C año}^{-1}$. También hay alguna evidencia de cambios recientes en la composición funcional (biodiversidad) de la amazonía, pero la evidencia es menos completa que la de los cambios en estructura y dinámica.

SAATCHI *et al.* 2007, determinaron la distribución espacial de la biomasa forestal de la cuenca del Amazonas con métodos de percepción remota, mostrando la más alta biomasa para la Amazonía central y las regiones al este y norte incluyendo las Guayanas con valores mayores a 300 Mg ha^{-1} y para las tierras bajas de Perú, Ecuador y Colombia biomasa entre 150 y 300 Mg ha^{-1} .

PHILIPS *et al.* 2007, realizaron el censo de 11 parcelas en Madre de Dios determinando que los bosques con drenaje pobre y fertilidad del suelo baja tienen estatura disminuida, además que estos bosques tienen una área basal y biomasa relativamente baja. Los índices de mortalidad y crecimiento en términos de número de tallos y área basal confirman que los bosques de esta región están entre los más dinámicos del mundo, siendo su índice de cambio dos veces más alta que los de la Amazonía de Brasil. En las parcelas del sur peruano, el reclutamiento de tallos y aumento del área basal no se ha incrementado mucho más, mientras que la mortalidad de los tallos y pérdida de área basal se incrementaron, la tasa de renovación continua incrementándose mientras la densidad de tallos y del área basal se ha estabilizado.

ARAUJO-MURAKAMI *et al.* 2006, calcularon la mortalidad anual en función al número de individuos, la cual es de 2.09% año en el bosque húmedo siempre verde de Bolivia, igualmente estimaron la biomasa y el carbono almacenado a través de funciones matemáticas que tienen como variable independiente al área basal, estimando 326 T/ha de biomasa y 156 T/ha de carbono.

MALHI *et al.* 2006, realizaron una interpolación del área basal y la biomasa encima del suelo de bosques tropicales de viejo crecimiento en 227 parcelas en América del Sur en donde concluye que el área basal es fuertemente afectada por factores del paisaje local, pero es relativamente invariable a escala regional en los bosques tropicales húmedos, y la disminución es significativa en la zona seca del bosque. Además que la densidad de la madera está inversamente correlacionada con la dinámica del bosque, siendo menor en los bosques dinámicos de la Amazonía occidental y alta en los bosques de crecimiento lento de la Amazonía oriental. Por lo tanto resulta que la biomasa es mayor en los bosques moderadamente estacionales de crecimiento lento en el centro de la Amazonía y las Guayanas y declina hacia los márgenes occidentales.

CHAVE *et al.* 2005, proponen modelos de regresiones alométricas para convertir las mediciones de los árboles a estimaciones de biomasa aérea, adicionando parámetros como la densidad de la madera (gravedad específica) que junto al DAP forman modelos que representan menos sesgo en la evaluación.

LEWIS *et al.* 2004, realizaron un estudio de la dinámica de los bosques del amazonas donde documentó los cambios en los flujos de mortandad y crecimiento en décadas recientes. El análisis de 50 parcelas monitoreadas a largo plazo indica que, en las tres décadas anteriores al 2002, éstas mostraron un incremento en el área basal ($0.10 \pm 0.04 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$), densidad de individuos ($0.94 \pm 0.63 \text{ individuos ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$), tasas de reclutamiento y mortandad. El incremento en las tasas de crecimiento y mortalidad junto con el incremento en área basal sugieren que los cambios observados en la dinámica de estas parcelas corresponden a un incremento de los recursos disponibles. Clasificaron a los bosques en: rápidos que se localizan en su mayoría en la región oeste, y los bosques lentos en las regiones centro y este. Ambos tipos de bosques han mostrado un incremento en las tasas de reclutamiento y mortandad, e incrementos del área basal.

BAKER *et al.* 2004, analizan los cambios de la biomasa en parcelas en bosque amazónicos, donde estiman que la biomasa aérea en árboles que tienen más de 10 cm de diámetro ha aumentado desde el establecimiento de las parcelas por $1.22 \pm 0.43 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$. Entre los sitios evaluados se encuentran 17 parcelas en Perú ubicadas en la amazonía norte (Iquitos) presentando valores negativos, en cambio en el sur (Madre de Dios) los valores son entre (0.43 y $3.50 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$) donde se nota claramente un mayor incremento de biomasa aérea. Los resultados sugieren que la biomasa total en promedio en la amazonía esta incrementándose y que ha habido un sumidero de carbono a escala regional en los bosques amazónicos de viejo crecimiento durante las dos décadas anteriores. Después de estudios realizados respecto al tema afirmaron posteriormente la estrecha relación que existe entre la biomasa aérea y el DAP en donde la biomasa depende directamente del DAP; esto permite deducir que a mayor DAP del árbol a evaluar, mayor es la acumulación de biomasa, asimismo esta acumulación se aplica en clases diamétricas.

RAMÍREZ *et al.* 2002, estudió la mortalidad y reclutamiento de árboles en parcelas permanentes entre los 2200 y 2500 m de altitud en el estado de Venezuela en donde las

tasas anuales de reclutamiento y mortalidad de los árboles fueron de 1.64 y 1.59 %, respectivamente, con diferencias estadísticas entre parcelas solo para el reclutamiento. Afirma que las variables estructurales como densidad, área basal y número de especies, fluctúan en torno de un valor medio a lo largo del tiempo. Y que, esa constancia relativa es mantenida a través de un balance adecuado entre las tasas de mortalidad y reclutamiento de árboles.

PHILLIPS & BAKER 2002, desarrollaron diversas metodologías para calcular las variaciones de biomasa forestal en las mediciones de parcelas permanentes, es así que editan el “Manual de Campo para el Establecimiento y Remedición de Parcelas Permanentes” alentando la estandarización de protocolos de inventarios forestales para fines comparativos en los diferentes temas referidos a ciclo del carbono.

MALHI *et al.* 2002, propone una red internacional para la supervisión de la estructura, composición y dinámica de los bosques amazónicos denominada Red Amazónica de Inventarios Forestales (RAINFOR) utilizando parcelas permanentes a largo plazo para monitorear la biomasa y la dinámica del bosque y relacionarla con el suelo y el clima; la información puede proveer ideas vitales dentro de los mecanismos que subtienden las respuestas actuales de los ecosistemas de la Amazonía ante el clima y el posible futuro de la Amazonía bajo el cambio global de los escenarios.

MOSTACEDO & FREDERICKSEN 2001, evaluaron una parcela permanente en el bosque tropical de Bolivia, la tasa de mortalidad de árboles es independiente del tamaño del árbol y alcanza un 2.1 % por año. Los árboles tienen un crecimiento diamétrico mediano de 1.4 mm/año, el que varía de 0.3 mm/año hasta 9.5 mm/año. Por lo tanto, manifiesta que sería más apropiado utilizar tasas de crecimiento específicas para especies en lugar de un crecimiento promedio para todo el bosque. Además, el crecimiento de 38 % de especies analizadas fue afectado por la intensidad de luz y el crecimiento de los árboles aumentó con el diámetro del árbol.

NEBEL *et al.* 2000, estudió la dinámica de nueve parcelas en tres tipos de bosque de llanura aluvial inundable del Bajo Ucayali, en donde el promedio anual de mortalidad es 2.20 - 3.16 % y las tasas de repoblación es de 2.99 - 4.57 % en las parcelas no intervenidas. El incremento anual en el área basal fue de alrededor de $1\text{m}^2/\text{ha}/\text{año}$, lo que

corresponde a las tasas promedio de incremento anual en área basal de 3.51 - 3.79 %; el incremento medio anual en diámetro aumento de 4.0- 4.5 mm/año. Las tasas anuales de mortalidad de las parcelas no intervenidas, en términos de fuste y área basal, fueron relativamente altas (1.6 - 5.2 % y 0.9 - 4.4 %, respectivamente)

PHILLIPS *et al.* 1998, investigaron el papel que desempeña la amazonía en el ciclo global del carbono evaluando su dinámica por medio del uso de parcelas permanentes de muestreo (PPM) establecidas en distintas regiones como zonas húmedas tropicales (153 parcelas), zonas húmedas neotropicales (120 parcelas), zonas húmedas bajas neotropicales (108 parcelas) y en la Amazonía (97 parcelas), demostrando que el área basal y la biomasa de los árboles maduros intervienen en el incremento del rendimiento de acumulación de carbono, necesario para la comprensión de las tendencias actuales y futuras en el ciclo del carbono.

PHILLIPS & GENTRY 1994, realizaron un análisis sobre la tasa de reemplazo en 40 parcelas permanentes en la amazonía en el que afirman que debido al cambio climático global y a procesos como la fragmentación de hábitats, las tasas de mortalidad y reclutamiento de árboles han aumentado en las últimas décadas en muchos bosques tropicales ;lo cual supone un incremento en el dinamismo de los bosques tropicales, que podría afectar significativamente la composición y diversidad de especies arbóreas presentes en dichos ecosistemas.

GENTRY *et al.* 1988, hicieron un análisis de la diversidad y patrones de composición florística manifestando que mientras algunos de los bosques más ricos en especies en el mundo están en el Perú, no todos los bosques de la amazonía peruana son excepcionalmente diversos. En general, áreas con mayor estacionalidad de precipitación, como aquellas más al sur son menos ricas en especies. Analizaron parcelas de 1.0 ha de plantas superiores a 10 cm de DAP en la amazonía entre las cuales estudió las parcelas instaladas en Tambopata en el año 1983 en donde encontró alrededor de 600 individuos de árboles con un promedio de 156 especies/hectárea, es decir una riqueza y diversidad de árboles leñosos moderada, lo cual es impresionante, pero significativamente menor que en las muestras similares de la región de Iquitos, pero resaltan que el número total de especies en Tambopata es alta debido a los muchos hábitats característicos.

1.2. CICLO DEL CARBONO EN UN BOSQUE TROPICAL

Los bosques tropicales de la Amazonía constituyen un 45 % de los bosques tropicales del mundo y tienen una gran diversidad con aproximadamente 25 % de la diversidad terrestre, juegan un papel importante en el ciclo de carbono. Procesan mediante fotosíntesis, y respiración más de dos veces, el carbono de origen antropogénico que es liberado a la atmósfera (Mahli & Grace 2000). Aproximadamente 15 % de la fotosíntesis (Field *et al.* 1998) y contienen 20 % de la biomasa terrestre.

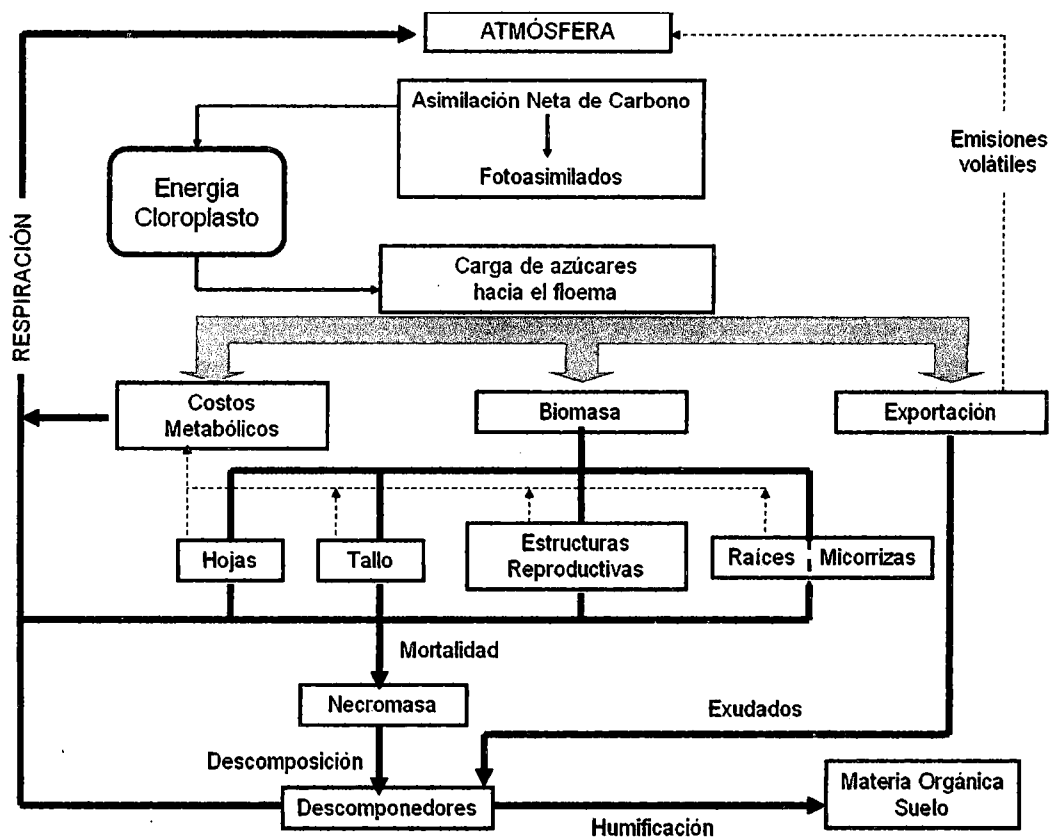
El ciclo del carbono es un ciclo biogeoquímico natural en el cual, inicialmente y como dióxido de carbono (CO_2), este elemento es transferido de la atmósfera hacia la tierra y océanos donde reside antes de retornar a la atmósfera bajo la misma forma. Los principales flujos del ciclo global del carbono son los que conectan el dióxido de carbono atmosférico con la vegetación terrestre y los océanos. Hoy, este proceso está lejos de encontrarse en estado de equilibrio. La emisión de combustibles fósiles y transformación de los ecosistemas naturales y especialmente los forestales a otros usos de la tierra ha provocado un incremento en las concentraciones de CO_2 , gas que contribuye al calentamiento global.

En lo que se refiere a la distribución de este elemento, Körner (2003) propone en forma gráfica lo que denomina como el “destino” del carbono en la planta (Figura 1). La ganancia en términos de biomasa para la planta está representada por el resultado neto en la asimilación del carbono entrante (fotosíntesis neta en las hojas) menos la cantidad saliente (respiración, humificación). Las pérdidas por mortalidad sumadas a la producción de exudados tienen dos destinos finales: la salida de CO_2 hacia la atmósfera a través de la respiración o la incorporación al suelo en forma de materia orgánica.

El CO_2 atmosférico es incorporado a los procesos metabólicos de las plantas mediante la fotosíntesis, retirando gas carbónico de la atmósfera y el agua del suelo, emitiendo oxígeno y capturando carbono en su biomasa por medio de su crecimiento, produciéndose este proceso en presencia de luz y por acción de la clorofila de las plantas. Este CO_2 participa en la composición de todas las estructuras necesarias para que el árbol pueda desarrollarse (follaje, ramas, raíces y tronco). Al crecer, éste incrementa su follaje, ramas, flores, frutos y yemas de crecimiento (que en conjunto conforman la copa) así como su

altura y el grosor de su tronco. La copa necesita espacio para recibir energía solar sobre las hojas, lo que da lugar a que las copas de los árboles compitan por esta energía y, a su vez, los troncos, al ir aumentando su diámetro y altura, alcancen un tamaño aprovechable en términos comerciales, pudiéndose extraer productos elaborados (muebles y tablas). Estos productos finales tienen un tiempo de vida determinado, después del cual se degradan aportando CO_2 al suelo y a la atmósfera.

Figura 1: Distribución y dinámica del carbono en la planta.

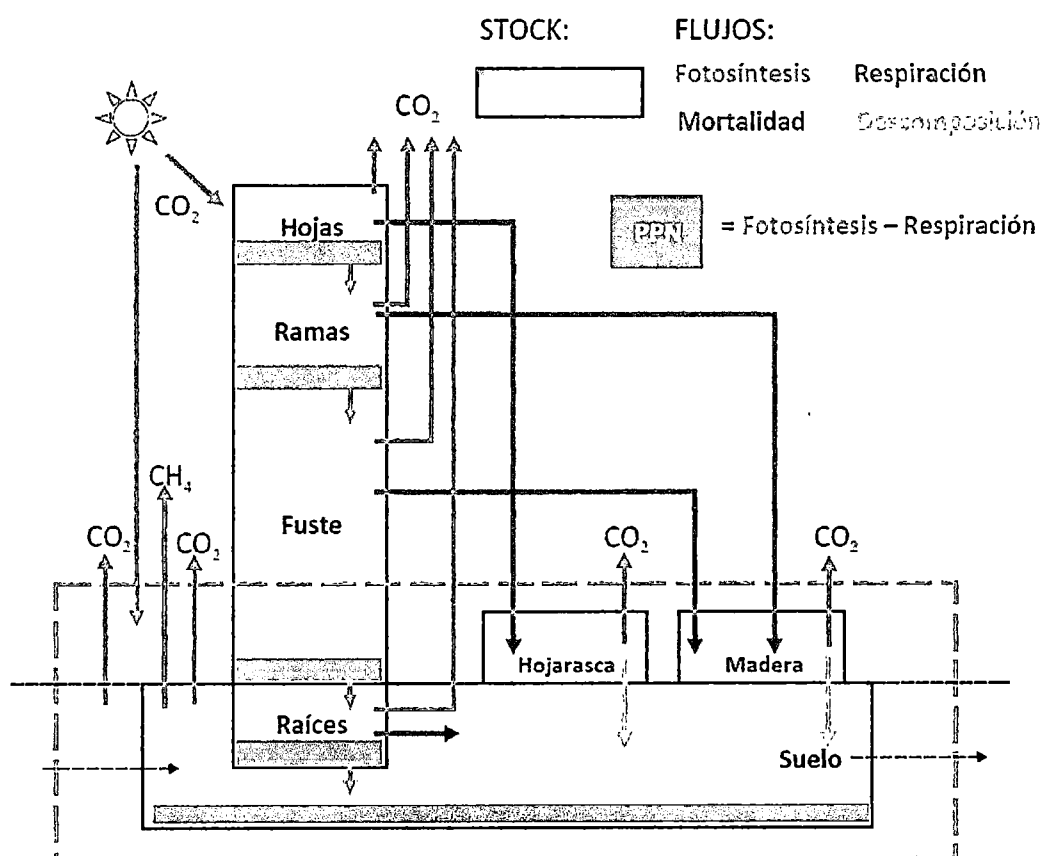


Fuente: Modificado de Körner, 2003.

Si queremos estudiar este ciclo, lo más importante que debemos entender, es la diferencia entre un stock y un flujo de carbono (Figura 2). En un bosque tropical, el stock de carbono es todo aquello que se encuentra almacenado en los diferentes componentes y los flujos son todos aquellos procesos que afectan el stock. Cuando cuantificamos el stock de un bosque, muestreamos: a) la biomasa viva almacenada en las hojas, las ramas, el fuste y las raíces; b) la necromasa almacenada en la hojarasca y la madera muerta; y c) el carbono en la materia orgánica del suelo. Cuando cuantificamos los flujos del carbono en

el bosque muestreamos: a) la fotosíntesis de las hojas, b) la respiración autotrófica (ej. árbol) y la respiración heterotrófica (ej. hojarasca, madera muerta, suelo); c) la mortalidad de troncos, ramas, hojas y raíces; y d) la descomposición de la madera y la hojarasca causada por los organismos degradadores. El incremento neto en la biomasa debido a la fotosíntesis, excluyendo el carbono utilizado en la respiración se denomina productividad primaria neta, esta se cuantifica midiendo el crecimiento del fuste y la producción de ramas, hojas y raíces. (Honorio & Baker, 2010)

Figura 2: Diagrama de los stocks y flujos de carbono en un bosque tropical que podría estar estacionalmente inundado. Stock (cajas negras), Flujos (las flechas).



Fuente: Modificado de Honorio & Baker, 2010.

Si entendemos la diferencia entre un stock y un flujo de carbono, podemos considerar el significado de los términos sumidero y fuente de carbono. Un área determinada de bosque es considerada como un sumidero de carbono, si la cantidad almacenada de carbono aumenta con el tiempo. Es decir, si el cambio en el stock de carbono es positivo. En un bosque, esto ocurre si los flujos que agregan carbono al stock, como el

crecimiento, son más altos que los flujos que disminuyen el stock, como la mortalidad, por un periodo dado. Por otro lado, un área de bosque es considerada como una fuente de carbono cuando el stock de carbono disminuye con el tiempo. En general, el punto clave, es que los cambios en el stock de carbono ocurren debido al balance entre todos los flujos que entran o salen del componente. Entonces, es importante estudiar los stocks y los flujos de carbono para tener una idea completa del ciclo de carbono de un bosque.

Asimismo, es importante también mencionar algunas de las unidades que usualmente son utilizadas para el estudio de almacenamiento de carbono y los diferentes flujos que hacen posible su distribución por parte de la planta (Tabla 1).

Tabla 1: Unidades utilizadas en la Cuantificación de Carbono en Árboles y ecosistemas Forestales

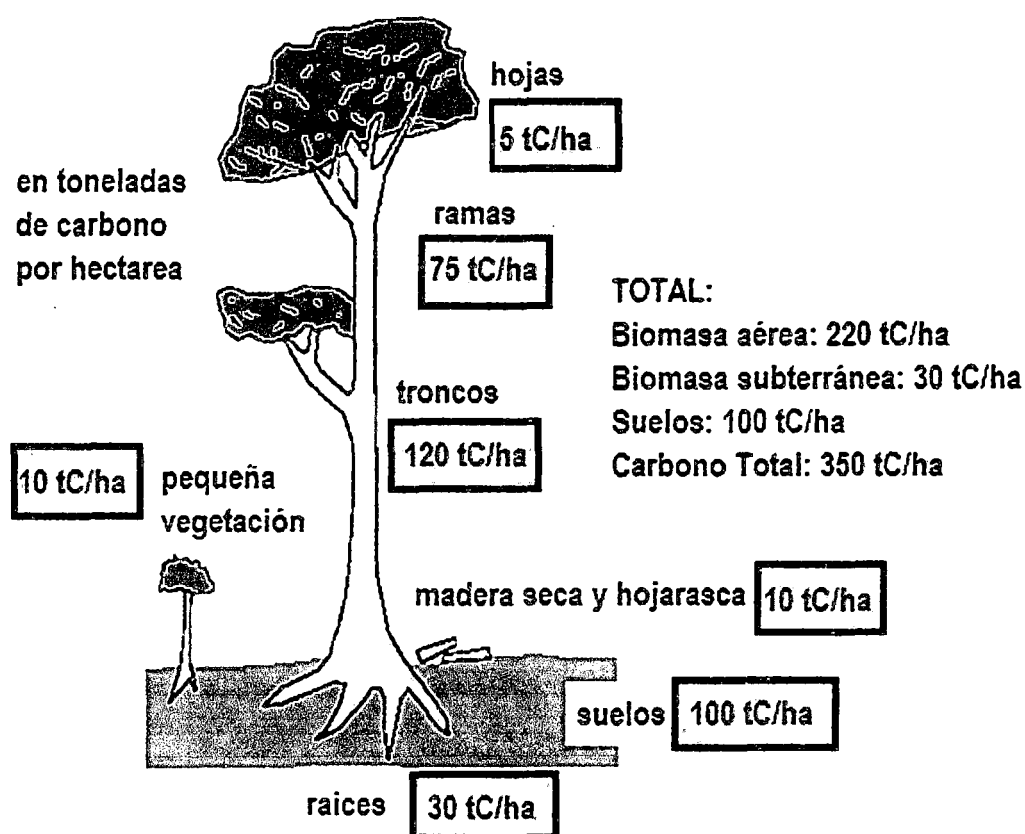
Variable	Se expresa en :	Unidades	Abreviatura	Relación con otras unidades alternativas
Área		Hectáreas	ha	1ha = 10 ⁴ m ² = 0.01km ²
Flujos de Carbono (ecosistema) Y Producción Primaria Neta (PPN)	Carbono por unidad de área incluyendo la variable tiempo	Gigatoneladas de carbono por hectárea por año	Gt C ha ⁻¹ año ⁻¹	1Gt=1,000,000,000Mg
		Megagramos de carbono por hectárea por año	Mg C ha ⁻¹ año ⁻¹	1Mg = 1,000 Kg = 1T
		Toneladas de carbono por hectárea por año	T C ha ⁻¹ año ⁻¹	1T = 1Mg = 1,000 Kg
		Petagramos de carbono por hectárea por año	Pg C ha ⁻¹ año ⁻¹	1Pg= 1 Gt
Reservas (Stocks) de Carbono	Carbono por unidad de área	Gigatoneladas Megatoneladas Toneladas Petagramos de carbono por hectárea	Gt C ha ⁻¹ Mg C ha ⁻¹ T C ha ⁻¹ Pg C ha ⁻¹	
Concentración de CO ₂	Volumen	Partes por millón	ppm	1ppm= 1 μmol C(mol aire) ⁻¹

Fuente: Modificado de Vilanova, 2007.

1.3. RESERVAS DE CARBONO EN UN BOSQUE TROPICAL

Las actuales reservas de Carbono en los bosques del mundo se estiman en 861 Toneladas, con (44 %) en el suelo y (42 %) en biomasa viva (por encima y debajo de la tierra), 8 % en madera muerta y 5 % en hojarasca. Geográficamente el 55 % está almacenado en los bosques tropicales, el 32 % en los bosques boreales y 14 % en bosques templados. Pero existe una diferencia fundamental pues los bosques tropicales tienen el 56 % de carbono almacenado en la biomasa viva y el 32 % en el suelo, mientras que los bosques boreales solo el 20 % se encuentra en la biomasa y el 60 % en el suelo. (Pan *et al.* 2011)

Figura 3: Almacenamiento de Carbono en el Bosque (valores aproximados).



Fuente: Manual de Capacitación: Medición de Carbono REDD, 2011.

Gibbs *et al.* (2007) señalan que en bosques tropicales la mayor cantidad de carbono es secuestrada en tejidos vivos sobre la superficie (por ejemplo, árboles), con stocks secundarios en suelos y desechos gruesos de madera. Los stocks de carbono en las raíces y el suelo componen en promedio un 20 % del carbono total almacenado en los bosques

tropicales y la necromasa producida por la mortalidad de los árboles compone un promedio de 10 % de la biomasa viva sobre la superficie (Brown *et al.* 1997). Durante el tiempo en que el CO₂ se encuentra constituyendo alguna estructura del árbol y hasta que es enviado nuevamente al suelo o a la atmósfera, se considera almacenado.

Los stocks y los flujos de carbono no presentan valores similares en cualquier parte de la Amazonía. Para analizar el ciclo de carbono en diferentes lugares, se debe tener en cuenta la variación de las condiciones ambientales que presenta la zona de estudio así como también la condición del bosque, se ha estimado que el carbono en la biomasa de los bosques primarios y secundarios varía entre 60 y 230 y entre 25 y 190 T ha⁻¹, respectivamente (Brown 1997), y que el C en el suelo puede variar entre 60 y 115 T ha⁻¹.

1.4. BIOMASA VEGETAL

La biomasa de las comunidades vegetales es la cantidad de material vegetal o la suma total de la materia viva que se encuentra en un ecosistema en un período determinado, expresado en peso de materia seca o verde (toneladas) por unidad de área (Brown 1997). La biomasa de la vegetación leñosa es un depósito importante de los gases de efecto invernadero (GEI) y contribuye al almacenamiento de carbono en el suelo a través de la acumulación de la materia orgánica (FAO, 1995). Es frecuente separarla en componentes, donde los más típicos corresponden a la masa del tronco, ramas, hojas, corteza, raíces, hojarasca y madera muerta.

Tabla 2: Reservorios de carbono en la vegetación.

Biomasa	Viva	Muerta
Aérea	Biomasa (troncos, ramas, hojas de vegetación leñosa y no leñosa)	Madera y hojarasca
Subterránea	Biomasa (raíces, fauna)	Carbono del suelo (incluye turba)

- **Biomasa Viva Aérea:** Abarca todos los troncos leñosos, ramas y hojas de árboles vivos, plantas rastreras, enredaderas y epífitas, así como las plantas del sotobosque y la vegetación herbácea. Es muy importante hacer notar que el componente más importante de esta fuente son los árboles. La estimación de la Biomasa Aérea de los árboles es esencial para estudios de almacenes y flujos de

carbono en los ecosistemas forestales. Por ello es necesario entender el papel que juega el aprovechamiento forestal a distintas intensidades y la dinámica de biomasa que esta perturbación genera y la respuesta de los distintos tipos de bosque.

- **Biomasa Viva Subterránea:** Abarca las raíces, la fauna del suelo y los microorganismos.
- **Biomasa Muerta:** La materia orgánica muerta (es decir, la necromasa) incluye árboles caídos y tocones, otros desechos leñosos gruesos, la capa de hojarasca y el carbón vegetal (o materia orgánica parcialmente carbonizada) sobre la superficie del suelo.
- **El carbono del suelo:** abarca el carbono orgánico, el carbono inorgánico y el carbón vegetal. El principal tipo de carbono en el suelo se encuentra en diversas etapas de humificación, y los plazos de recambio llegan hasta cientos (o incluso miles) de años.

La información de biomasa, se usa para diferentes propósitos como : a) estimación del contenido de Carbono en el Bosque ; b) cuantificación de la cantidad de nutrientes en los ecosistemas; c) determinación de la fijación de energía en ecosistemas forestales; d) descripción cuantitativa de ecosistemas y fuentes de biomasa disponibles ; e) evaluar cambios en la estructura del bosque (Brown, 1997) ; f) cuantificación de la cantidad de gases de efecto invernadero que no se libera evitando la deforestación (Brown *et al.* 2002); g) cuantificación del incremento y rendimiento de bosques y crecimiento – productividad.

1.4.1. METODOLOGÍAS PARA CUANTIFICAR LA BIOMASA

Existen dos tipos de evaluaciones de la biomasa y consecuentemente de carbono almacenado en esta, el método directo y destructivo que implica determinación de ambos parámetros y el método indirecto no destructivo que implica estimación de éstos.

Existe una distinción conceptual entre determinación y estimación. Determinación hace referencia a la medición real hecha directamente en la biomasa, donde por ejemplo se puede mencionar el pesado de un fuste entero por medio de un dinamómetro o una balanza. Cuando no se realizan estas determinaciones de manera directa sobre la vegetación forestal entonces se está en presencia de estimaciones que se llevan a cabo a partir de relaciones cuantitativas o matemáticas, como razones o regresiones. Por tal motivo la literatura hace distinciones entre los métodos directos e indirectos de evaluación de la biomasa (Sanquetta & Balbinot 2004).

1.4.1.1. METODOLOGÍAS DIRECTAS

Los métodos directos implican determinaciones, estas no son posibles en grandes extensiones forestales, siendo usadas en parcelas de muestreo en la población a fin de ajustar y calibrar modelos empleados para estimar biomasa.

Muestreo destructivo: Esta metodología está basada en la gravimetría de los diferentes componentes de un bosque usando una balanza. Se aplica generalmente para los componentes menores como: el peso de arbustos, hierbas, árboles con diámetro menor a 3 cm, madera muerta con diámetro menor a 10 cm, hojarasca y raíces finas. En el caso de los árboles de mayor tamaño, esta metodología se utiliza para obtener o verificar ecuaciones alométricas que relacionan la biomasa del árbol con variables medibles en el bosque como el diámetro del árbol, altura, etc., y luego se prueba estadísticamente cuál de las variables medidas está más relacionada con la biomasa.

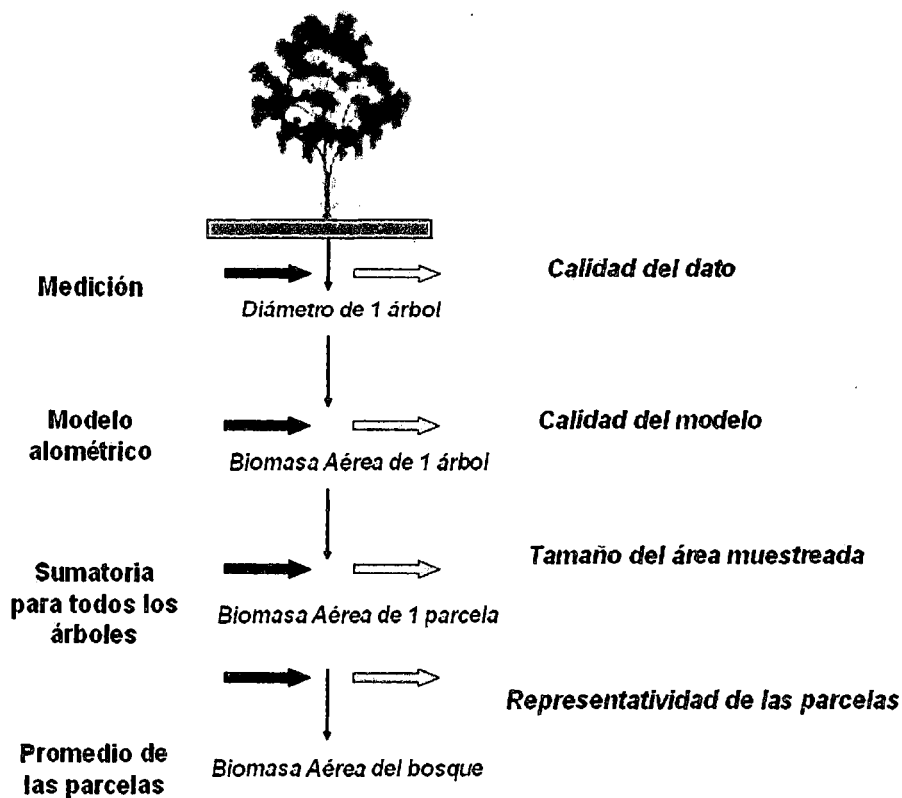
1.4.1.2. METODOLOGÍAS INDIRECTAS

Los métodos indirectos implican estimaciones que deben estar basados en datos provenientes de determinaciones. De esta forma se puede decir que la mayoría de los estudios de biomasa forestal que se realizan son estimaciones y no determinaciones.

Muestreo no destructivo: Esta metodología permite hacer estimaciones indirectas de la biomasa usando ecuaciones alométricas. El diámetro del árbol es una variable relativamente fácil de medir en campo y estima muy bien la biomasa (Chave *et al.* 2005); sin embargo, para hacer comparaciones de stock de carbono entre diferentes lugares o

tipos de bosque es necesario considerar otras variables como la altura de los individuos y la densidad de la madera. Entre las metodologías indirectas se tiene:

Figura 4: Proceso para la estimación de la biomasa aérea de los bosques tropicales a partir de la información de parcelas permanentes de muestreo.



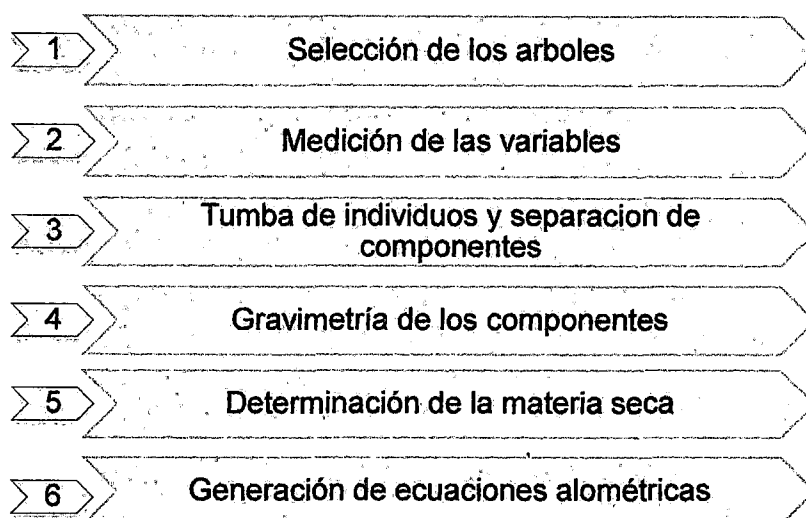
Fuente: Modificado de Chave *et al.* 2004.

1.4.1.2.1. ECUACIONES ALOMÉTRICAS

Como se mencionó, existen varios métodos para estimar la biomasa aérea, entre los métodos indirectos, el uso de ecuaciones alométricas, usadas hace décadas y probando su eficacia (Brown 1997, Chave *et al.* 2005), consideradas el método más preciso para estimar biomasa y, por lo tanto, carbono. Estas ecuaciones tienen que estar disponibles para las especies involucradas, de lo contrario deben ser generadas en un proceso de investigación que involucra un costo más a la investigación aplicando los procedimientos mostrados en la figura 5.

Cabe señalar que se puede generar ecuaciones alométricas para comunidades vegetales específicas como aguajales, varillales, etc.

Figura 5: Procedimiento para el desarrollo de la ecuación alométrica



Fuente: Rüginitz *et al.* 2009.

Una ecuación alométrica de biomasa es una herramienta matemática que permite conocer de forma simple, la cantidad de biomasa de un árbol por medio de la medición de otras variables. Las ecuaciones son generadas a partir de los análisis de regresión, donde se estudian las relaciones entre la masa (generalmente en peso seco) de los árboles y sus datos dimensionales (ej. altura, diámetro) es decir relaciona variables obtenidas en campo (de fácil medición) con características de interés, de forma que no sea necesario medir estas últimas. Dependiendo del número de variables independientes (datos dimensionales) la ecuación puede ser una regresión lineal simple (una única variable, ej. DAP) la regresión lineal múltiple (más de dos variables, ej. DAP, altura total, etc.). Las variables independientes más utilizadas son estructurales y que se pueden medir fácilmente como el DAP y la altura total. Algunas ecuaciones también consideran como variables independientes la altura comercial, volumen, densidad de la madera, entre otras.

1.4.1.2.2. ELECCIÓN DE UNA ECUACIÓN ALOMÉTRICA

Dado que la elección de un modelo o ecuación para estimar la Biomasa Aérea de árboles es crucial, porque puede ser una de las principales fuentes de error en la estimación (Clark *et al.* 2001, Sarmiento *et al.* 2005), recomiendan emplear ecuaciones generadas localmente (Araujo *et al.* 2006, Chambers *et al.* 2001).

Tabla 3: Criterios de selección de ecuaciones alométricas

Criterio	Descripción	Porque es importante este criterio
Condiciones Edafoclimáticas	Asegurar que la ecuación alométrica fue desarrollada en una región que cumple con las condiciones climáticas semejantes a la zona de estudio: Temperatura, Precipitación, Altitud, Zona de Vida, Tipo de Suelo.	Las condiciones climáticas de una región influyen la diversidad de especies arbóreas y las estrategias de crecimiento de estas. Cuanto más semejante sean las condiciones edafoclimáticas de la zona donde se desarrolló la ecuación alométrica con las condiciones de la zona de estudio actual, más precisa será la estimación de Biomasa.
Especies Utilizadas	Se debe tener un mínimo del 30 % de las principales especies utilizadas para desarrollar la ecuación alométrica entre la lista de especies del bosque al cual se quiere estimar el contenido de biomasa.	Este criterio se aplica para ecuaciones alométricas generales que estiman biomasa en bosques. Cuanto mayor el número de especies similares en nuestra área de estudio, mayor la precisión de la estimación de biomasa.
Dimensiones de los Árboles	Asegurar que los árboles seleccionados para desarrollar la ecuación alométrica tengan una amplitud de DAP y altura similar a las características de los árboles de nuestra área de estudio.	A mayor semejanza en las dimensiones de las especies y las dimensiones de nuestra área forestal, será más exacta la estimación de biomasa.
Comparar los resultados generados en al menos dos ecuaciones alométricas	Comparar las ecuaciones alométricas seleccionadas mediante los siguientes criterios: Seleccionar la ecuación con el Valor estadístico R^2 más alto. Comparar la cantidad de biomasa por hectárea. Debemos ser conservadores, seleccionando la ecuación que no subestime los datos (no necesariamente debemos seleccionar la ecuación que genere el dato más alto)	Este criterio se aplica en el caso que se tenga más de una ecuación alométrica que cumpla con los criterios anteriores. Para proyectos de carbono es mejor ser conservador en el informe de datos de biomasa (carbono). Datos muy altos de medición resultan en altos valores para los créditos de carbono que generara el proyecto, con implicaciones negativas en los cálculos financieros, pudiendo causar fracasos en el proyecto.

Fuente: Rüginitz *et al.* 2009.

Sin embargo, cuando se carece de ecuaciones locales se pueden emplear ecuaciones ya existentes, generadas en condiciones climáticas y edáficas similares a la de la zona de estudio, que pueden dar resultados muy confiables (Clark *et al.* 2001), especialmente cuando las mediciones realizadas en campo con anterioridad son similares a las estimaciones del modelo. La tabla 4 presenta las ecuaciones alométricas desarrolladas y comprobadas para los bosques tropicales.

Tabla 4: Ecuaciones empleadas para estimar la Biomasa Aérea en Bosques Tropicales. AGB: biomasa aérea de los árboles, D: diámetro (cm), Ln: logaritmo neperiano, H: altura (m), ρ : densidad de la madera (g/cm^3)

N	Ecuación	Variable	DAP mínimo	Basado (árboles)	Sitio	Referencia
1	$AGB = \sum_1^x \frac{\rho l}{0.67} \{ \exp[0.33(\ln D_i) + 0.933(\ln D_i)^2 - 0.122(\ln D_i)^3 - 0.37] \}$	Diámetro	$\geq 5 \text{ cm}$	315	Manaus, Brasil	Chambers <i>et al.</i> (2001), modificado por Baker (2004b)
2	$\langle AGB \rangle_{est} = \exp(-2.187 + 0.916 \times \ln(D^2 H)) \parallel 0.112 \times (D^2 H)^{0.916}$	Altura y diámetro	$\geq 10 \text{ cm}$	2410	Bosques secos (<1500 mm año ⁻¹)	Chave <i>et al.</i> (2005) Oecologia
3	$\langle AGB \rangle_{est} = \rho \times \exp(-0.667 + 1.784 \ln(D) + 0.207(\ln(D))^2 - 0.0281(\ln(D))^3)$	Diámetro	$\geq 10 \text{ cm}$	2410		
4	$\langle AGB \rangle_{est} = \exp(-2.977 + \ln(D^2 H)) \parallel 0.0509 \times D^2 H$	Altura y diámetro	$\geq 10 \text{ cm}$	2410	Bosques estacionales (1500 -3500 mm año ⁻¹)	Chave <i>et al.</i> (2005) Oecologia
5	$\langle AGB \rangle_{est} = \rho \times \exp(-1.499 + 2.148 \ln(D) + 0.207(\ln(D))^2 - 0.0281(\ln(D))^3)$	Diámetro	$\geq 10 \text{ cm}$	2410		
6	$\langle AGB \rangle_{est} = \exp(-2.557 + 0.940 \ln(\rho D^2 H)) \equiv 0.0776 \times (\rho D^2 H)^{0.940}$	Altura y diámetro	$\geq 10 \text{ cm}$	2410	Bosques lluviosos (>3500 mm año ⁻¹)	Chave <i>et al.</i> (2005) Oecologia
7	$\langle AGB \rangle_{est} = \rho \times \exp(-1.239 + 1.980 \ln(D) + 0.207(\ln(D))^2 - 0.0281(\ln(D))^3)$	Diámetro	$\geq 10 \text{ cm}$	2410		
8	$AGB = \exp(a + b \ln(\rho D^2 H))$ Donde para W. Amazonía a: 46.263, b: 0.0876, c: 0.6072	Altura y diámetro	$\geq 10 \text{ cm}$	814	Bosques Tropicales	Feldpausch <i>et al.</i> (2011)
9	$AGB = a + b \ln(D) + c (\ln(D))^2 + d (\ln(D))^3 + \ln(\rho)$ Donde : a: -1.8222, b: 2.3370, c: 0.1632, d: -0.0248, e: 0.9792	Diámetro	$\geq 10 \text{ cm}$	1816	Pan tropical	Feldpausch <i>et al.</i> (2012)
10	$AGB = a + b \ln(D^2 \rho H)$ Donde: a: -2.9205, b: 0.9894	Altura y diámetro	$\geq 10 \text{ cm}$	1816	Pan tropical	Feldpausch <i>et al.</i> (2012)

1.4.1.2.3. ECUACIÓN DE CHAVE

Para la determinación del AGB, se utilizan varios sistemas los cuales varían en precisión notablemente. Chave *et al.* (2005) comparan modelos alométricos sencillos en 27 sitios con bosques tropicales alrededor del mundo, con el propósito de determinar la correlación existente entre los diferentes resultados. Y propuso estimadores específicos diferentes para 4 ecosistemas tropicales (bosque seco, bosque húmedo, bosque de manglar y bosque muy húmedo). Y desarrollaron 2 ecuaciones para cada tipo de bosque. Una de ellas utiliza en valor de la altura del individuo en metros y la otra sin utilizar el valor de la altura, asumiendo que no se dispone de este valor para hacer los cálculos. (Tabla 4)

Este modelo alométrico tiene su base en los análisis desarrollados por Brown (1997) además que tiene la virtud de ser comparable con otros estudios realizados en parcelas permanentes.

Los estimadores propuestos por Chave y sus colaboradores son muy bien aceptados por su precisión ya que se valen principalmente del diámetro a la altura del pecho (DAP) medido en centímetros (cm), la altura total del individuo en metros (m) y la densidad específica de la madera (g/cm^3) son los otros de los parámetros necesarios dependiendo de la ecuación que sea elegida para las estimaciones. Las dos primeras variables son obtenidas en el campo durante el inventario y la variable de densidad básica por especie será estimada en base a información secundaria basada en referencias bibliográficas tales como: Chave *et al.* (2005) para género, familia y especie, y el promedio de la densidad de estas especies (0.64 g/cm^3) para aquellas no identificadas; otras referencias bibliográficas utilizadas serán de Baker (2004b).

1.5. RELACIÓN BIOMASA - CARBONO

La habilidad de cuantificar de manera precisa la cantidad de carbono almacenada y secuestrada en los bosques es un tema sustancial en la agenda del Convenio Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático (UNFCCC) dada su importancia en el ciclo del

carbono en la Tierra, particularmente en la mitigación de emisiones (Brown, 2002). La captura de carbono es la extracción y almacenamiento de carbono de la atmósfera en sumideros de carbono a través de la fotosíntesis. Los árboles absorben dióxido de carbono (CO₂) atmosférico junto con elementos en suelos y aire para convertirlos en biomasa. Aproximadamente 42 % a 50 % de la biomasa de un árbol es carbono (Gibbs *et al.* 2007). Es común utilizar un factor de 0,5 ya que, en promedio, la materia vegetal seca contiene un 50 % de carbono (MacDicken, 1997; Brown *et al.* 2005; IPCC, 2007).

El carbono es un indicador fundamental para analizar la integridad de un ecosistema y la provisión de bienes y servicios ambientales. Este es sensible a los efectos directos de la deforestación y la degradación, así como en los impactos esperados por anomalías climáticas y las posibles alteraciones en la productividad de los ecosistemas. (REDD, 2011)

1.6. PARCELA PERMANENTE

La parcela permanente se establece con el fin de mantenerse indefinidamente instalado en el bosque y cuya adecuada demarcación permita la ubicación exacta de sus límites y puntos de referencia a través del tiempo, así como de cada uno de los individuos que la conforman, donde todos los árboles existentes han sido identificados, medidos y etiquetados, los cuales se evalúan periódicamente permitiendo obtener la mayor información posible. (Aguilar & Reynel, 2009)

Las parcelas permanentes son usadas para medir los flujos de carbono en áreas de muestreo definidas. Las mediciones son repetidas en el tiempo con el fin de calcular la fijación o pérdida de carbono debido a la productividad, mortalidad y respiración. El crecimiento o productividad suele estimarse midiendo los parámetros directamente, por ejemplo: el crecimiento de los árboles se estima midiendo el diámetro, la producción de hojas se estima recolectando las hojas que caen del dosel, la producción de raíces colectando las raíces en volúmenes determinados de suelo, etc. La mortalidad se estima con la pérdida de árboles en la parcela, la caída de ramas, hojas, entre otros. (Honorio & Baker, 2010)

1.6.1. PARCELAS PERMANENTES DE MUESTREO RAINFOR

RAINFOR (Red Amazónica de Inventarios Forestales) es una red internacional de Parcelas Permanentes de Muestreo a largo plazo (PPM) establecidas para monitorear, entender y predecir como los diferentes bosques Amazónicos responderán a un cambio climático, y para comprender los patrones espaciales y temporales de la dinámica del bosque, monitorear biomasa y los stocks y flujos de carbono y relacionarlos con el clima y el suelo. Para tal fin, RAINFOR reúne investigadores de toda la Amazonía, que mantienen parcelas de bosque de muestreo permanente. Compilando y comparando estos estudios a una escala regional, un nuevo conjunto de información se pone a disposición para poder proporcionar conocimientos vitales dentro de los mecanismos subrayando las respuestas actuales de los ecosistemas Amazónicos al clima y al posible futuro de Amazonía bajo escenarios de cambios globales.

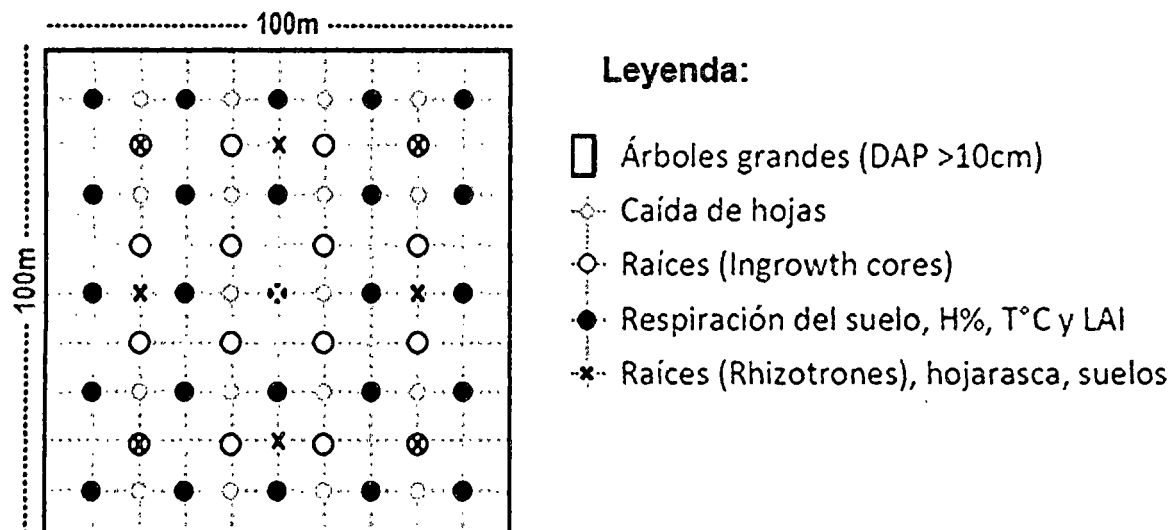
La primera campaña de campo de RAINFOR se realizó en el año 2001 (Malhi *et al.* 2002), durante la cual se re-midieron menos de 100 parcelas. Actualmente la red cuenta con más de 200 parcelas. El incremento en el número de parcelas refleja: 1) la incorporación de nuevos participantes a la red, los cuales inicialmente establecieron parcelas de manera independiente en el pasado para investigar aspectos ecológicos y de manejo forestal, y 2) el establecimiento de nuevas parcelas RAINFOR.

Dentro de las parcelas, son evaluados diferentes componentes que son monitoreados en el tiempo (Phillips *et al.* 2009b), los cuales se presentan en la figura 6, para lo cual se estandarizo las metodologías de los protocolos de campo.

Para facilitar el acceso a la información colectada por la red se desarrolló la base de datos y aplicación Foresplots.net (Lopez-Gonzalez *et al.* 2010). ForestPlots.net permite a los usuarios manejar su información en línea de manera segura, y promueve el intercambio de información entre la comunidad científica.

Algunos de los principales descubrimientos de RAINFOR incluyen: 1) el incremento en biomasa en el Amazonas; 2) la diferencia en las tasas de recambio y biomasa entre la región Occidente y los bosques del Centro-Este; 3) cambios a largo plazo en la densidad de lianas, e incrementos en la mortalidad a corto plazo en respuesta a la sequía. (Lopez- González & Phillips, 2012)

Figura 6: Estructura de una parcela permanente y ubicación de diferentes componentes a ser evaluados.



Fuente: www.rainfor.org, 2013

RAINFOR en Perú tiene instalados 54 parcelas permanentes ubicadas en diferentes tipos de bosques a diferentes altitudes y cada uno con una composición florística particular en el norte, centro y sur de la Amazonía Peruana que están siendo evaluados periódicamente, los rangos de altura de las parcelas están entre: 98 y 3170 de altitud. (Forestplots.net. 2013)

1.6.2. CONCEPTOS BÁSICOS APLICADOS EN PARCELAS PERMANENTES

1.6.2.1 ÁRBOL

Planta leñosa perenne con un solo tallo principal o, en el caso del monte bajo, con varios tallos, con una copa más o menos definida. Incluye los bambúes, palmeras y otras plantas leñosas que cumplan los criterios señalados. (FAO, 1998)

Font Quer (1985) lo define como: Vegetal leñoso, por lo menos de 5 m de altura, con el tallo simple (en este caso denominado tronco) hasta la llamada cruz, en que se ramifica y forma la copa, de considerable crecimiento en espesor. Se diferencia del arbusto en que se cría más alto y no se ramifica hasta cierta altura.

1.6.2.2 BOSQUE

Font Quer (1985) lo define :(del latín *boscus*). Sitio poblado de arboles y mata.

Según el Ministerio de Agricultura del Perú toma el concepto de Brack ,2009 que define: Los bosques son complejos ecosistemas de seres vivos que incluyen microorganismos, vegetales y animales que se influyen mutuamente y se subordinan al ambiente dominante de unos árboles que se extienden en áreas mayores a media hectárea, superan (o pueden superar) los dos metros de altura y tienen una cubierta de más del 10% del área que ocupan. Se sabe que casi dos tercios de la superficie peruana están cubiertos de bosques variados del cual el 73.41 % corresponde a bosques de selva baja.

Según la FAO (1998) la define como: Tierra con una cubierta de copas (o densidad de masa equivalente) en más del 10 por ciento de la superficie y una extensión superior a 0,5 ha. Los árboles deben poder alcanzar una altura mínima de 5 m en el momento de su madurez in situ, definición que también es usada para las negociaciones en torno al cambio climático, en este contexto los bosques son ecosistemas clave para adaptarnos al cambio climático, así como para contribuir a la mitigación de este fenómeno global, fundamentales para la provisión de agua, además su pérdida produciría la liberación del carbono que almacenan, lo que exacerbaría el cambio climático, con consecuencias nefastas para el planeta.

Para actividades MDL (Mecanismo de Desarrollo Libre) de forestación y reforestación el Perú ha definido sus bosques con las siguientes características:

- Cobertura arbórea mínima de 30%
- Área mínima de 0.5 Hectáreas
- Altura arbórea mínima de 5 metros.

Comprende formaciones forestales densas, donde los árboles de diversos pisos y el sotobosque cubren gran parte del terreno; o formaciones forestales claras, con una cubierta de vegetación continua donde la cubierta de copas cubre más del 10 por ciento de la superficie. Dentro de la categoría de bosque se incluyen todos los rodales naturales jóvenes y todas las plantaciones establecidas con fines forestales.

El término “bosque” es luego subdividido, de acuerdo con su origen (FAO, 1998) en:

➤ Los **bosques primarios** o naturales están compuestos por especies nativas de árboles. No presentan huellas evidentes de la actividad del hombre y sus procesos ecológicos no se han visto alterados de una forma apreciable.

➤ Los **bosques secundarios** se regeneran en bosques autóctonos que han sido despejados por causas naturales o artificiales, como la agricultura o la ganadería. Representan una importante diferencia en la estructura forestal y/o en la composición de las especies respecto a los bosques primarios. La vegetación secundaria suele ser inestable y representa estados de sucesión.

➤ Mientras que los **bosques plantados** se subdividen a su vez en: a) “establecidos artificialmente por forestación de tierras donde antes no había bosques que se recuerde” b) “establecidos artificialmente por forestación de tierras que antes eran boscosas; repoblación que lleva consigo la sustitución de las especies autóctonas por especies o variedades genéticas nuevas o esencialmente diferentes”.

1.6.2.3 COMPOSICIÓN FLORÍSTICA

De acuerdo a Font Quer (1985), se trata de una comunidad vegetal, el detalle de las distintas estirpes o especies que la constituyen.

La composición de un bosque se enfoca como la diversidad de especies de un ecosistema lo cual se mide por su riqueza, representatividad y heterogeneidad resultando de procesos que operan a distintas escalas espaciales y temporales, estos procesos actúan como filtros que seleccionan a aquellas especies que poseen las características adecuadas para soportarlos (Díaz *et al.* 1998).

Casi todos los trabajos de composición florística, se centran en árboles, pues éstos, además de constituir la mayor parte de la biomasa del bosque, determinan en gran parte su estructura y funcionamiento (Berry 2002).

Cualquier estudio florístico en los países tropicales, tardará mucho tiempo en ser completamente conocida por la gran diversidad que alberga, por eso se requiere analizar la vegetación a fin de obtener suficiente información para mejorar el manejo y utilidad de los recursos naturales del bosque (servicios ambientales importantes). Los estudios sobre la composición florística es una excelente contribución al conocimiento de la sistemática de las plantas vasculares en general, además que permite comparar con otras floras locales (Vásquez *et al.* 2003)

1.7. DINÁMICA DE BOSQUES TROPICALES

Los ecosistemas no son entidades estáticas, al contrario, mantienen un continuo proceso de transferencia de materia y energía. Ese flujo es ajustado o readaptado ante cualquier variación del ambiente que incida sobre ellos. Salvo que la variación sea desproporcionada, por ejemplo por efecto de la acción del hombre, el ciclo se mantendrá estable dentro de unos parámetros máximos y mínimos de sucesión ecológica. (Odum 1986)

El estudio de la dinámica vegetal se concentra en los cambios de las poblaciones, especies o comunidades de plantas en el tiempo. Todo ello es expresión de la evolución en el tiempo y en el espacio de la composición de los ecosistemas, bajo la influencia de factores como: la polinización, la diseminación, germinación como eventos cotidianos influyentes, al igual que la mortalidad y caída de grandes árboles del dosel, presencia de ríos o riachuelos y parámetros antrópicos.

Los bosques húmedos tropicales son sistemas dinámicos, descritos como mosaicos de parches de tamaños y etapas diferentes de regeneración, originados especialmente por la

caída de árboles que juegan un rol importante en la producción de claros los que condicionan la estructura del bosque (Asquith, 2002).

Odum (2007) menciona que una población tiene diversas propiedades que son singulares del grupo y no son características de los individuos que se agrupan. Algunas de estas propiedades son: densidad, natalidad (tasa de natalidad), mortalidad (tasa de mortalidad), distribución por edades, potencial biótico, dispersión y formas de crecimiento. Asimismo indica que cada nivel jerárquico de las poblaciones posee propiedades únicas que lo caracterizan. Por ejemplo, las tasas de natalidad y mortalidad son atributos demográficos que caracterizan a las poblaciones y carecen de significado cuando se los trata de aplicar a un nivel inferior como el del individuo.

La comprensión de la dinámica de un bosque natural, es un insumo básico para la planificación y gestión forestal, asimismo para poder entender las tendencias actuales y futuras del ciclo global del carbono se requiere cuantificar los cambios temporales de las reservas y flujos de carbono en los diferentes ecosistemas y en especial en los boscosos. (Baker et al., 2003, Condit, 1998; Malhi *et al.* 2004)

Entre los procesos más importantes que se presentan en los bosques húmedos tropicales se pueden mencionar la mortalidad y el reclutamiento de árboles.

1.7.1. RECLUTAMIENTO

Swaine, citado por Londoño y Jiménez (1999), indica que el reclutamiento cuantifica la capacidad que tiene un bosque de incrementar el número de individuos; es una manifestación de la fecundidad de las especies y del crecimiento y sobrevivencia de los juveniles, constituyendo uno de los aspectos dinámicos más importantes de una población. Para determinar el reclutamiento se considera el número de árboles que alcanzaron el DAP mínimo de 10 cm entre dos mediciones. Según Ramírez *et al.* (2002), el porcentaje de reclutamiento por periodo se calcula por la diferencia entre el número de árboles reclutados y el número de árboles en el inicio del periodo.

1.7.2. MORTALIDAD

La mortalidad se refiere al número de árboles que fueron medidos inicialmente y que murieron durante el período de crecimiento considerado. La mortalidad puede ser causada por diversos factores, como ser: edad o senilidad; competencia; enfermedades o plagas; condiciones climáticas adversas; fuego, anillamiento, envenenamiento y corte del árbol (Sanquetta, 2004).

Aguilar *et al.* (2009), resaltan que en bosques tropicales, el patrón de mortalidad natural a través del tiempo y en el espacio está fuertemente relacionado a la longevidad de los árboles; distribución en clases de tamaño; abundancia relativa de las especies; y tamaño y número de aberturas (claros) en el dosel del bosque. El mismo autor resalta también, que en relación al porte de los individuos, algunos estudios reportan que especies emergentes presentan una tasa anual de mortalidad más baja, en cuanto que las especies propias del sub-bosque presenta tasas más altas; y otros estudios, consideran apenas individuos con DAP superior a 10 cm, no encontrando ninguna diferencia significativa respecto a la mortalidad por clases de tamaño.

Para Lugo & Scatena en 1996, la mortalidad en los árboles ocurre en diferentes escalas de intensidad, de espacio y de tiempo, y es el reflejo de procesos endógenos (ej. Senescencia) y de disturbios exógenos (ej. Lluvia y erosión del suelo, sequía etc.). Según estos autores se puede precisar cuatro causas fundamentales de mortalidad de los árboles: la primera se debe a procesos endógenos, genéticamente dados, que condicionan la senescencia. La segunda se representa por la acción de sustancias tóxicas, agentes patógenos, parásitos o consumidores y puede ser súbita o gradual, y ocurrir local o masivamente. La tercera, es ocasionada por cambios en el ambiente que reducen o eliminan una entrada necesaria de materia o energía. La cuarta causa se representa cuando un bosque es impactado mecánicamente o químicamente por una fuerza externa (ej. huracán, incendios, derrame de petróleo, deslizamientos, etc.). Cada causa tiene diferente periodicidad y opera en escala espacial distinta.

Una función de la mortalidad permite predecir el número de árboles sobrevivientes después de cierto periodo de tiempo. Los parámetros más usados en estas funciones han sido la edad y el número de árboles. El modelo más empleado para determinar la mortalidad es la que determina la mortalidad en términos del número de árboles sobrevivientes al final de cierto periodo de tiempo, a partir de ecuaciones diferenciales. (Aguilar & Reynel, 2009).

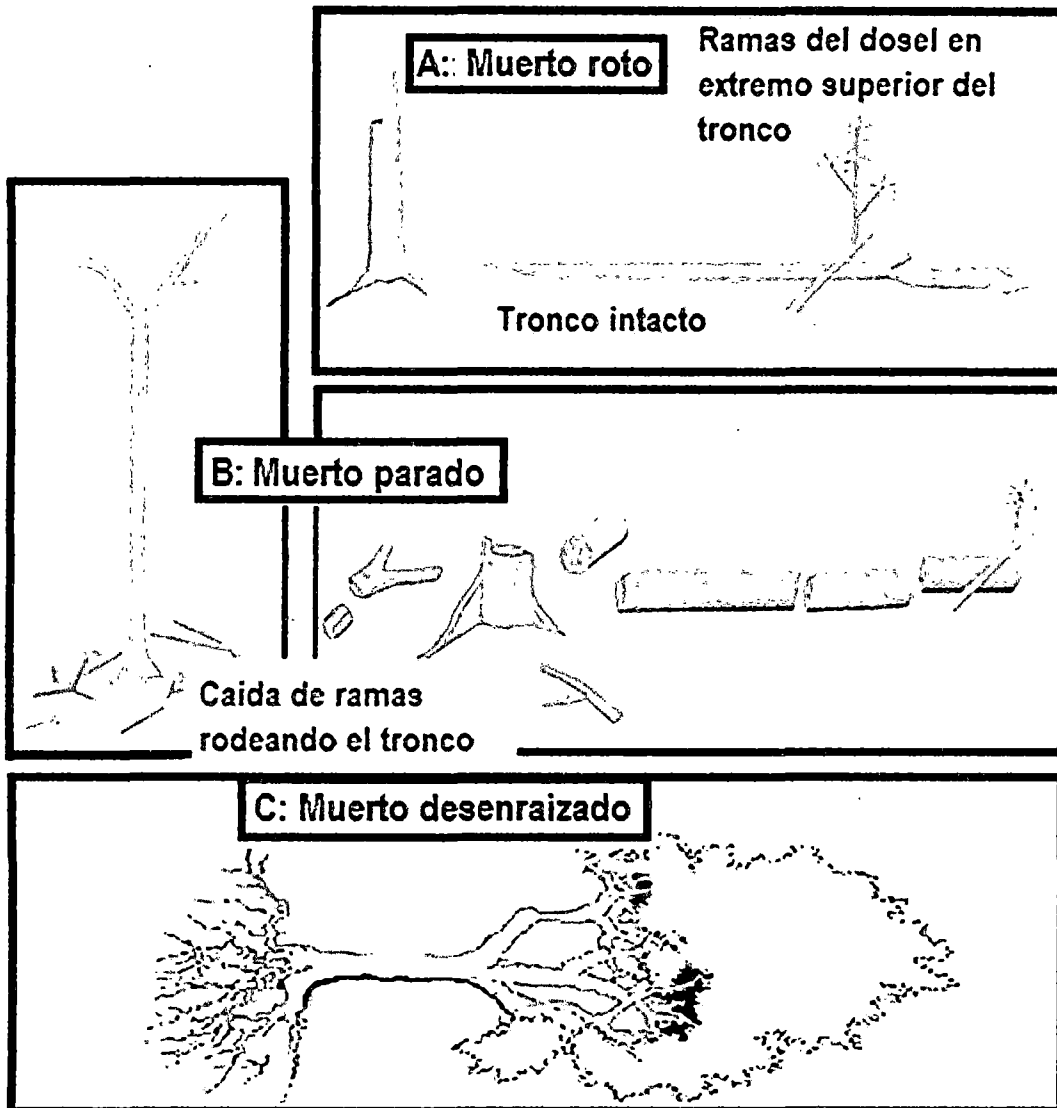
1.7.2.1. TIPOS DE MORTANDAD DE ÁRBOLES

Es interesante conocer por qué motivos y como mueren los árboles; primero, el modo de mortandad refleja factores causales subyacentes, que contribuyen a la muerte del árbol (Putz 1983, Arriaga 2000). Segundo, el modo en que muere el individuo que también afecta la subsiguiente dinámica forestal, incluida la mortalidad, regeneración y crecimiento del ecosistema, y potencialmente su composición florística y su diversidad (Phillips *et al.* 1994, Arriaga 2000). Los tipos de mortandad de los árboles individuales pueden categorizarse en “muertos en pie”, “desraizados”, o “quebrados”.

- **Muertos en Pie:** Normalmente originan claros pequeños, y una vez que el tronco está suficientemente descompuesto, se desintegrará gradualmente y caerá desperdigado alrededor del árbol. Este tipo de claros favorece la regeneración de especies tolerantes a la sombra o se pueden recuperar por expansión de las copas adyacentes (Whitmore 1978). Un árbol puede “morir en pie” como resultado de senescencia intrínseca, agentes bióticos extrínsecos, como sombra por competencia en el dosel y lianas en estratos superiores y ataques de patógenos, o por perturbaciones fisiológicas abióticas extrínsecas como rayos, sequía e inundaciones (Swaine *et al.* 1987).
- **Muerto desenraizado:** está sujeto a fuerzas laterales en el tronco (caídas de otros árboles o perturbaciones catastróficas como vientos o huracanes) que superan la capacidad de amarre en el suelo por parte de las raíces, pero no rompen el tronco (Putz 1983). Esta mortandad puede perturbar las capas de suelo y provocar inversiones en los horizontes edáficos, lo cual, a su vez, altera el micro-ambiente y

tiende hacia la selección de semillas pioneras del banco del suelo, como las futuras germinadoras (Putz 1983).

Figura 7: Tipos de Mortandad de Árboles.



Fuente: Modificado de Gale & Hall, 2001.

- **Muertos quebrados o rotos:** Por fuerzas laterales sobre el tronco de un árbol vivo que no son suficientemente fuertes para dislocar y romper las raíces inferiores, debido a su débil densidad o a su estructura desequilibrada (Putz 1983), en este caso el resto del tronco remanente puede permitir que el árbol roto rebrote. La copa caída

de un árbol quebrado, comparado con todo el tronco de un individuo desenraizado, tiene menor impacto en el bosque. Además, la regeneración de la vegetación se da con menor frecuencia en claros de dosel originados a partir de árboles quebrados que en claros de árboles desenraizados, debido a la falta de perturbación edáfica (Putz, 1983, Arriaga, 2000).

Pero además se debe tener en cuenta a los individuos “desaparecidos”, cuando en procesos de monitoreo no se encuentra a un individuo que aparece en los registros anteriores y no hay evidencia de fragmentos en estado de descomposición, “indeterminados” este tipo de mortalidad cobija a los individuos que no pueden ser clasificados en las anteriores categorías.

1.7.3. CRECIMIENTO DIAMETRICO

Se refiere al aumento observado en la dimensiones de un determinado atributo de un árbol o rodal, por unidad de tiempo. La tasa de crecimiento diamétrico varía significativamente entre comunidades, entre diferentes especies arbóreas e inclusive entre individuos de una misma especie. También varían en relación con la edad, tamaño y las condiciones microclimáticas del sitio. La misma especie arbórea puede mostrar diferentes comportamientos bajo condiciones distintas (Lewis *et al.* 2004). Las variaciones entre especies y entre individuos de una misma especie reflejan frecuentemente grandes diferencias genéticas (Swaine *et al.* 1987).

Baker *et al.* 2003, estudió las variaciones de las tasas de crecimiento en árboles de bosques tropicales combinando efectos de composición de grupos funcionales y disponibilidad de recursos. Hallando que las tasas de crecimiento reflejan las diferentes estrategias de sobrevivencia, la cual podría determinar los límites de distribución de las especies y el control del balance de carbono. El incremento del diámetro arbóreo puede asumirse como indicador para analizar, monitorear y modelar la dinámica forestal. Este incremento se calcula frecuentemente a partir de mediciones sucesivas en áreas fijas de los árboles en parcelas permanentes de muestreo, como el caso del presente estudio

1.8. CAMBIO CLIMATICO Y BOSQUES TROPICALES

El calentamiento global es producido por el incremento en la concentración de diversos gases en la atmósfera, conocidos como de efecto invernadero, entre los que destacan: el bióxido de carbono (CO₂), el metano (CH₄), el óxido nitroso (N₂O), el ozono (O₃), el bióxido de azufre (SO₂) y los clorofluorocarbonos (CFC). El hecho fundamental es que sin esos gases, que actúan como un cobertor natural alrededor de la Tierra, la radiación infrarroja térmica solar absorbida por la Tierra se disiparía y la temperatura de su superficie se reducirá en 33° C (IPCC, 2007).

Según IPCC (2007) la temperatura promedio de la superficie terrestre aumentó 0.6 ± 0.2 °C en los últimos 100 años. Este incremento se debe al aumento de la concentración de los GEI. Se estima que el CO₂ es el responsable del 71.5 % del efecto invernadero. El uso de combustibles fósiles y el cambio en el uso del suelo son considerados, a nivel mundial, como las dos principales fuentes netas de CO₂ en la atmósfera, relacionadas con el cambio climático global.

Los impactos en los ecosistemas forestales, son entre otros: a) el aumento de temperatura en aproximadamente 0,25 °C por década en la cuenca del Amazonas durante los últimos 30 años. b) los niveles de CO₂ han aumentado en aproximadamente un 35 % en comparación con época pre-industrial y la superficie de la radiación solar ha variado; c) incremento de incendios forestales; d) cambios en las zonas de vida de Holdridge; e) mayor presión humana por buscar sobrevivencia, f) mayor producción/extracción de productos forestales (madera, leña, etc.) por consecuencia cerca del 20% de las emisiones de CO₂ son resultado de la eliminación, degradación y transformación de los bosques. (IPCC 2007).

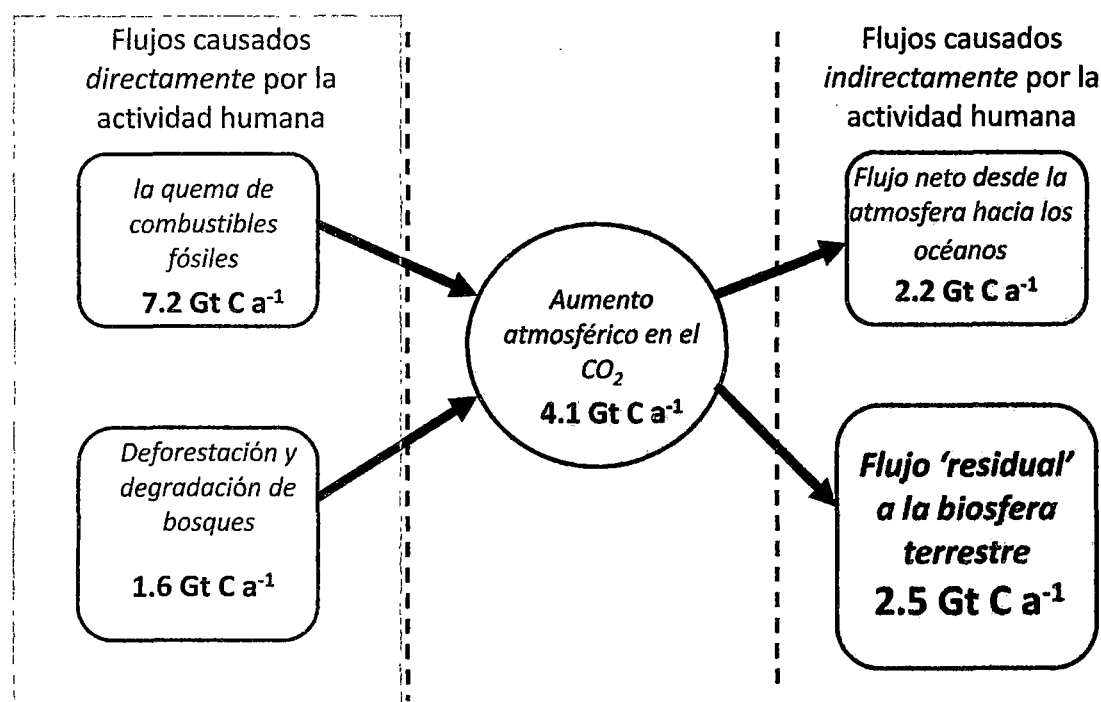
Si bien no ha habido ningún cambio significativo en la precipitación anual (Malhi & Wright, 2004), si se generalizó las sequías (Marengo *et al.* 2008; Phillips *et al.* 2009b) y la intensidad de la estación seca puede haber aumentado en el sur de la Amazonía. Incluso la distribución de la vegetación y la extensión también puede verse afectada inducidos por

cambios en la temperatura, cambios en el funcionamiento de plantas así como por los cambios en el nivel de CO_2 atmosférico y la radiación.

Es por eso que la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático (CMNUCC) realizada en 1992, a través del Protocolo de Kyoto estableció que existen dos estrategias para enfrentar los cambios climáticos globales: mitigación y adaptación. La primera considera la reducción y remoción de emisiones y la segunda supone la adopción de nuevas fuentes de energía, de tal modo se constituyó la importancia de los bosques para la mitigación del cambio climático por su rol como sumideros de carbono.

La preocupación mundial por tratar de mitigar los efectos causados por las actividades humanas sobre los ecosistemas naturales ha dado lugar a diferentes propuestas y/o alternativas; por ejemplo, los sistemas de incentivos (débitos y créditos) están siendo manejados como uno de los esfuerzos internacionales para la promoción de modelos de desarrollo que contemplen usos de la tierra para la absorción de carbono. (REDD, 2011.)

Figura 8: Flujos de Carbono por la actividad humana.



Fuente: Adaptado de IPCC, 2007 por Phillips, 2012

Muchos estudios han resaltado la vulnerabilidad de los bosques tropicales a los efectos adversos del cambio y de la variabilidad climática (IPCC 2007). Hasta ahora, la relevancia de los bienes y servicios que los bosques proveen a la sociedad, no han sido expresamente incluidas en una política orientada a la adaptación al cambio climático. Sin embargo, los impactos de tal cambio sobre los bosques aumentarán la vulnerabilidad de grandes segmentos de la sociedad que dependen de los servicios ecosistémicos para su bienestar.

1.9. SENSIBILIDAD DEL BOSQUE AMAZÓNICO A LA SEQUIA

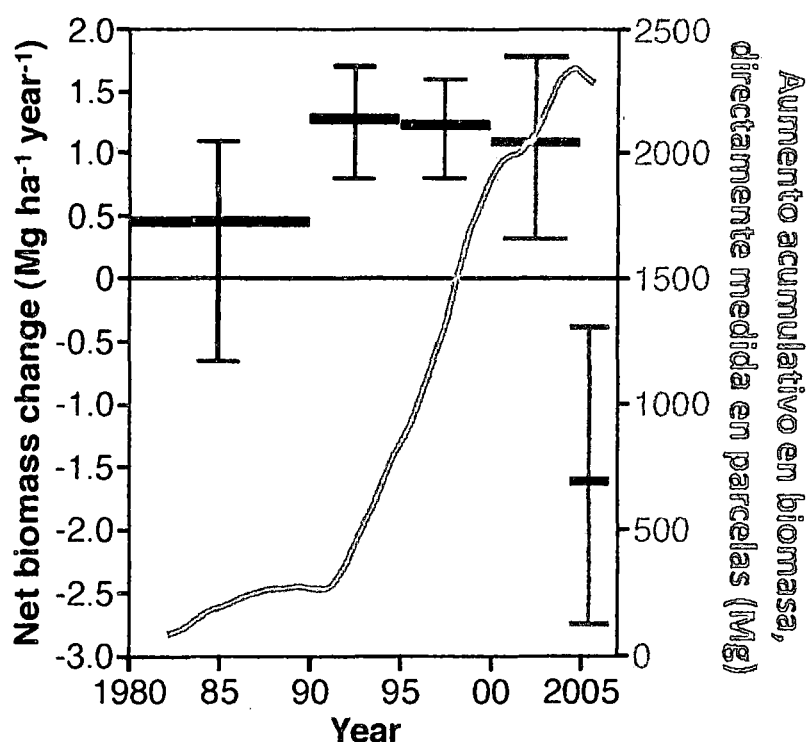
Las distribuciones de los árboles neotropicales reflejan su sensibilidad a la sequía por ello se supone que cualquiera de los impactos de la sequía serán experimentados por las plantas como una función de salida relativa desde sus condiciones medioambientales a largo plazo, entonces cambios pequeños en la dinámica del bosque son capaces de impactar sustancialmente en la concentración de CO₂ atmosférico. (Phillips *et al.* 2009c).

La región del Amazonas ha sufrido dos graves sequias en el corto lapso de cinco años, 2005 y 2010. Se pudo dar cuenta de la magnitud de estos eventos sobre los bosques tropicales poniendo a flote su grado de sensibilidad, por tanto, los bosques que funcionan como sumideros de carbono podrían disminuir su efecto o invertirse y posiblemente ocurra un aumento de los niveles de dióxido de carbono. (Lewis *et al.* 2011)

En el 2005 grandes áreas de la cuenca del Amazonas experimentaron una de las más intensas sequias de los últimos 100 años, este acontecimiento no fue causado por El Niño, como es a menudo para la Amazonía, sino por las elevadas temperaturas de la superficie marina del Atlántico Norte Tropical, afectando dos tercios del sur del Amazonas y especialmente el sudoeste de la Amazonía (el suroeste de Brasil, el norte de Bolivia, y el sureste peruano, Madre de Dios fue fuertemente afectado), a través de la disminución de las precipitaciones, observándose también temperaturas por encima de la media. (Marengo *et al.* 2008),

RAINFOR hizo un censo de emergencia en parcelas de la amazonía para valorar el impacto de la sequía, relacionando el cambio en las dinámicas de la biomasa con los cambios en el estrés a la humedad., en el cual se puede ver que la sequía coincidió con la primera disminución sustancial en biomasa medida en parcelas amazónicas desde que las mediciones comenzaron. (Phillips *et al.* 2009c)

Figura 9: Cambio neto de biomasa medido en la Amazonía, intervalo a intervalo desde 1980.



Donde: La línea roja (derecha) representa el total acumulado de incremento de biomasa en los árboles de la Amazonía de >10cm de diámetro. Las distribuciones negras y azules (izquierda) representan la media para el cambio intervalo a intervalo de la biomasa sopesado con el esfuerzo de muestreo. Las distribuciones negras indican periodos predefinidos (1980-1989, 1990-94, 1995-99) donde la expansión cronológica de cada cubo representa el intervalo de medias-fechas que cae en cada periodo. Las distribuciones azules alinean intervalos con el acontecimiento de sequía de 2005 para revelar su impacto, contrastando todas las mediciones pre-sequía de 2000-04 con todas las parcelas secas monitorizadas en 2005. Fuente: Phillips *et al.* 2009c

Normalmente los bosques amazónicos absorben alrededor de dos billones de toneladas de dióxido de carbono, almacenando 120 Pg de Carbono en su biomasa anualmente. La sequía

causó una pérdida de más de 3 billones de toneladas. El impacto total de la sequía fue 5 billones de toneladas extra de dióxido de carbono en la atmosfera. (Phillips *et al.* 2009c) el tercero más grande en el record global.

Estas pérdidas fueron dadas por incrementos ocasionales de gran mortalidad y por descensos pequeños pero ampliamente extendidos en el crecimiento, siendo los árboles de crecimiento rápido y de manera ligera los más vulnerables a la sequía por cavitación o falta de carbono. En el Perú las especies especialmente vulnerables fueron palmeras como *Iriartea deltoidea* y *Socratea exorrhiza*, aparentemente la sequía en la Amazonía mata de forma selectiva, y por lo tanto puede también alterar la composición de la especies, apuntando a potenciales consecuencias de futuros acontecimientos de sequía sobre la diversidad en la región de la Amazonía. (Phillips *et al.* 2009c)

El 2010 otra sequía severa afectó la amazonía con un mayor impacto, presentó la escases de lluvias sobre una extensión de 3 millones de kilómetros cuadrados, frente a los 1,9 millones de kilómetros cuadrados afectados por la sequía del 2005. Visualmente secó grandes ríos en la selva amazónica y aisló a miles de personas que dependen del transporte fluvial, aislando poblaciones.

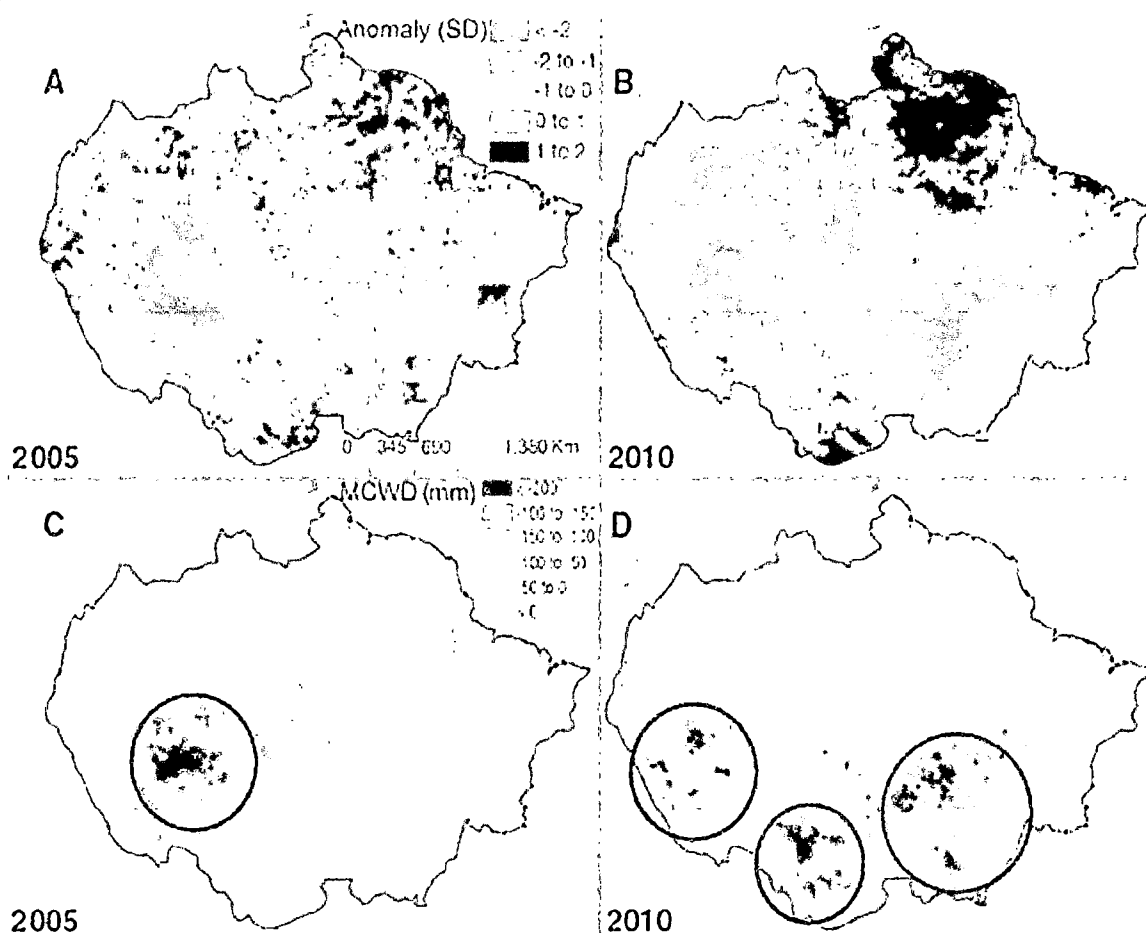
La NASA el 2010 con imágenes de satélites valorizó la reducción de la vegetación de la amazonía en aproximadamente 1.5 millones de km² siendo cuatro veces superior al área afectada en el 2005, estos cálculos con ayuda de imágenes satélites que usan los niveles de verdor de la vegetación vista desde el espacio. (Figura 10)

La sequía del 2010 también fue más intensa, por lo que causó una mayor mortalidad de árboles y tuvo tres grandes epicentros, afectando a una gran área que cubre el noroeste, centro y sudoeste de la Amazonía, incluyendo partes de Colombia, Perú y norte de Bolivia. El estudio hecho por Lewis *et al.* 2010 predice que la selva amazónica no pudo absorber sus 1500 millones de toneladas usuales de dióxido de carbono de la atmosfera en el 2010 y el 2011. Además que los árboles muertos o en descomposición liberaran 5000 millones de toneladas de gas en los próximos años, con un impacto total de alrededor de 8000 millones

de toneladas. Además, podría ser que muchos de los árboles susceptibles fueron exterminados en el 2005, lo cual reduciría el número de los que murieron el 2010 y por otro lado, la primera sequía podría haber debilitado un gran número de árboles y terminando de morir en la sequía del 2010 aumentando la cifra de los que se perdieron en el 2010.

Lewis *et al.* 2010, sostienen que las emisiones combinadas causadas por las dos sequías probablemente fueron suficiente para cancelar el carbono absorbido por la selva en los últimos 10 años, invirtiendo bruscamente décadas de absorción de carbono.

Figura 10: Imágenes satelitales mostrando las anomalías de precipitación en los años 2005 y 2010



Donde: (A y B) Imágenes de Satélite, mostrando las anomalías en la precipitación en las dos más fuertes sequías del siglo 21. (C y D) Diferencias en 12 meses (Octubre a Setiembre), con el máximo déficit de agua correlacionado con la mortalidad de árboles, mostrando la intensidad de la sequía en el 2005 y 2010 respectivamente. (A y C) muestra la sequía del 2005; (B y D) muestra la sequía del 2010. Fuente: Lewis *et al.* 2010

CAPITULO II

ÁREA DE ESTUDIO

2.1. UBICACIÓN

El estudio se llevó a cabo en la red de parcelas permanentes establecidas por RAINFOR en las inmediaciones del Albergue Explorer's Inn, en la margen derecha del río Tambopata cerca de la desembocadura del Río La Torre dentro de la Reserva Nacional Tambopata, en la provincia de Tambopata del departamento de Madre de Dios

2.1.1. Ubicación Política

Región: Madre de Dios

Provincia: Tambopata

Distrito: Tambopata

2.1.2. Ubicación Geográfica

La red de Parcelas Permanentes se ubica entre las coordenadas:

Latitud: -12.825681 °S y - 12.844113 °S

Longitud: -69.261033° W y - 69.296014 °W

Altitud mínima: 197 m; Altitud máxima: 225 m

2.1.3. Ubicación Hidrográfica

Vertiente : Atlántico

Cuenca Mayor : Amazonas

Cuenca Mediana : Río Madre de Dios

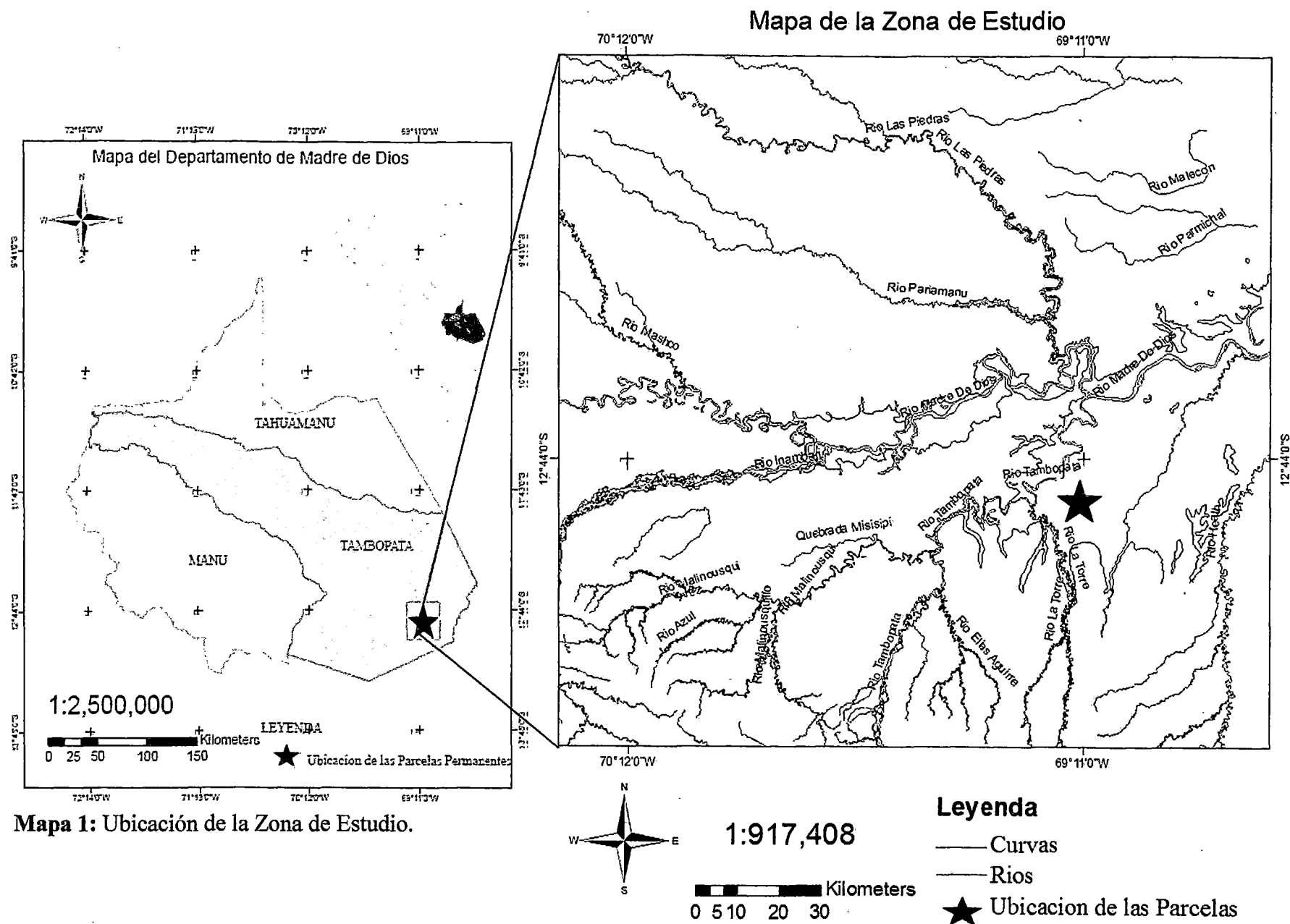
Cuenca : Río Tambopata

2.2. LIMITES

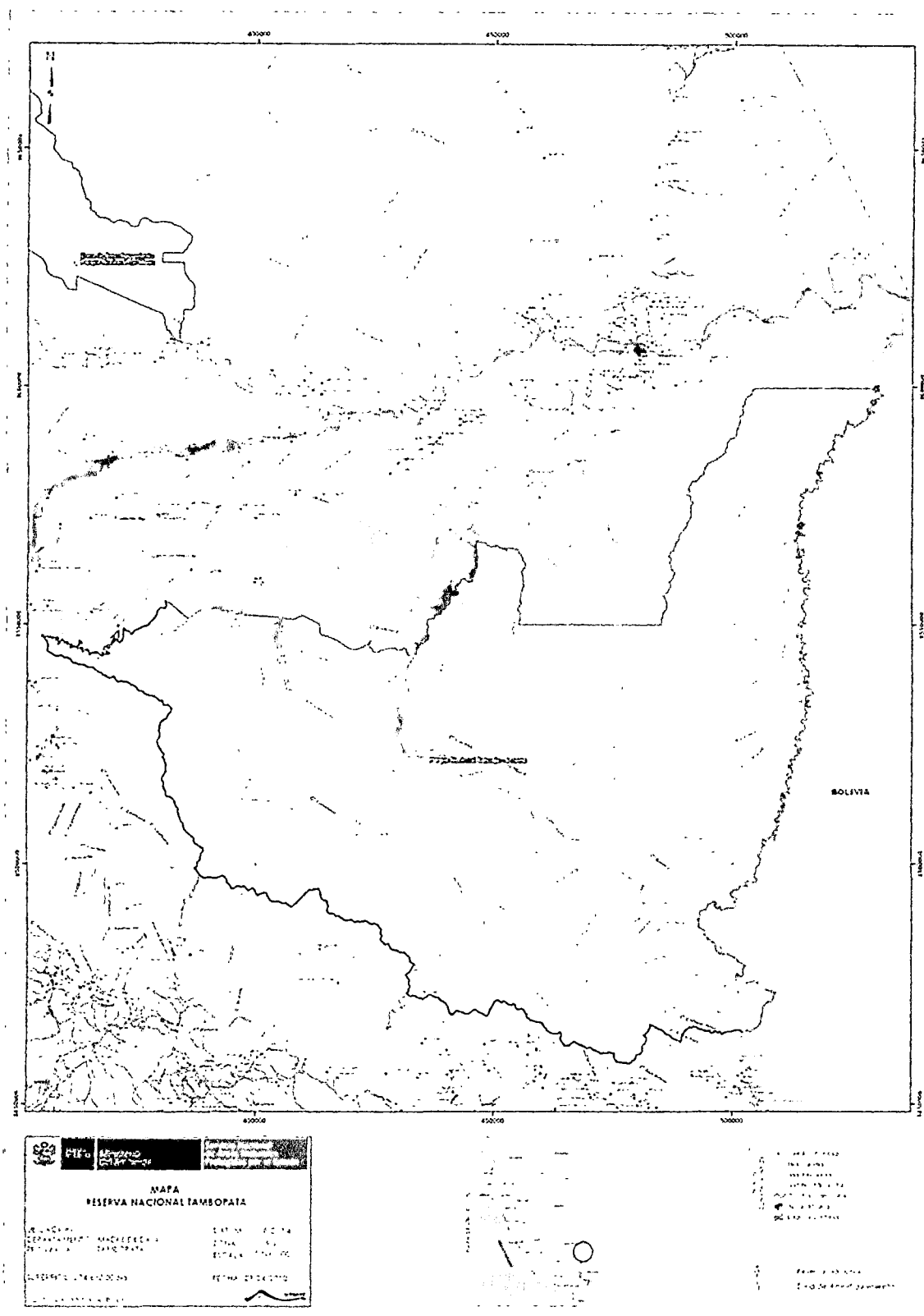
El distrito de Tambopata limita por el norte con el distrito de Las piedras y por el sur por los distritos de Laberinto e Inambari todas dentro de la provincia de Tambopata la que a su vez limita por el noreste con la provincia de Tahuamanu y por el sur oeste con la provincia de Manu.

2.3. ACCESIBILIDAD

El acceso a la zona de estudio es primero vía terrestre tomando la carretera interoceánica Cusco- Puerto Maldonado, luego se sigue una trocha hacia la Comunidad de Infierno con una longitud de 37 km, un viaje que dura aproximadamente 2 horas 30 minutos, desde este puerto se toma un transporte fluvial recorriendo 18 km hasta el albergue Explorer's Inn, ubicado dentro de la Reserva Nacional Tambopata en la margen derecha del Rio Tambopata. El albergue Explorer's Inn cuenta con una red de trochas las cuales ayudan al acceso hacia las parcelas permanentes de evaluación objeto del presente estudio.



Mapa 2. Reserva Nacional Tambopata



Fuente: RNTAMB, 2011.

2.4. RESERVA NACIONAL TAMBOPATA (RNTAMB)

La RNTAMB se encuentra ubicada al Sur Este de la Región Madre de Dios, en los distritos de Tambopata e Inambari de la provincia de Tambopata, sobre una superficie de 274 690.00 ha. (RNTAMB, 2011)

La RNTAMB limita por el norte con la provincia de Tambopata de la Región Madre de Dios; por el este con Bolivia; por el sur con el Parque Nacional Bahuaja Sonene y por el oeste con la Comunidad Nativa Kotsimba. (RNTAMB, 2011)

2.4.1. COMPONENTE FÍSICO

2.4.1.1. GEOLOGÍA

La historia geológica de la Amazonia Peruana está caracterizada por procesos sedimentarios que estuvieron controlados por la actividad tectónica, las características químicas y mineralógicas de los sedimentos acumulados en diferentes partes de esta dinámica ambiental varían ampliamente de acuerdo a las diferencias de edad que se dieron en la formación del suelo.

La geología general de Madre de Dios, se resume en lo siguiente:

- **Sistema Paleógeno.-** Serie Paleoceno: Caracterizado por la presencia del Grupo Huayabamba y Formación Yahuarango.
- **Sistema Neógeno.-** Serie Mioceno: Caracterizado por las Formaciones: Chamba e Ipururo.
- **Sistema Cuaternario.-** Serie Pleistoceno: caracterizado por la presencia de la Formaciones: Iquitos, Ucayali, Madre de Dios y Pagorene, y Serie Holoceno: caracterizado por depósitos aluviales (placeres).

La zona de estudio se encuentra dentro de la Formación Madre de Dios del Sistema Cuaternario que se describe a continuación:

- **Formación Madre de Dios.**-Esta formación aflora prácticamente en todo el área de estudio, se emplazan sobre estos tipos de rellenos cuaternarios, que cubren en discordancia erosional a la formación Ipururo. Consta de secuencias diversas de arcillitas, limolitas, arenas y gravas inconsolidadas a semiconsolidadas, hasta localmente endurecidas por la presencia de sustancias cementantes, como óxidos de hierro.

En detalle esta formación presenta tres miembros. El miembro A es la unidad basal y consiste de conglomerados con clastos de arcillas y líticos; estos materiales están endurecidos por los óxidos de hierro producidos por la lixiviación de sedimentos superiores. Este miembro presenta también secuencias de arenas de paleocanales fluviales, igualmente endurecidos por los óxidos. Esta unidad basal pasa gradualmente hacia el tope, a limos y arcillas menos endurecidas.

La unidad intermedia o miembro B presenta en la base una delgada capa de hematina, y está compuesta por arenas, limolitas y arcillas. El miembro A consta principalmente de arenas medias de color pardo amarillento, con interclastos de arcilla subredondeada. Los afloramientos del miembro A presentan abundantes óxidos de hierro y estratificación cruzada, también endurecidas por estos óxidos.

En general la complejidad de estos miembros es muy acentuada y la variabilidad se produce notablemente en cortas distancias. Es muy difícil reconocer las características de estos miembros, y no se puede generalizar el predominio de un miembro u otro en determinados sectores. La edad de estas formaciones aluviales está datada en varios casos por mediciones al carbono 14, que permite ubicar los depósitos como de edad del Pleistoceno tardío. (INGEMMET respaldado con mapa Geológico del departamento de Madre de Dios, escala 1:500,000)

2.4.1.2. GEOMORFOLOGÍA

Características litológicas, conjuntamente con los procesos geológicos, geomorfológicos y climáticos, son los principales causantes del actual relieve del de la región de Madre de Dios, el cual se caracteriza por presentar dos grandes unidades biofísicas bien diferenciadas: las elevaciones de la Cordillera Oriental- Faja Subandina y la región del llano amazónico; las que se formaron mientras se producían los movimientos de plegamientos tectónicos sobre el territorio de la cordillera y el llano sufría etapas de hundimiento y sobrecarga de sedimentos. (RNTAMB, 2011)

El área de estudio se encuentra en la denominada “llanura de Madre de Dios”, es la más extensa y se desarrolla al este del alineamiento montañoso subandino entre 176 y 500 msnm, cuya característica principal es su superficie horizontal con relieve suave y ondulado, con predominio de la planicie aluvial (complejo de riberas y terrazas) y colinas bajas, por donde discurren los ríos formando meandros. La llanura se formo por deposición de depósitos fluviales del terciario superior y el cuaternario. En esta unidad están concentrados mayormente los yacimientos auríferos. Estos depósitos aluviales están formados por areniscas, arcillitas y limonitas del terciario; y por arenas, limos, arcillas y conglomerados aluviales del Cuaternario (RNTAMB, 2011).

2.4.1.3. FISIOGRAFÍA

El área en estudio presenta una llanura dilatada aluvial ligeramente inclinada, excluyendo las riberas profundas del Rio Tambopata y Rio la Torre. Caracterizado por la presencia de terrazas tanto bajas como altas:

a.- Terrazas Altas.- Se caracterizan por presentar pendientes suaves que alcanzan hasta los 6°, estas terrazas antiguas están constituidas por materiales coluvio-aluviales (arenas, arcillas, limos y gravas), se encuentran en un proceso de compactación.

b.- Terrazas Bajas.- Son recientes, constituidas por materiales aluviales (limos, arcillas, arenas y gravas subredondeados a redondeados). Estas zonas son inundables debido a que su pendiente es ligeramente horizontal (3°), alcanzando en algunos casos alturas de hasta 20m. (Puerto Maldonado). Estos suelos están poco evolucionados con frecuencia son renovados por los materiales de inundación.

También existen áreas que se mantienen inundadas durante todo el año, conocidas como aguajales (Purisaca y Gonzales, 1998)

2.4.1.4. EDAFOLOGÍA

Los suelos son pobres en nutrientes, debido a la naturaleza de la litología, la fuerte meteorización química (causada por la alta temperatura y humedad) y el lavado de nutrientes que ocasionan las fuertes lluvias durante gran parte del año. En estas condiciones naturales, la fertilidad del suelo está vinculada al ciclo orgánico. La abundante cubierta vegetal de los bosques tropicales proporciona un suministro constante de materia orgánica, principalmente en forma de hojarasca, que después se transforma en humus. Debido a las condiciones climáticas y la acción de los microorganismos, la descomposición de la materia orgánica es tan rápida que sólo deja una fina capa de humus relativamente rica en nutrientes; se observa que la mayor parte de las raíces de las plantas se encuentran en esta capa superficial para absorberlos. (RNTAMB, 2011)

Los suelos en las terrazas altas son en general bien drenados, tienen baja fertilidad y pueden desarrollar niveles tóxicos de aluminio. Los suelos en las terrazas bajas varían de mal drenados a moderadamente bien drenados, dependiendo de cuán disectadas sean, tienen baja a muy baja fertilidad y la saturación de aluminio es muy alta. En las colinas fuertemente disectadas y en menor proporción, en las terrazas altas del río Tambopata, los suelos presentan una textura franca en la capa superficial y una acumulación de arcilla en el subsuelo; por lo tanto, son muy susceptibles a la erosión. Los suelos de mayor fertilidad son los aluviales inundables que reciben aportes en los sedimentos que son depositados durante la época de lluvias.

Los sitios de estudio incluyen bosques inundables (Tahuampa) ó sitios bajos, “bajíos” y bosques que nunca se inundan o “Tierra Firme”. Los orígenes de los suelos son Pleistoceno o Holoceno y están clasificados como cambisoles, alisoles y gleysoles (Quesada *et al.* 2011). (Tabla 5)

Tabla 5: Clasificación de suelos de las parcelas estudiadas

Parcela	Tamaño	Clasificación de Suelos	Altitud (m)	Tipo de Suelo
TAM-01	1 ha	Alisol	205	Terraza reciente
TAM-02	1 ha	Alisol	210	Tierra firme en Terraza Aluvial Vieja
TAM-03	0.58 ha	Alisol Gleysol	205	Terraza reciente en Pantano y Borde de Pantano Arcilloso
TAM-04	0.42 ha	Alisol Gleysol	210	Terraza reciente
TAM-05	1 ha	Cambisol	220	Tierra firme Arenoso arcilloso
TAM-06	1 ha	Alisol	200	Terraza reciente
TAM-07	1 ha	Cambisol	225	Tierra firme Arenoso Arcilloso
TAM-08	1 ha	Cambisol	220	Tierra firme Arenoso Arcilloso
TAM-09	1 ha	Cambisol	197	Tierra firme Arenoso Arcilloso

Fuente: Modificado de Quesada *et al.* 2010a

- **Cambisol:** Suelos condicionados por la edad, de incipiente formación, se evidencian las etapas iniciales de transformación, en una etapa de desarrollo de un suelo joven a otro más maduro, no existe ningún signo de pedogenesis avanzado, siendo este una de las primera etapas de formación del suelo, se encuentran cerca a los andes en las superficies de la amazonía occidental, conteniendo altos niveles de arcilla y aluminio.
- **Alisoles:** Suelos condicionados por un clima tropical húmedo, suelos ácidos fuertes con arcilla de alta actividad que se acumula en el subsuelo, Dentro de las zonas tropicales por lo general están presentes en las superficies terrestres viejas, con topografía accidentada y ondulada.

- **Gleysoles:** Son suelos condicionados por la topografía y el drenaje. Los suelos se forman bajo la humedad excesiva en aguas poco profundas durante un cierto período del año o durante todo el año. Son relativamente fértiles, tienden a tener una textura más fina, tasas más lentas de descomposición de la materia orgánica y una afluencia aluvial de nutrientes, son comunes en la amazonía, el enraizamiento profundo es limitado por los pocos suministros de oxígeno, compactación del suelo y saturación de agua.

2.4.1.5. HIDROGRAFÍA

La RNTAMB, alberga, aunque no en su totalidad las cuencas de los ríos Tambopata y Heath; conformadas por quebradas grandes, medianas y pequeñas que hacen accesible la mayoría de los espacios durante la época de creciente, de oeste a este encontramos ríos que en su mayoría lo cruzan como los ríos Azul y Malinowsquillo que confluyen en la parte derecha del río Malinowsky el que a su vez se une con el río Tambopata.

A continuación se describen los ríos adyacentes a la zona objeto de estudio:

- **El Río Tambopata.-** Cruza la reserva de este a oeste, ubicada entre el río Malinowski y su desembocadura con el río Madre de Dios, tiene una longitud aproximada de 402 km, casi no forma meandros y la formación de "cochas" es escasa, predominando los tramos rectos que bordean terrazas y colinas a ambos lados de la orilla. Sus aguas blancas, originalmente cristalinas transporta una carga de nutrientes por lo que es un ecosistema altamente productivo, se vuelve de color marrón por los sedimentos cuando el nivel del río sube. La densidad de cochas desde su desembocadura hasta su confluencia con el río Malinowski es de cuatro cochas por 100 km de río. El ancho del río es variable, alcanzando aproximadamente 250 metros en su curso inferior y puede llegar a medir el doble en el curso medio, cuando se extiende en un lecho plano. (RNTAMB, 2011).

- **El Río la Torre.-** Más pequeño delimita también con el área de estudio siendo otro de los ríos que discurren sus aguas sobre el Río Tambopata, sus aguas son negras como resultado de la afluencia de los arroyos del bosque de galería, existe gran cantidad de troncos caídos y materia orgánica. (RNTAMB, 2011).

2.4.2. COMPONENTE CLIMÁTICO

Tabla 6: Factores que determinan el clima en cada parcela permanente.

Parcela	Latitud	Longitud	Altitud (m)	Relieve
TAM-01	12°50'64"	69° 17' 28"	205	Tierra firme
TAM-02	12° 50' 10"	69° 17' 16"	210	Tierra firme
TAM-03	12° 50' 22"	69° 16' 68"	205	Bajío
TAM-04	12° 50' 22"	69° 16' 68"	210	Tierra firme
TAM-05	12°49' 81"	69° 16' 23"	220	Tierra firme
TAM-06	12° 50' 31"	69° 17' 76"	200	Tierra firme
TAM-07	12° 49' 54"	69° 15' 66"	225	Tierra firme
TAM-08	12° 49' 57"	69° 16' 16"	220	Tierra firme
TAM-09	12° 49' 86"	69° 17' 10"	197	Tierra firme
Estación Puerto Maldonado	12° 35' 1"	69° 12' 1"	256	

Fuente: Elaboración Propia

La tabla 6 muestra que las nueve parcelas permanentes de acuerdo a su posición latitudinal, longitudinal, altura y relieve están caracterizadas con un clima correspondiente al de la selva baja suroriental del país. Desde el punto de vista climático las selvas húmedas tropicales se desarrollan mejor donde concurren índices elevados de temperatura y precipitación que se conservan relativamente constantes durante todo el año.

El clima corresponde al bosque subtropical húmedo o muy húmedo, con una temperatura media anual de 26.4°C. Las temperaturas bajas están condicionadas por vientos antárticos fríos que llegan en intervalos irregulares a través de los Andes e ingresan a la cuenca del Amazonas. La presencia de vientos fríos, "friaje", ocurre con mayor intensidad en los meses de junio y julio.

Las temperaturas máximas llegan a ser de 38°C y se presentan regularmente en los meses de setiembre a octubre. La precipitación anual oscila entre 1,600mm a 2,400mm y con una humedad relativa mensual entre 80 % a 90 %.(RNTAMB, 2011).

Tabla 7: Datos meteorológicos de la estación de Puerto Maldonado (Periodo 1998-2011)

Mes	Temperatura (C°)	Precipitación (mm)
Julio	26.45	60.42
Agosto	25.80	42.76
Septiembre	27.25	72.75
Octubre	26.50	144.59
Noviembre	26.87	193.50
Diciembre	26.53	277.64
Enero	26.73	316.11
Febrero	26.33	345.66
Marzo	26.80	240.76
Abril	26.67	192.52
Mayo	24.50	99.88
Junio	26.75	74.60
Promedio	26.43	
Total		2061.19

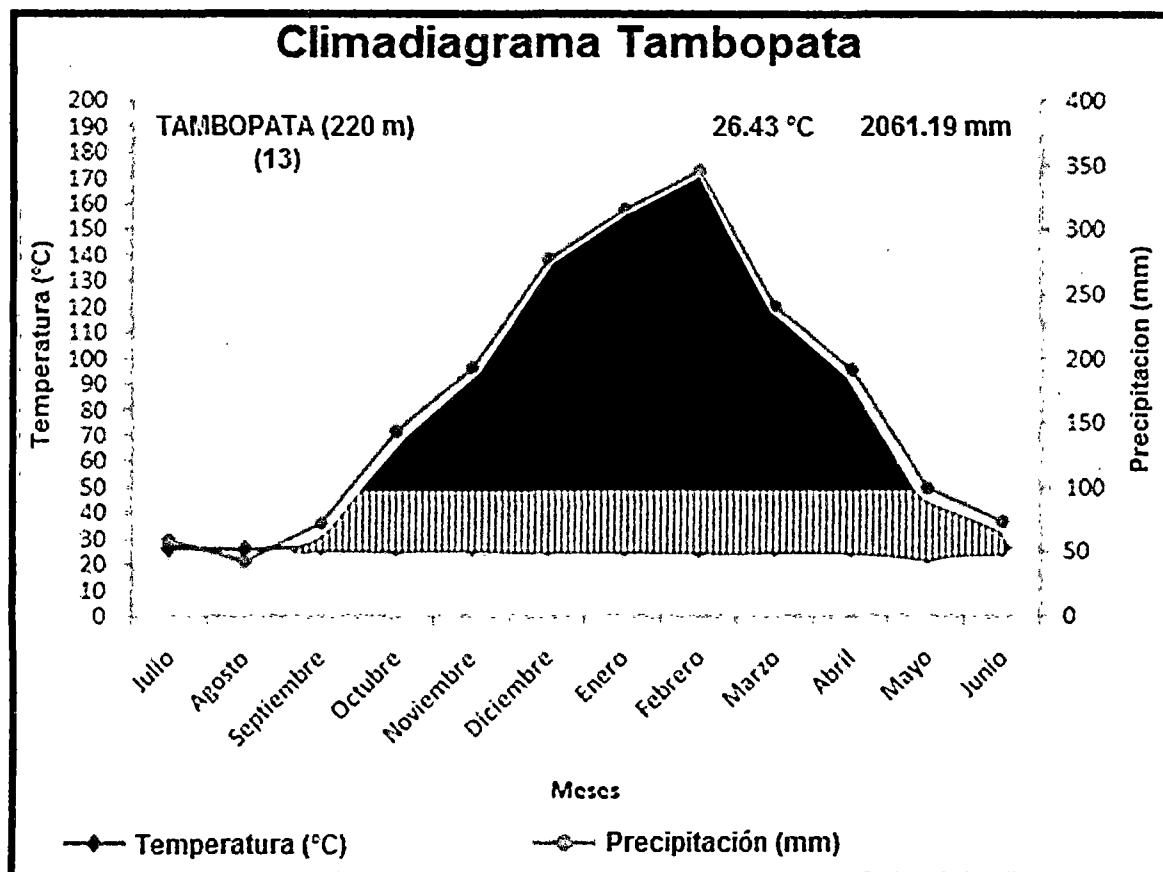
Fuente: SENAMHI 2013, Datos de la estación meteorológica de Puerto Maldonado.

De acuerdo a la tabla 7 precipitación mensual presenta variación a lo largo del año, presentándose meses de lluvias máximas de diciembre a marzo, siendo el mes más

representativo febrero con 345.66 mm, meses de transición (abril, mayo y octubre, noviembre) y meses de estiaje (junio, julio, agosto y setiembre) siendo agosto el que presenta menor precipitación con 42.76 mm.

El mes que registra la mayor temperatura media es setiembre con 27.25°C y el mes con temperatura más baja es mayo con 24.50°C.

Figura 11: Climadiagrama Estación de Puerto Maldonado. (1998-2011)



El área de estudio durante el año presenta una estación seca que va de mayo a octubre, mientras que de octubre a abril presenta una estación húmeda o per húmeda.

2.4.3. COMPONENTE BIOLÓGICO

2.4.3.1. CLASIFICACIÓN ECOLÓGICA

A.- Según el Mapa Ecológico del Perú (INRENA, 1994), basado en el Sistema de Zonas de Vida de Holdridge, para toda la Reserva Nacional Tambopata se registran tres zonas de Vida (Tabla 8), Bosque húmedo Tropical, Bosque muy húmedo Tropical y Bosque muy húmedo Tropical transicional a Bosque Pluvial Subtropical.

Tabla 8: Superficies por Zona de Vida en la RNTAMB

Zonas	Tipo	Superficie (ha)	%
Bosque muy húmedo Tropical	bmh-TΔ	112,977.3133	41.13
Bosque Húmedo Tropical	bh- TΔ	159,031.8777	57.90
Bosque muy Húmedo Tropical (Transicional a Bosque Pluvial Subtropical)	bmh- TΔ	2,680.8089	0.98
TOTAL		274,690.00	100.00

Fuente: Plan Maestro 2011-2016, Reserva Nacional Tambopata

La presente investigación fue realizada en parcelas permanentes instaladas dentro de la Reserva Nacional Tambopata, ubicada dentro de una zona de vida de las tres registradas para toda la reserva la cual es descrita a continuación:

Bosque Húmedo Tropical (bh- TΔ).- Esta zona de vida se ubica en la región latitudinal tropical del país con una superficie de 241,497 km², es decir, el 18.8 % del territorio nacional. Se distribuyen en la región de selva del país en la selva baja. En la región de Madre de Dios se distribuyen comprendiendo el río Purús y la zona baja de los ríos Manurique, Piedras, Madre de Dios y Tambopata. Altitudinalmente, se distribuyen en la zona de selva baja entre los 150 y 250 m de altitud. Entre las localidades más importantes de estas zonas de vida se tiene Puerto Maldonado, Iberia e Iñapari. Según el Diagrama Bioclimático de Holdridge del año 1947 en la formación

transicional la característica bioclimática es: la biotemperatura media anual varía entre 25° C y 26.5 ° C y el promedio de precipitación total por año mayor a 2,000 milímetros.

B.- Según los Sistemas Ecológicos Terrestres editado por Nature Serve 2007 (Josse C. 2007) basada en la combinación de parámetros del ambiente físico y de la fisonomía de la vegetación, la zona de estudio está clasificada en dos tipos de sistemas ecológicos Amazónicos:

CES408.523: Bosque siempreverde de la penillanura del oeste de la Amazonía

Sistema de mayor extensión y con más riqueza en especies leñosas arbóreas, asociadas por sectores, con palmeras grandes. Bosque multiestratificado con el dosel a 35 m de alto, con emergentes dispersos de más de 40 m y con diámetros generalmente de 80 a 120 cm. Se desarrolla sobre tierra firme con relieve de planicies y colinas bajas de orígenes sedimentarios.

CES408.578: Bosque inundado por aguas blancas estancadas del suroeste de la Amazonía

Bosques con dosel irregular, que crecen en las partes más alejadas del cauce de las llanuras aluviales de los ríos de agua blanca. Se inundan someramente por los derrames más distales de las grandes crecientes del río y parcialmente también por aguas de lluvias. Estas aguas se acumulan en todas las depresiones y permanecen estancadas varios meses.

2.4.3.2. TIPOS DE VEGETACION

Para determinar los diferentes tipos de comunidades vegetales en el área, se tomo como base la clasificación fisiográfica – florística, que es la que más ventajas ofrece para la diferenciación, en razón de que los rasgos principales o características diferenciales de los bosques, son siempre coincidentes con las unidades fisiográficas. Además de esto se tomo

en cuenta factores como el suelo y su sistema de drenaje, así como la topografía, composición florística y estado de conservación. (Encarnación, F. 1993).

2.4.2.3.1. BOSQUES DE TIERRA FIRME

Este bosque ocupa las partes mejor drenadas de la penillanura en medio de colinas onduladas, el suelo está por encima del nivel máximo de las aguas y nunca o muy raras veces pueden ser inundados. Los suelos son mayormente arcillosos de diferentes tipos de coloración desde arcillas claras hasta oscuras y la cantidad de materia orgánica que depositan los árboles en algunos sitios suelen superar los 20 cm de espesor. Mayormente el suelo está cubierto por una delgada capa de raíces y una cobertura completo de hojarasca.

Estructuralmente el bosque está conformado por varios estratos, el emergente que puede llegar a medir hasta 35-40 m, el dosel superior entre 25-30 m, el dosel medio entre 15-20 m, el sotobosque dominada de especies herbáceas. La cobertura del bosque es bastante cerrada y las copas de los árboles pueden llegar a cubrir más del 90 % del dosel. La presencia de lianas es visible e importante.

El bosque húmedo de tierra firme, está compuesto generalmente de especies forestales que crecen sobre los terrenos más altos y secos de la cuenca amazónica. Estas especies por lo general crecen en las colinas que forman las estribaciones bajas de la cordillera oriental de los andes. La más diversa vegetación del mundo se ubica en esta zona, con una vegetación natural siempre verde, heterogénea, densa, con especies de gran tamaño (Valenzuela *et al.* 2007).

2.4.2.3.2. BOSQUES INUNDABLES

Se desarrollan sobre la base de suelos planos adyacentes a las terrazas altas y colinas bajas de tierra firme, son de formación reciente, principalmente han sido lechos antiguos de los cauces de ríos adyacentes. Estas áreas parecen ser inundadas estacionalmente a intervalos

después de lluvias fuertes, esta inundación es por temporadas cortas o por tres o más meses del año.

Estos pantanos estacionales tienen charcos esparcidos, aislados o conectados entre ellos, todo aquello que no es charco está cubierto de una capa de raíces porosas de 10 a 40 cm de grosor con gran cantidad de material orgánico mayormente hojarasca sobre ellas, los suelos contienen un alto contenido de arcilla en donde el drenaje es pobre.

El dosel es más bajo que el de áreas no inundadas, con árboles mas grandes alcanzando un diámetro de 50 cm, con menos árboles gigantes, pero con muchos claros grandes, muchas más lianas y epifitas, especialmente especies de la familia Araceae. La inundación ocasiona un estrés singular en las plantas y estas requieren adaptaciones específicas para sobrevivir en condiciones anaeróbicas. Por lo tanto, aunque la disponibilidad de nutrientes en los sitios inundados es probablemente muy similar a los sitios de tierra firme, la composición florística puede ser diferente. (Valenzuela *et al.* 2007).

2.4.2.4. VEGETACION

La vegetación dominante de las tierras bajas de la región de Tambopata es el bosque húmedo tropical, fisonómicamente típico, un bosque siempre verde, alto y tupido, que contiene volúmenes apreciables de madera para usos diversos. El bosque primario está conformado hasta de 4 estratos arbóreos. El dosel más alto está constituido por árboles emergentes de alturas excepcionales que alcanzan hasta 35 metros y 2 metros de diámetro. El segundo estrato consta de árboles de 30 metros de altura y diámetros entre 0.60 y 1.40 metros. La mayor parte de los árboles de estos dos estratos superiores representan un fuste libre de ramas hasta 15 o 20 metros de altura. El tercer y cuarto estratos presentan árboles más pequeños, delgados y con deformaciones y alturas entre 10 y 20 metros. La vegetación de sotobosque es relativamente escasa debido a la fuerte competencia radicular y a la sombra dominante. También se evidencia la presencia de lianas y epifitas. Está compuesta de árboles perennifolios, algunos dominantes y casi todos los emergentes son heliófilos pierden sus hojas durante la estación seca la cual es característica de los bosques ubicados

en la periferia sur occidental de la amazonía, otras florecen muy vistosamente, como la *Erythrina*, *Tabebuia* y *Jacaranda*, entre los más importantes. (R.A.P.Tambopata Candamo, 1994)

La Reserva no solo se caracteriza por la riqueza de especies con la que cuenta sino también por albergar especies de importancia económica cuyas poblaciones soportan o soportaron presiones de uso exponiéndolas a algún grado de amenaza como “castaña” *Bertholletia excelsa*, “caoba” *Swietenia macrophylla*, “siringa” *Hevea guianensis* y “tornillo” *Cedrelinga catenaeformis*. (Phillips *et al.* 1994)

Asímismo, hay varios géneros silvestres de árboles frutales cultivados incluyendo *Theobroma cacao*, *Bactris aff. gasipaes*, *Pourouma cecropiifolia*, *Inga edulis*, *Pouteria macrophylla* que en su mayoría se concentra en los bosques de suelos aluviales de Tambopata (Phillips *et al.* 1994)

2.4.2.5. COMPOSICION FLORISTICA

La flora de los bosques de tierras bajas de Tambopata incluye cerca de 2000 especies. Los registros en la reserva de Explorers Inn (5,5 km²) muestran casi 1400 especies de plantas vasculares. En esta localidad, las dos mayores familias son Fabaceae (106 spp.) y Rubiaceae (101 spp.), en tercer lugar Bignoniaceae es la familia predominante en lianas con 58 especies, seguida por Moraceae y helechos con 55 y 54 especies respectivamente. Si bien estas familias son las que poseen más especies y grupos de la Amazonía, la presencia de Bignoniaceae es mayor que en cualquier otro sitio. Euphorbiaceae, Melastomataceae y Piperaceae cada uno tiene 44 especies, mientras que Araceae, Arecaceae, Solanaceae, Poaceae, Annonaceae, Lauraceae y Sapindaceae tienen entre 28-33 especies. Familias con 20 especies cada una incluyen a Meliaceae, Salicaceae, Cyperaceae, Acanthaceae y Apocynaceae. Así, la composición familiar de esta Reserva Nacional Tambopata es típicamente Amazónico (R.A.P.Tambopata Candamo, 1994)

2.4.2.6. FAUNA

Madre de Dios, representa solo el 7 % del territorio nacional, alberga alrededor del 30 % de especies de anfibios, reptiles y peces de aguas continentales y el 50 % o más de la diversidad de mamíferos y aves reportados para Perú (RNTAMB, 2011).

La RNTAMB, se registra 1260 especies de fauna vertebrada, entre los que destacan: anfibios (93 especies de 31 géneros y 9 familias), aves (648 de 388 géneros y 60 familias), mamíferos (108 especies de 85 géneros y 28 familias) y 323 especies de peces (205 géneros y 39 familias).

Se ha encontrado que en el área protegida hay poblaciones grandes de especies que en muchas partes de la Amazonía ya son raras debido a la sobrecaza, especialmente mamíferos como *Tapirus terrestris* (tapir) *Tayassu tajacu* (sajino), *Tayassu pecari* (huangana) y monos entre los que destacan, *Alouatta seniculus* (cotomono), *Lagothrix lagothricha* (mono choro), *Ateles paniscus* (maquisapa), también felinos como *Leopardus pardalis* (ocelote), *Leopardus wiedii* (margay o tigrillo), *Puma concolor* (puma) y *Panthera onca* (otorongo), roedores de gran tamaño, *Hydrochaeris hydrochaeris* (ronsoco), *Dasyprocta variegata* (añuje), *Agouti paca* (picuro), y *Melanosuchus niger* (caimán). En los ríos se encuentran varios grupos de (lobos de río) *Pteronura brasiliensis* así como (nutria) *Lontra longicaudis*.

En la zona de la desembocadura del río La Torre al río Tambopata, casi 575 especies de aves han sido registradas en un área de 5000 ha. Asimismo, esta zona alberga más de 1200 especies de mariposas, este hecho determina la importancia de conservar el área.

La fauna de la RNTAMB no solo destaca por su riqueza en especies sino también por albergar especies categorizadas en diferentes niveles de amenaza. Alberga 950 especies de fauna de las cuales: 32 especies están consideradas por la legislación nacional, bajo alguna categoría de amenaza tales como: nutria (*Lontra longicaudis*), tigrillo (*Leopardus wiedii*), yaguarundi (*Herpailurus yaguarondi*), otorongo (*Panthera onca*) oso hormiguero (*Myrmecophaga tridactyla*).

CAPITULO III

MATERIALES Y MÉTODOLÓGÍA

3.1. MATERIALES

De Campo:

- Tijera telescópica
- GPS
- Escalera (para medir árboles grandes)
- Tijera podadora manual
- Pintura esmalte rojo
- Brochas
- Bolsas de polietileno
- Pintura spray color rojo
- Clinómetro
- Cámara digital
- Wincha de 30 m
- Cinta diamétrica de 2m y 5m
- Cintas maskin tape
- Plumonés marcadores
- Libreta de apuntes y lápices
- Binoculares
- Placas de aluminio
- Alambres finos
- Patas de loro y arnés
- Clavos
- Fichas de campo
- Brújulas
- Martillos
- Tizas marcadoras

De Herborización:

- Papel periódico
- Rafia
- Prensas de madera
- Alcohol industrial
- Bolsas de urea

De Gabinete:

- Base de Datos “ Forest Plots Database” disponible en internet <http://www.forestplots.net>
- Computadora con los diferentes paquetes estadísticos
- Impresora
- Bibliografía especializada
- Internet

3.2. METODOLOGÍA

Cabe resaltar que se tomaron datos en campo en la época de estiaje del año 2010 y 2011 con la metodología estandarizada para la remediación de parcelas permanentes de RAINFOR (Phillips *et al.* 2009a); para evaluar la dinámica de la biomasa se analizó con los datos tomados de la base Forestplots a partir del año 2003, separándolos por periodos intercensales: 2003-2006, 2006-2008 y 2008-2011.

3.2.1. UBICACIÓN DE LAS PARCELAS

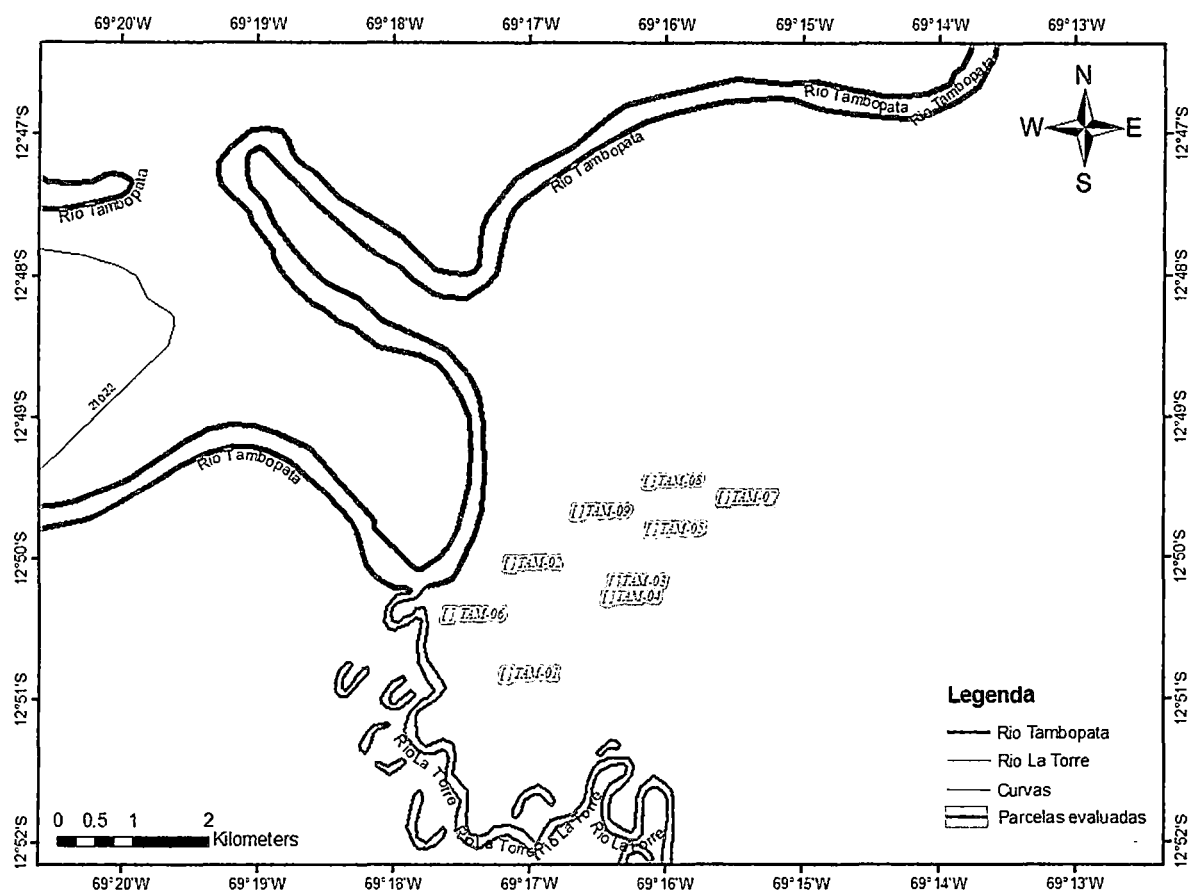
La selección y establecimiento de nuevas parcelas se hace a través de los diferentes ejes edáficos y climáticos presentes en el Amazonas. Las nuevas parcelas deben establecerse de manera aleatoria dentro de una localidad, teniendo en cuenta el tipo de suelo, acceso adecuado a la parcela, perturbaciones atropogénicas potenciales y financiamiento para el monitoreo a largo plazo, evitando en la medida de lo posible sesgos relacionados con la accesibilidad (proximidad a caminos) o estado sucesional del bosque. Para la presente investigación se ha seleccionado parcelas ya establecidas en el área natural protegida objeto de estudio. (Tabla 9) (Mapa 3)

Tabla 9: Parcelas Permanentes Evaluadas en la Reserva Nacional Tambopata

Parcela	Altitud (m)	Latitud	Longitud	Nº de Censos	Área (ha)	Tipo de Suelo	Establecimiento
TAM-01	205	-12.84411	-69.28838	10	1	Terraza reciente	1983 A. Gentry
TAM-02	205	-12.83475	-69.28608	12	1	Tierra firme en Terraza Aluvial Vieja	1979 Armas & Hartshorn
TAM-03	205	-12.83663	-69.27845	8	0.58	Terraza reciente en pantano y borde de pantano arcilloso	1983 A. Gentry
TAM-04	210	-12.83663	-69.27845	8	0.42		
TAM-05	220	-12.83029	-69.27053	11	1	Tierra firme Arenoso arcilloso	1983 A. Gentry
TAM-06	200	-12.83850	-69.29601	10	1	Terraza reciente	1983 A. Gentry
TAM-07	225	-12.82568	-69.26103	9	1	Tierra firme Arenoso Arcilloso	1983 A. Gentry
TAM-08	220	-12.82626	-69.26938	5	1	Tierra firme Arenoso Arcilloso	2001 O. Phillips
TAM-09	197	-12.83142	-69.28465	2	1	Tierra firme Arenoso Arcilloso	2010 O. Phillips

Fuente: Elaboración propia

Mapa 3: Localización de las nueve parcelas permanentes



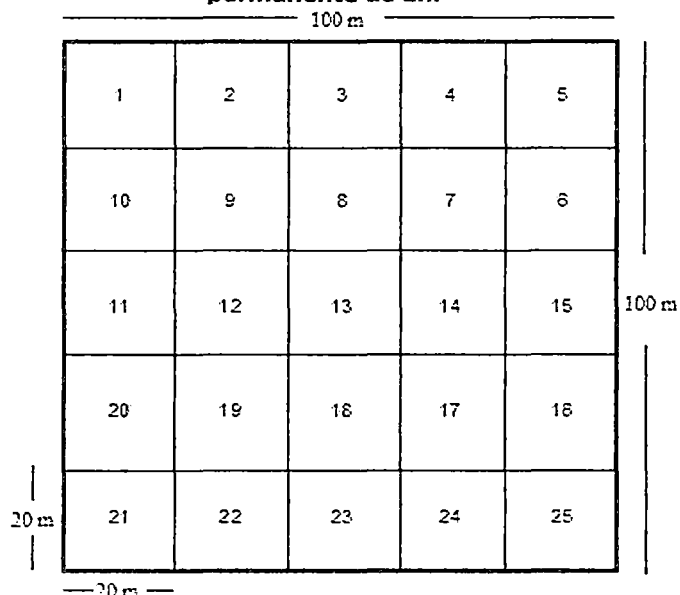
Fuente: Elaboración propia.

3.2.2. EVALUACION DE LAS PARCELAS

Figura 12: Disposición de una parcela permanente de 1h.

3.2.2.1. Orientación y Estructura

1.- Las parcelas se instalan con las direcciones N/S y E/W para los ejes principales de manera más conveniente registrando la latitud, longitud y altitud del centro de la parcela.



2.- La parcela consiste en un cuadrado de 100 x 100 (1ha), dividido en 25 sub parcelas de 20 x 20, en las cuatro esquinas se colocan estacas de plástico para la mejor ubicación. Esta forma tiene menos efecto de borde y el tamaño es mayor que la escala de eventos típicos de caídas de árboles.

3.2.2.2. Modo de desplazamiento

El registro de los datos se tomó en forma ordenada, empezando del punto (0,0) en coordenadas x,y respectivamente, los árboles fueron plaeados sistemáticamente moviéndose alrededor de cada sub-parcela con el último árbol plaeado en cada sub-parcela cerca al punto de partida de la próxima subparcela. (Fig.13)

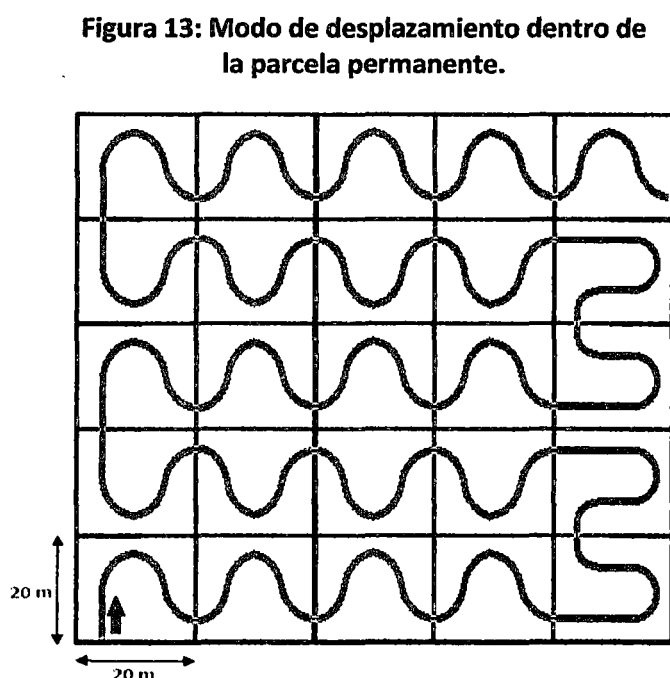
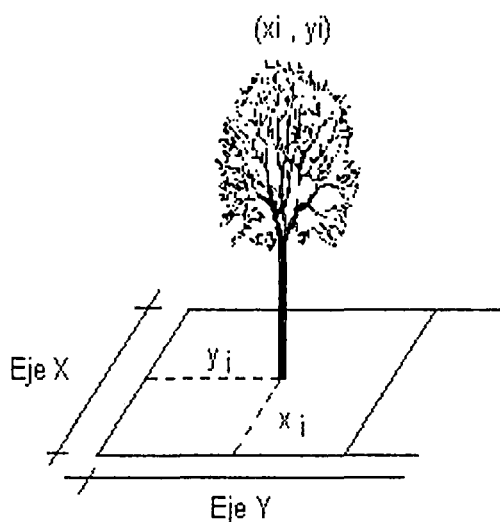


Figura 14: Georeferenciación de los individuos arbóreos dentro de la parcela



3.2.2.3. Ubicación de los individuos

Se ubicaron los individuos dentro de la parcela por medio de coordenadas de referencia donde X_i indica la distancia generada por la perpendicular entre el árbol y el eje Y, mientras que Y_i indica la distancia generada por la perpendicular entre el árbol y el eje X. (Fig.14)

3.2.2.4. Medición

Se midió el diámetro a la altura del pecho (1.30 m sobre el nivel del suelo) con cinta diamétrica a todos los árboles con DAP ≥ 10 cm en cada parcela, Todos fueron marcados con placas de aluminio a 1.60m de altura. En el caso de nuevos individuos que alcanzaron el DAP ≥ 10 en esta nueva remediación se procedió a colocar las placas con códigos respecto al árbol más cercano poniéndole al final la letra A, B, C etc. Por ejemplo, si el árbol más cercano es el número 200 entonces el árbol recluta será 200-A.

Se registró el hábito de crecimiento en las categorías de árbol, bejuco o liana y palmera, se anotó las características vegetativas y observaciones particulares de cada individuo para su posterior identificación taxonómica.

El perímetro del tronco del árbol donde se midió el diámetro por primera vez se marco con pintura roja con el objeto de garantizar que posteriores mediciones se hagan en la misma zona de la primera medición.

Generalmente la medida es a 1.30 m (altura del pecho) pero existen casos que se cambia el POM (Punto Óptimo de Medida) para evitar deformaciones, aletas, acanalamiento, raíces zancos, rebrotes, etc. los que puedan llevar a datos incorrectos. (Tabla 10)

Figura 15: Medición del DAP a 1.30m y ubicación correcta de la placa.

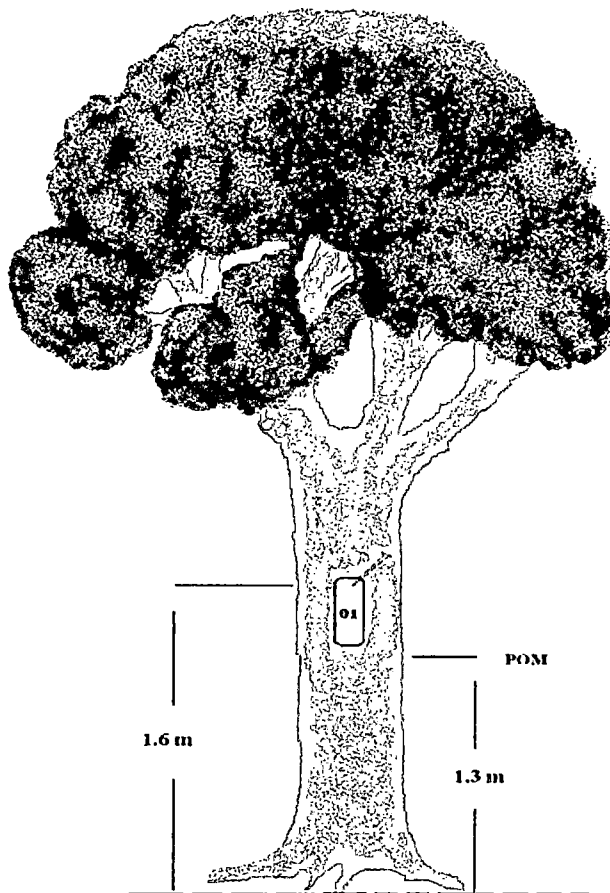
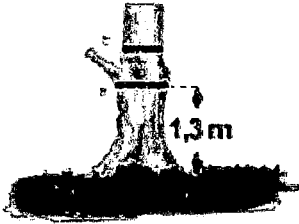
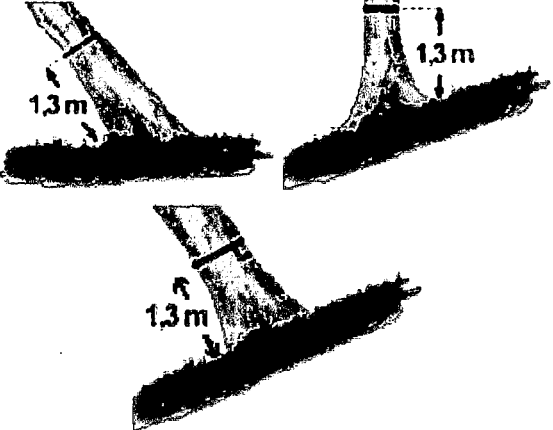
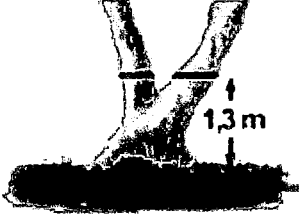
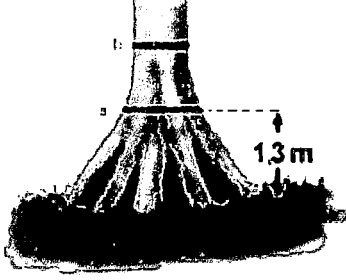
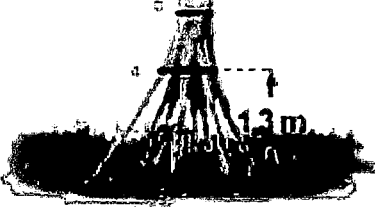

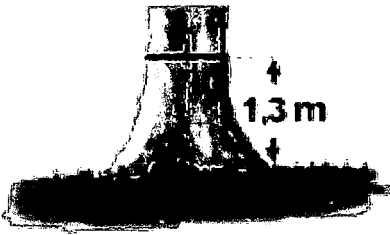
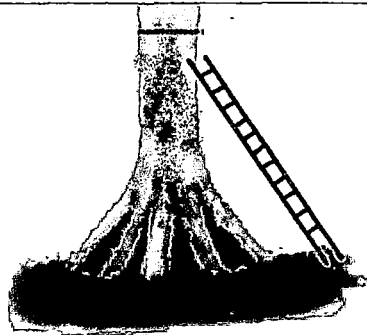


Tabla 10: Descripción de casos especiales en donde se cambia el POM (punto óptimo de medida).

<p>Deformidades: si el árbol tiene un tallo con deformidad mayor a los 1.3 m de altura, medir 2 cm abajo de la deformidad (Condit 1998), o 50 cm arriba de la deformidad. Registrar la altura del POM.</p>	
<p>Pendientes y árboles caídos o Inclinados: La medida a la altura de pecho siempre es calculada en el lado cuesta abajo del árbol (B), y los árboles caídos o inclinados deben ser siempre medidos a 1.3 m de altura al lado que está más cerca del suelo.</p>	
<p>Tallos múltiples: todos los tallos \geq a 10 cm a 1.3m son medidos y registrados. Luego convertir al equivalente de una sola área basal.</p>	
<p>Raíces Tablares: Si el árbol presenta tablares a los 1.3 m, medir el tallo a 50 cm arriba del tope del tablón (Condit 1998). Registrar la altura del POM.</p>	
<p>Árboles con raíces zancos: Individuos con raíces zancos deben ser medidos 50 cm arriba del zanco más alto y registrar el POM.</p>	

<p>Rebrotos: El tallo principal y los rebrotos de tallos de árboles quebrados pero parados o los individuos caídos son medidos a los 1.3 m desde la base del tallo. Un individuo de rebrote es incluido solo cuando los rebrotos miden más de 1.3 m desde la base del tallo.</p>	
<p>Árboles acanalados o surcados: Árboles que son enteramente acanalados o surcados deben ser medidos a los 1.3 m.</p>	
<p>Árboles grandes: Una escalera es muy útil para alcanzar el POM de árboles grandes. Si el POM no puede ser alcanzado, entonces el diámetro debe ser medido con un relascopio o una cámara digital o una estimación visual como último recurso.</p>	

Fuente: Elaboración propia

3.2.2.5. Registro de Datos

Se registraron los siguientes datos:

- Nro. de subparcela
- Nro. de Placa
- Nombre Científico y Número de Colección
- Coordenadas (x,y)
- Altura
- Diámetro
- Punto Óptimo de Medida (POM)

- Condición del árbol (vivo o muerto)
 - Si está vivo la condición en la que esta (ej. Roto, hueco, podrido, sin hojas etc.)
 - Si esta muerto (muerto en pie, roto, desenraizado, evento múltiple)
- Instrumento que se uso para medir el diámetro del árbol (escalera, relascopio, cámara digital)

3.2.3. ANALISIS DE LA COMPOSICION FLORISTICA

Los datos fueron copilados en una matriz organizada por especies y número de individuos para cada parcela extraídos de la base de datos: Forest Plots Database. www.forestplots.net. Los nombres científicos fueron revisados y actualizados con claves, listados y en las páginas Web de TROPICOS (<http://www.tropicos.org/>) y Forest Plots Database. www.forestplots.net. Los géneros y familias fueron basados en la clasificación filogenética de las Angiospermas, APG III (2009).

Basados en la información de composición y abundancia de especies se aplicó dos análisis que son:

El Análisis de Correspondencias (AC) que es una técnica estadística cuya finalidad es poner de manifiesto gráficamente las relaciones de dependencia existentes entre las diversas modalidades de dos o más variables categóricas a partir de la información proporcionada por sus tablas de frecuencias cruzadas. Construye un diagrama cartesiano basado en la asociación entre las variables analizadas de forma que la proximidad entre los puntos representados está relacionada con el nivel de asociación entre dichas modalidades.

Complementando se hizo análisis de conglomerados (Análisis Cluster) cuya función es dividir un conjunto de datos en grupos de modo que los perfiles en un mismo grupo sean muy similares entre sí (cohesión interna del grupo) y los de datos diferentes sean distintos (aislamiento externo del grupo).

3.2.4. PARÁMETROS DE LA DINÁMICA POBLACIONAL DEL BOSQUE

Para calcular el incremento de biomasa aérea en árboles mayores a 10cm de DAP, es preciso conocer la dinámica poblacional de los mismos, es decir, saber cuántos árboles ingresan como reclutas y cuántos árboles mueren anualmente en cada parcela.

Para tal efecto se ha calculado la tasa de reclutamiento y tasa de mortalidad que refleja el incremento o decremento anual de árboles en cada parcela considerada.

3.2.4.1. Tasa de Tallos Reclutas (Reclutamiento)

Para el cálculo de la tasa anual de reclutamiento se utilizó la siguiente ecuación:

$$TR = [\ln (No - Nm + Nr) - \ln (No - Nm)]/\Delta t$$

Donde:

TR: Tasa anual de reclutamiento

Δt : Diferencia entre dos periodos de medición

Nm: Número de Individuos muertos en una determinada área.

No: Número de individuos al comienzo del periodo.

Nr: Número de individuos reclutados en el segundo periodo.

3.2.4.2. Tasa de Tallos Muertos (Mortalidad)

De la misma manera es necesario calcular la cantidad de árboles que mueren anualmente en cada parcela. Para el cálculo de la tasa anual de mortalidad se uso la siguiente ecuación:

$$TM = [\ln (No) - \ln (No - Nm)]/\Delta t$$

Donde:

TM: Tasa anual de mortalidad

Δt : Diferencia entre dos periodos de medición

N_m : Número de Individuos muertos en una determinada área.

N_o : Número de individuos al comienzo del periodo.

Las tasas de reclutamiento y mortalidad fueron calculadas para cada parcela en cada periodo intercensal y para el periodo completo también.

3.2.4.3. Tasa de Reemplazo o Renovación (% de Turnover)

Es un parámetro que indica la velocidad con la que se renueva la biomasa del ecosistema, tendiendo a disminuir al aumentar la madurez y la complejidad del mismo, esta se da en función de la importancia de la mortalidad y del reclutamiento

$$TRE = \bar{X} \text{ (tasa de mortalidad, tasa de reclutamiento)}$$

3.2.5. CUANTIFICACION DE BIOMASA AÉREA ALMACENADA (AGB)

3.2.5.1. Estimación del Stock de Biomasa Aérea Individual

La biomasa se estimó para cada árbol en función al: diámetro (D) y a la gravedad específica de madera (ρ) siguiendo un modelo alométrico para árboles tropicales basado en todos los datos alométricos pantropicales disponibles para bosques húmedos de tierras bajas (Chave *et al.* 2005):

$$\langle AGB \rangle_{est} = \rho \times \exp(-1.499 + 2.148 \ln(D) + 0.207 (\ln(D))^2 - 0.0281(\ln(D))^3)$$

La densidad ρ para cada árbol es estimado de los datos neotropicales (Zanne *et al.* 2009), y Global Wood Density Database, donde no hay datos a nivel de especie se uso una media global a nivel de especie (0.62 g/cm^3) para algunos tallos sin información taxonómica y para las familias que no tienen información sobre densidad.

3.2.5.2. Estimación del Stock de Biomasa Aérea Total ($T ha^{-1}$)

$$AGB = \sum_i AGB_{est} / \text{Área}$$

Se estima como la sumatoria de la biomasa arbórea de todos los arboles de la parcela, donde:

AGB_{est} : Biomasa arbórea sobre el suelo

Área: Tamaño de la parcela en hectárea.

3.2.6. DINÁMICA DE LA BIOMASA

3.2.6.1. Estimación del Crecimiento de la Biomasa

Incremento anual de la biomasa aérea debido al crecimiento de los arboles que están vivos en dos censos sucesivos.

$$AGB_{crecimiento} = AGB_{final} - AGB_{inicial} + AGB_{reclutas} + AGB_{perdido}$$

AGB perdido: pérdida de biomasa aérea debido a la mortalidad de los árboles que murieron en el segundo intervalo.

AGB recluta: crecimiento interno anual de biomasa aérea debido al reclutamiento en la clase de diámetro mínimo entre el primero y el segundo censo.

3.2.6.2. Estimación de la ganancia de biomasa

Resulta de la Biomasa ganada por crecimiento sumada con la biomasa almacenada por el reclutamiento de nuevos individuos para el último censo.

$$AGB_{ganado} = \frac{AGB_{crecimiento} + AGB_{reclutamiento}}{\Delta t}$$

3.2.6.3. Estimación de la Ganancia Neta de Biomasa Aérea

La ganancia neta resulta de las ganancias por reclutamiento y crecimiento menos la pérdida por mortalidad.

$$AGB_{neto} = AGB_{ganado} - AGB_{perdido}$$

3.2.7. TRATAMIENTO ESTADISTICO Y SOFTWARE USADOS

Los estadísticos primarios fueron obtenidos en principio en las tablas Excel (Excel 2007), los estadísticos complejos se midieron mediante software especializado como el SPSS Statistics, ver. 18 para calcular los gráficos boxplot de máximos y mínimos, así también se uso el programa PAST ver. 1.89 para realizar el análisis de ordenación como el Análisis de Correspondencia, el Análisis de Conglomerados (Análisis Cluster) y el Análisis de Componentes Principales.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS

4.1.1. COMPOSICIÓN FLORÍSTICA

Los resultados reportados están en base a los datos (Forest Plots Database) y colecciones botánicas tomadas de las 9 parcelas permanentes ocupan un área total de 8.0 ha.

Tabla 11: Cantidad de individuos, géneros y especies para cada año de evaluación por parcela evaluada.

PARCELA	AÑO 2003			AÑO 2006			AÑO 2008			AÑO 2010*			AÑO 2011		
	Individuos	Géneros	Especies	Individuos	Géneros	Especies	Individuos	Géneros	Especies	Individuos	Géneros	Especies	Individuos	Géneros	Especies
TAM-01	600	108	181	600	110	183	619	111	182	-	-	-	595	104	176
TAM-02	654	111	184	672	112	184	680	110	183	-	-	-	658	107	171
TAM-03	356	17	20	351	18	21	367	24	27	-	-	-	357	23	26
TAM-04	301	94	147	293	92	145	301	91	144	-	-	-	286	88	138
TAM-05	531	99	156	531	97	155	534	96	158	-	-	-	526	94	157
TAM-06	629	111	183	642	112	181	642	111	173	-	-	-	659	109	175
TAM-07	524	95	148	511	93	147	508	93	148	-	-	-	507	91	149
TAM-08	527	86	131	527	85	132	517	88	135	-	-	-	512	88	142
TAM-09	-	-	-	-	-	-	-	-	-	556	101	130	552	100	129
Total	4122	721	1150	4127	719	1148	4168	724	1150	556	101	130	4652	804	1263

*Solo para TAM-09.

Ver Anexo 13.

La tabla 11 muestra la cantidad de especies, géneros y la abundancia de individuos encontradas en cada parcela por año de evaluación, no existe diferencias significativas en

cuanto a la composición florística a través de los años en las parcelas permanentes desde el 2003 al 2011.

Para fines representativos se hizo el análisis de composición florística a detalle con los datos actuales (última remediación 2011) de las parcelas evaluadas, donde fueron registrados 4652 individuos ≥ 10 cm de diámetro a la altura del pecho (DAP), donde se identificó un total de 64 familias, 219 géneros, 531 especies.

En la tabla 12 se nombra para cada parcela: el número de individuos, el número de especies, las especies más abundantes, el número de familias, las familias más diversas, el área basal para cada parcela, dando una imagen de la composición florística de cada una de ellas.

Tabla 12: Composición florística actual de las parcelas instaladas en la Reserva Nacional Tambopata.

Parcela	Área	N° Individuos	N° Especies	Especies más Importantes		N° Familias	Familias más diversas	Área Basal m ² / ha
				Especie	Familia			
TAM-01	1 ha	595	166	<i>Iriartea deltoidea</i> <i>Leonia glycyarpa</i> <i>Socratea exorrhiza</i> <i>Euterpe precatoria</i> <i>Pseudolmedia laevis</i> <i>Rinorea viridifolia</i> <i>Pourouma minor</i> <i>Iryanthera juruensis</i> <i>Pseudolmedia macrophylla</i> <i>Siparuna decipiens</i>	Arecaceae Violaceae Arecaceae Arecaceae Moraceae Violaceae Urticaceae Urticaceae Myristicaceae Moraceae Siparunaceae	43	Fabaceae Moraceae Annonaceae Lauraceae Sapotaceae Urticaceae Euphorbiaceae Malvaceae Meliaceae Myristicaceae	28,05
TAM-02	1 ha	658	172	<i>Iriartea deltoidea</i> <i>Euterpe precatoria</i> <i>Sagotia racemosa</i> <i>Siparuna decipiens</i> <i>Pseudolmedia laevis</i> <i>Leonia glycyarpa</i> <i>Socratea exorrhiza</i> <i>Drypetes gentryi</i> <i>Symphonia globulifera</i> <i>Iryanthera juruensis</i>	Arecaceae Arecaceae Euphorbiaceae Siparunaceae Moraceae Violaceae Arecaceae Putranjivaceae Clusiaceae Myristicaceae	41	Fabaceae Moraceae Annonaceae Lauraceae Malvaceae Sapotaceae Myristicaceae Urticaceae Arecaceae Rubiaceae	26,52
TAM-03	0.58 ha	357	26	<i>Lueheopsis hoehnei</i> <i>Mauritia flexuosa</i> <i>Maquira coriácea</i> <i>Licaria armeniaca</i> <i>Virola surinamensis</i> <i>Clarisia biflora</i> <i>Crudia glaberrima</i>	Malvaceae Arecaceae Moraceae Lauraceae Myristicaceae Moraceae Fabaceae	12	Fabaceae Arecaceae Euphorbiaceae Moraceae Annonaceae Lauraceae Combretaceae	40,09

				<i>Euterpe precatoria</i>	Arecaceae		Malvaceae	
				<i>Zygia latifolia</i>	Fabaceae		Meliaceae	
				<i>Alchornea triplinervia</i>	Euphorbiaceae		Myristicaceae	
TAM-04	0.42 ha	286	138	<i>Iryanthera juruensis</i>	Myristicaceae	37	Fabaceae	29,93
				<i>Iriartea deltoidea</i>	Arecaceae		Moraceae	
				<i>Licania heteromorpha</i>	Chrysobalanaceae		Lauraceae	
				<i>Pseudolmedia macrophylla</i>	Moraceae		Sapotaceae	
				<i>Virola sebifera</i>	Myristicaceae		Annonaceae	
				Indet indet			Rubiaceae	
				<i>Oenocarpus bataua</i>	Arecaceae		Arecaceae	
				<i>Rinorea carpinifolia</i>	Violaceae		Myristicaceae	
				<i>Pseudolmedia laevis</i>	Moraceae		Burseraceae	
				<i>Sacoglottis mattogrossensis</i>	Humiriaceae		Chrysobalanaceae	
TAM-05	1 ha	526	157	<i>Pourouma minor</i>	Urticaceae	39	Fabaceae	26,69
				<i>Bixa arborea</i>	Bixaceae		Lauraceae	
				<i>Pseudolmedia laevigata</i>	Moraceae		Moraceae	
				<i>Iryanthera juruensis</i>	Myristicaceae		Annonaceae	
				<i>Ouratea indet</i>	Ochnaceae		Rubiaceae	
				<i>Hevea guianensis</i>	Euphorbiaceae		Euphorbiaceae	
				<i>Licania heteromorpha</i>	Chrysobalanaceae		Malvaceae	
				<i>Hebepetalum humiriifolium</i>	Linaceae		Myristicaceae	
				<i>Siparuna decipiens</i>	Siparunaceae		Sapotaceae	
				<i>Ocotea bofo</i>	Lauraceae		Urticaceae	
TAM-06	1 ha	659	175	<i>Iriartea deltoidea</i>	Arecaceae	45	Fabaceae	35,10
				<i>Socratea exorrhiza</i>	Arecaceae		Annonaceae	
				<i>Rinorea viridifolia</i>	Violaceae		Moraceae	
				<i>Astrocaryum gratum</i>	Arecaceae		Lauraceae	
				Indet indet			Sapotaceae	
				<i>Mabea nitida</i>	Euphorbiaceae		Meliaceae	
				<i>Leonia glycyarpa</i>	Violaceae		Myristicaceae	
				<i>Celtis schippii</i>	Cannabaceae		Arecaceae	
				<i>Pourouma cecropiifolia</i>	Urticaceae		Malvaceae	
				<i>Leonia racemosa</i>	Violaceae		Rubiaceae	

TAM-07	1 ha	507	148	<i>Pourouma minor</i> <i>Iryanthera juruensis</i> <i>Tetragastris altissima</i> <i>Iryanthera laevis</i> <i>Siparuna decipiens</i> <i>Hebepetalum humiriifolium</i> <i>Ouratea indet</i> <i>Roucheria punctata</i> <i>Ocotea indet</i>	Urticaceae Myristicaceae Burseraceae Myristicaceae Siparunaceae Ochnaceae Linaceae Lauraceae	45	Fabaceae Moraceae Lauraceae Annonaceae Urticaceae Rubiaceae Sapotaceae Burseraceae Euphorbiaceae	23,11
TAM-08	1 ha	512	142	<i>Iriartea deltoidea</i> <i>Iryanthera juruensis</i> <i>Siparuna decipiens</i> <i>Iryanthera laevis</i> <i>Pourouma minor</i> <i>Inga indet</i> <i>Leonia glycyarpa</i> <i>Pseudolmedia laevigata</i> <i>Euterpe precatoria</i> <i>Symphonia globulifera</i>	Arecaceae Myristicaceae Siparunaceae Myristicaceae Urticaceae Fabaceae Violaceae Moraceae Arecaceae Clusiaceae	42	Achariaceae Anacardiaceae Annonaceae Apocynaceae Arecaceae Bignoniaceae Boraginaceae Burseraceae Celastraceae Chrysobalanaceae	22,49
TAM-09	1 ha	552	129	<i>Iriartea deltoidea</i> <i>Indet indet</i> <i>Leonia glycyarpa</i> <i>Pseudolmedia laevis</i> <i>Oxandra riedeliana</i> <i>Trigynaea duckei</i> <i>Euterpe precatoria</i> <i>Pouteria indet</i> <i>Quararibea indetn</i> <i>Siparuna decipiens</i>	Arecaceae Violaceae Moraceae Annonaceae Annonaceae Arecaceae Sapotaceae Malvaceae Siparunaceae	47	Moraceae Fabaceae Annonaceae Lauraceae Sapotaceae Lecythidaceae Myristicaceae Arecaceae Burseraceae Malvaceae	25,08

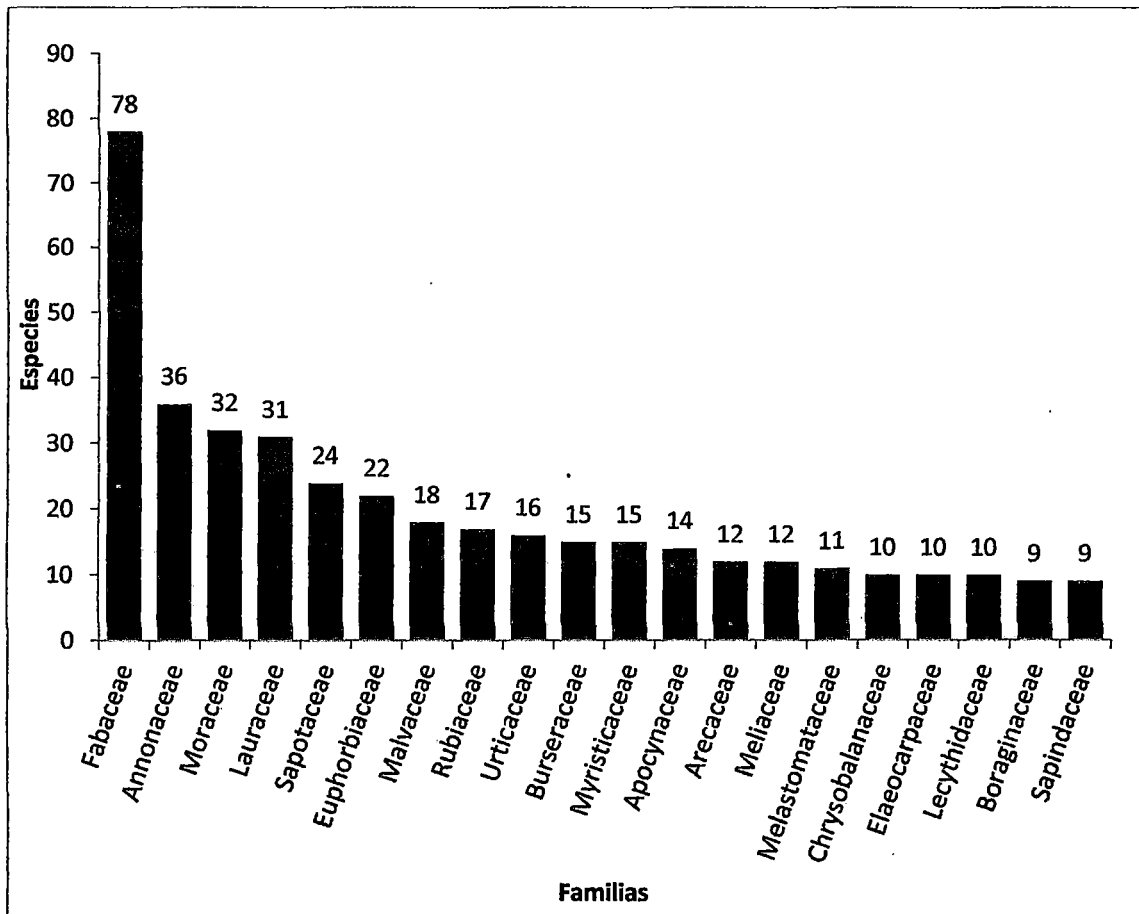
Tabla 13: Familias identificadas en el 2011 con la cantidad de géneros, especies e individuos.

N°	FAMILIA	GENEROS	ESPECIES	INDIVIDUOS
1	Achariaceae	1	1	27
2	Anacardiaceae	4	7	21
3	Annonaceae	11	36	192
4	Apocynaceae	6	14	45
5	Araliaceae	1	1	2
6	Arecaceae	9	12	855
7	Bignoniaceae	2	6	18
8	Bixaceae	1	1	20
9	Boraginaceae	1	9	30
10	Burseraceae	5	15	71
11	Cannabaceae	1	1	16
12	Capparaceae	1	2	4
13	Cardiopteridaceae	1	1	3
14	Caricaceae	1	1	1
15	Caryocaraceae	1	2	5
16	Celastraceae	2	3	4
17	Chrysobalanaceae	2	10	65
18	Clusiaceae	5	8	83
19	Combretaceae	2	4	9
20	Dichapetalaceae	1	3	7
21	Ebenaceae	1	2	10
22	Elaeocarpaceae	1	10	45
23	Erythroxylaceae	1	1	1
24	Euphorbiaceae	11	22	104
25	Fabaceae	32	78	356
26	Humiriaceae	1	1	6
27	Hypericaceae	1	1	1
28	Lacistemataceae	1	3	10
29	Lauraceae	12	31	200
30	Lecythidaceae	6	10	68
31	Linaceae	2	3	54
32	Lythraceae	1	1	1

N°	FAMILIA	GENEROS	ESPECIES	INDIVIDUOS
33	Malpighiaceae	1	3	5
34	Malvaceae	9	18	346
35	Melastomataceae	3	11	32
36	Meliaceae	4	12	58
37	Memecylaceae	1	3	8
38	Monimiaceae	1	2	4
39	Moraceae	12	32	367
40	Myristicaceae	3	15	291
41	Myrtaceae	3	6	19
42	Nyctaginaceae	1	7	48
43	Ochnaceae	1	2	31
44	Olacaceae	2	6	41
45	Phytolaccaceae	1	1	4
46	Picramniaceae	1	1	1
47	Piperaceae	1	1	1
48	Polygonaceae	2	5	6
49	Putranjivaceae	1	3	28
50	Quinaceae	2	5	14
51	Rosaceae	1	2	3
52	Rubiaceae	12	17	74
53	Rutaceae	2	2	6
54	Sabiaceae	1	1	25
55	Salicaceae	4	8	33
56	Sapindaceae	3	9	26
57	Sapotaceae	5	24	159
58	Simaroubaceae	2	2	7
59	Siparunaceae	1	4	112
60	Staphyleaceae	1	1	8
61	Strelitziaceae	1	1	2
62	Ulmaceae	1	2	16
63	Urticaceae	4	16	292
64	Violaceae	4	9	221
	TOTAL	219	531	4622

Entre las 20 familias más diversas destacan Fabaceae presenta 78 especies identificadas, que fue la familia más importante. Las familias como Annonaceae con 36, Moraceae con 32, Lauraceae 31, Sapotaceae 24, Euphorbiaceae 22, las demás presentan valores menores a 20 especies por familia. (Figura 16)

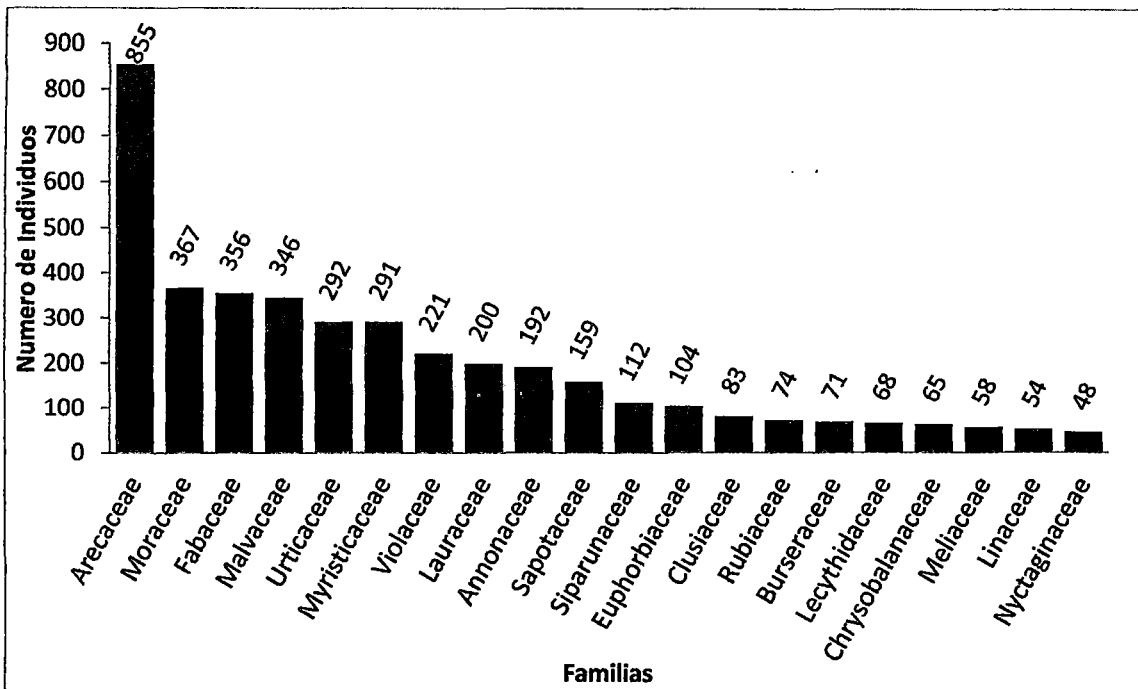
Figura 16: Familias más diversas en la Reserva Nacional Tambopata.



Fuente: Tabla 13

Las familias más importantes en relación al número de individuos son: Areaceae con 855 individuos seguida de Moraceae con 367 individuos, Fabaceae 356, Malvaceae 346 y las demás tienen valores menores a 292 individuos (Figura 17). Familias netamente de representación amazónica.

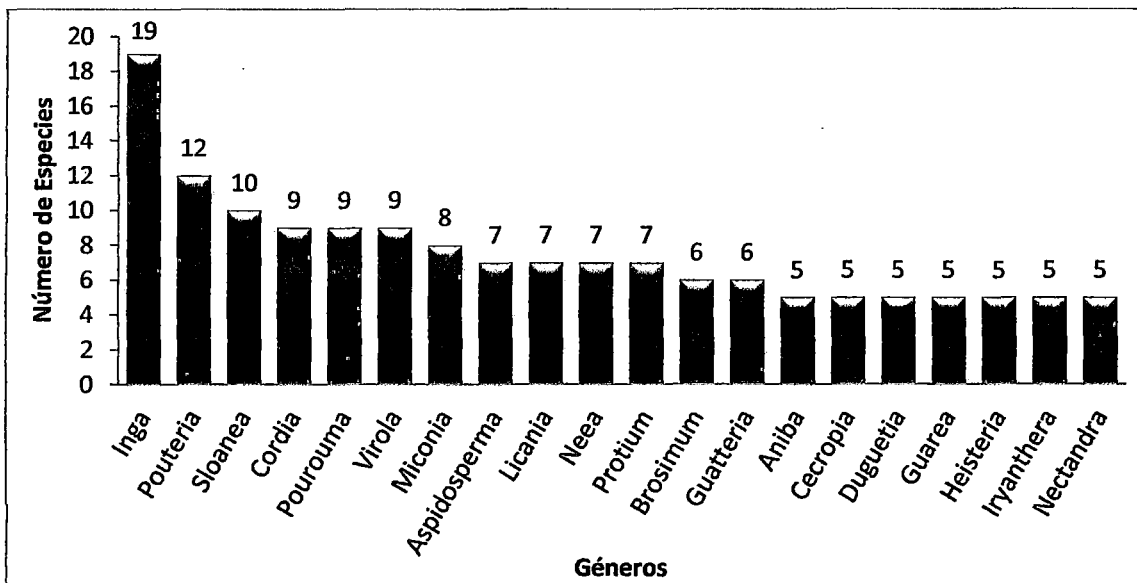
Figura 17: Familias con mayor número de individuos



Fuente: Tabla 13

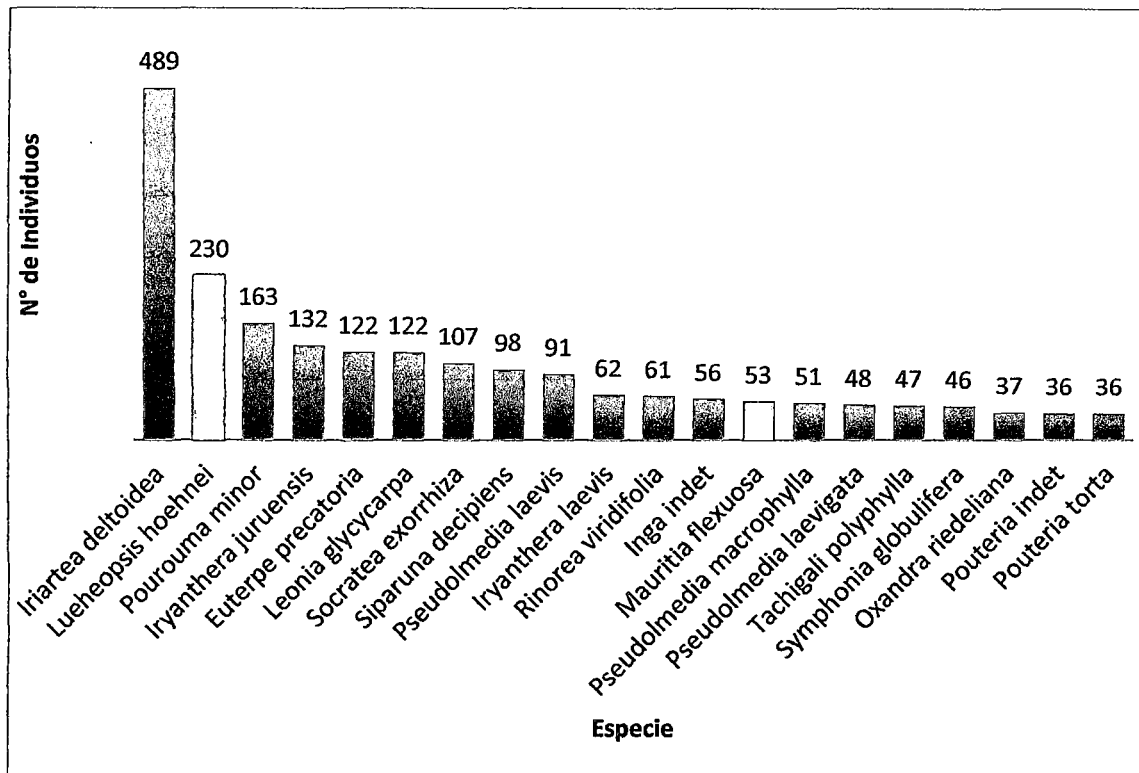
Los géneros más diversos son Inga (Fabaceae) con 19, Pouteria (Sapotaceae) con 12, Sloanea (Elaeocarpaceae) con 10, además Cordia (Boraginaceae), Pourouma (Malvaceae) y Virola (Myristicaceae) con 9 cada una. (Figura 18)

Figura 18: Géneros más diversos en la Reserva Nacional Tambopata.



Fuente: Anexo 12.

Figura 19: Especies con mayor número de individuos en la Reserva Nacional Tambopata.



Fuente: Anexo 12.

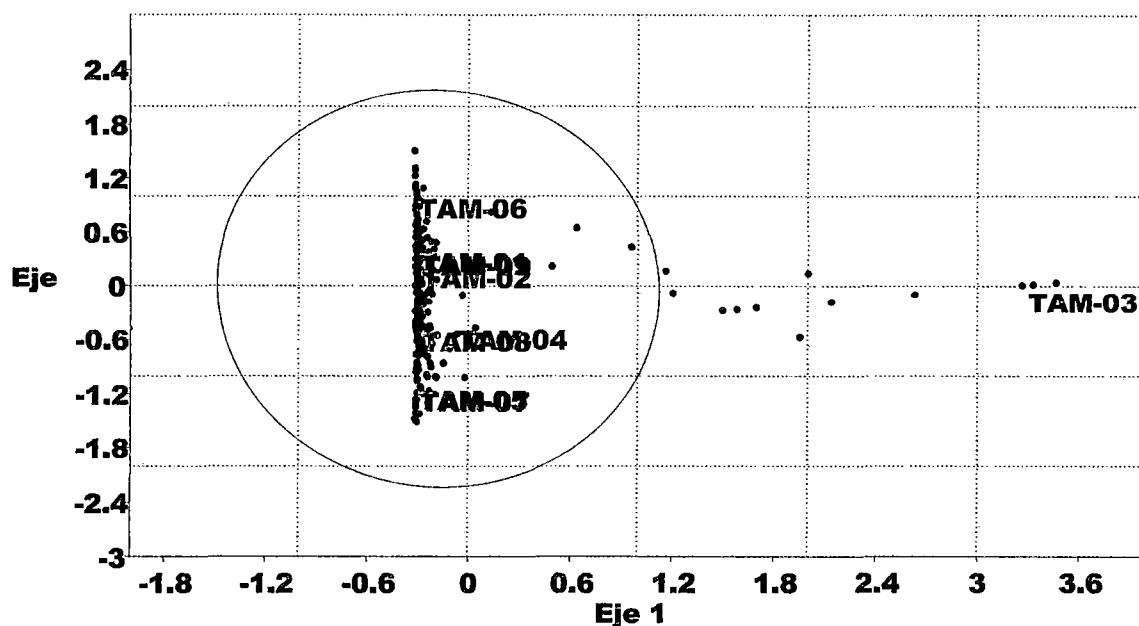
Se identificó las especies con mayor número de individuos en toda el área de estudio contabilizado en la evaluación del 2011. La palmera *Iriartea deltoidea* es la más abundante con un total de 489 individuos, seguida de *Pourouma minor* con 163, *Iryanthera juruensis* con 132, *Euterpe precatória* y *Leonia glycyarpa* con 122 individuos, *Socratea exorrhiza* con 107 individuos, éstas especies son las más abundantes en el área de estudio, cabe señalar que 385 especies identificadas representan el 72.78 % tienen valores ≤ 5 individuos en todo el área estudiada. (Figura 19)

La especie *Lueheopsis hoehnei* con 230 individuos, no significa que sea común, sino dominante únicamente en la parcela TAM-03, la cual es una zona pantanosa asociada a otras especies como *Mauritia flexuosa* “aguaje”.

El análisis de correspondencia (CA) arrojó una figura en el cual indica que hay un 88 % de variación de los datos en la que claramente se observa que la parcela TAM-03 muestra una composición florística diferente respecto a las demás parcelas, manifestando una definida

agrupación en dos tipos básicos: los bosques de terraza firme con suelos drenados y bosques estacionalmente inundados.

Figura 20: Análisis de Correspondencia (CA) de la composición florística por parcela.

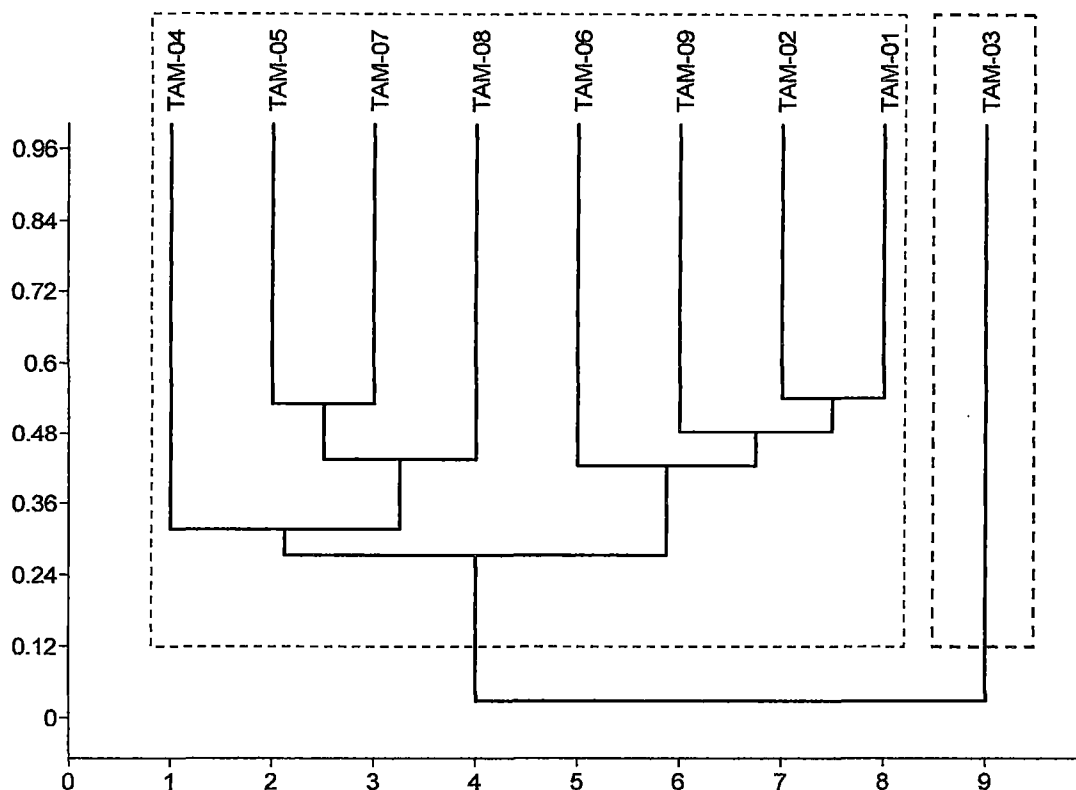


Fuente: Anexo 12

Hay una similitud notable en la representación relativa de las especies de cada familia entre parcelas. La palmera *Iriartea deltoidea* es la especie con mayor número de individuos en TAM-01, TAM-02, TAM-06, TAM-08 y TAM-09, en cambio algunas especies son muy concentradas en una única parcela, tal como *Lueheopsis hoehnei* en TAM-03, *Iryanthera juruensis* en TAM-04 y *Pourouma minor* en TAM-05 y TAM-07, pero la mayoría de las especies tienen una importante representación en más de una parcela.

Para complementar el análisis sobre la composición florística, el análisis cluster representa como las parcelas en base a las especies y cantidad se conectan mediante enlaces cuya posición en el diagrama muestra el grado de similaridad, mediante la medida de Bray-Curtis. La figura 21 muestra dos agrupaciones notorias influenciadas por las especies y cantidad en cada parcela, aislando a TAM-03 en un grupo diferente de las demás parcelas que forman otro grupo. Mientras más cerca a uno mayor similaridad entre parcelas

Figura 21: Análisis Cluster de las nueve parcelas evaluadas en base a la similitud de especies.

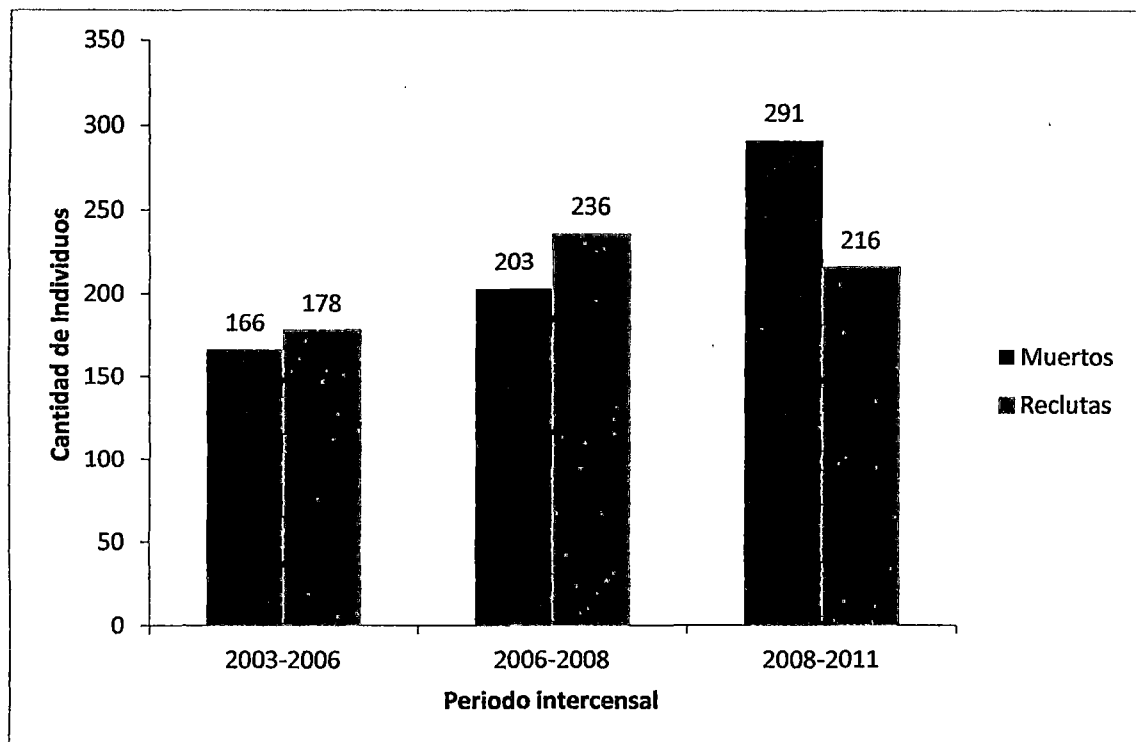


Fuente: Anexo 12

4.1.2. DINÁMICA POBLACIONAL

4.1.2.1. TASAS DE MORTALIDAD Y RECLUTAMIENTO

La cantidad de individuos muertos ha ido en aumento en cada periodo intercensal, en el primer periodo (2003-2006) se registraron 166 árboles muertos, el segundo periodo (2006-2008) fueron 205 y para el último periodo murieron 291 árboles, se encuentra una relación positiva directa entre el número de árboles muertos y el tiempo ($R^2=0.947$), mientras que la cantidad de individuos reclutados no presenta relación con el tiempo, en los dos primeros periodos aumentaron de 178 a 236 individuos, cantidades que superan a los individuos muertos, sin embargo del 2008 al 2011 los individuos reclutas presentan una cantidad menor que los individuos muertos. (Figura 22)

Figura 22: Individuos muertos y reclutas para cada periodo intercensal.

Fuente: Anexo 11

La dinámica de individuos a través del tiempo se ve reflejada en la tabla 14 en donde se halló la tasa de mortalidad, reclutamiento y recambio de individuos para cada parcela evaluada desde el año 2003 al 2011.

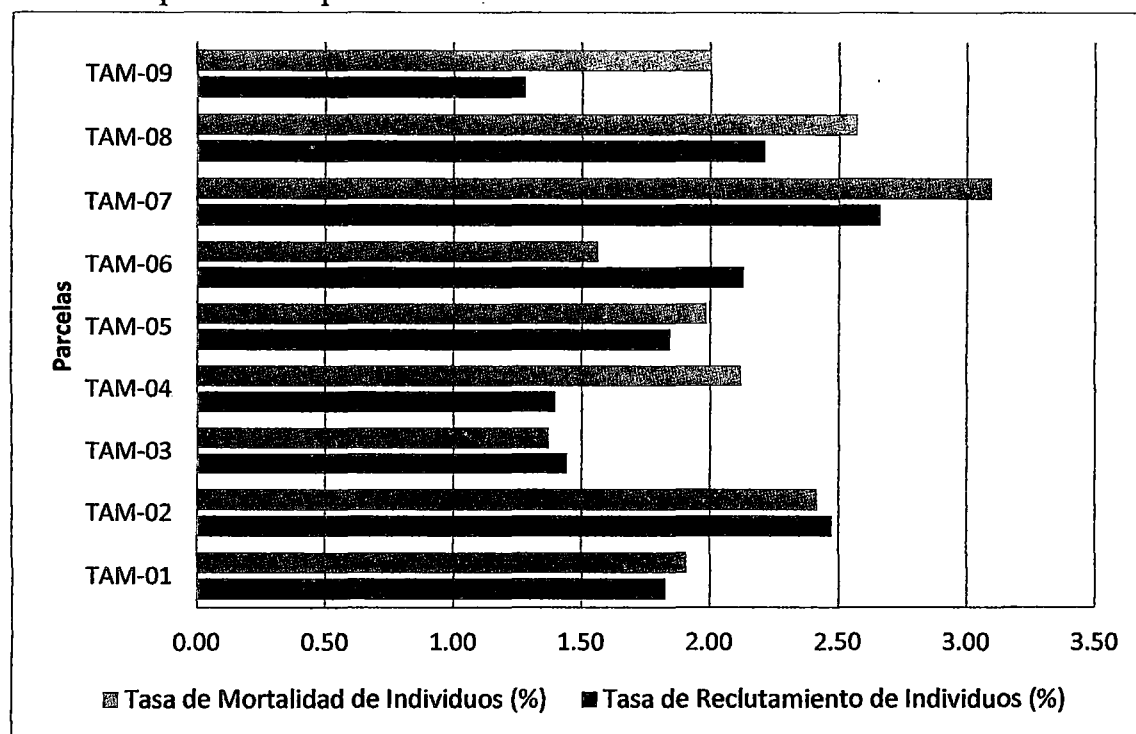
- Tasa de Mortalidad Anual de Individuos: Las parcelas presentan un rango entre 1.37- 3.10 %, siendo la parcela TAM-07 la que tiene la mayor tasa de mortalidad. Se registro 660 individuos muertos durante 8 años en las parcelas de la Reserva Nacional Tambopata, donde el promedio hallado para las 9 parcelas evaluadas es 2.12 ± 0.52 %.
- Tasa de Reclutamiento Anual de Individuos: El rango de la tasa de reclutamiento va desde 1.28 a 2.66 % este valor máximo es alcanzado por TAM-07, la tasa de reclutamiento anual promedio es de 1.92 ± 0.49 % con el registro de 630 individuos reclutas.

Tabla 14: Dinámica de Individuos en las parcelas permanentes del 2003 al 2011: Tasa de Mortalidad, Tasa de reclutamiento y Tasa de recambio.

PARCELA	Individuos Inicio(2003)	Individuos final(2011)	Individuos muertos	Individuos Reclutas	Tiempo de Medición (años)	Tasa de Mortalidad de Individuos (%)	Tasa de Reclutamiento de Individuos (%)	Tasa de Recambio de Individuos (%)
TAM-01	600	595	85	81	8	1.91	1.83	1.87
TAM-02	654	658	115	118	8	2.42	2.47	2.45
TAM-03	356	357	37	39	8	1.37	1.44	1.41
TAM-04	301	286	47	30	8	2.12	1.40	1.76
TAM-05	531	526	78	72	8	1.99	1.84	1.91
TAM-06	629	659	74	103	8	1.56	2.13	1.85
TAM-07	524	507	115	97	8	3.10	2.66	2.88
TAM-08	527	512	98	83	8	2.57	2.21	2.39
TAM-09	556	552	11	7	1	2.00	1.28	1.64
TOTAL	4122	4652	660	630	65	19.04	17.26	18.15
<i>PROM</i>	515.25	516.89	73	70	7	2.12	1.92	2.02
<i>MAX</i>	654	659	115	118	8	3.10	2.66	2.88
<i>MIN</i>	301	286	11	7	1	1.37	1.28	1.41
<i>DES.EST</i>	125.98	125.76	35.60	36.99	2.33	0.52	0.49	0.46

La figura 23 muestra la comparación de las tasas anuales de mortalidad y reclutamiento, donde se observa que existen 6 parcelas que representan 66.6 % del total, donde la tasa de mortalidad es mayor a la tasa de reclutamiento, la mayor diferencia entre la tasa de mortalidad y de reclutamiento se da en la parcela TAM-04 en la cual la mortalidad supera al reclutamiento por 0.73 %, por el contrario en TAM-06, TAM-03 y TAM-02 la tasa de reclutamiento superó a la tasa de mortalidad con valores mínimos de 0.56 %, 0.06 % y 0.07 % respectivamente.

Figura 23: Tasa de mortalidad y tasa de reclutamiento de individuos por parcela en el periodo completo de monitoreo.



Fuente: Tabla 14.

4.1.2.2. TASA DE RECAMBIO O RENOVACIÓN

- La tasa de recambio de individuos resulta del promedio de la tasa de mortalidad y la tasa de reclutamiento, muestra valores en los cuales predeciblemente la parcela TAM-07 es la que tuvo un proceso de cambio de individuos más veloz presentando un valor de 2.88 %; el rango de la tasa de recambio varía entre 1.41 y 2.88 % y el valor promedio es de 2.02 ± 0.46 %. Cabe mencionar que la tasa de recambio determina la dinámica del bosque e indirectamente podría condicionar la diversidad de especies que pueda contener un área dada.

4.1.3. CUANTIFICACION DE BIOMASA AÉREA ALMACENADA (AGB)

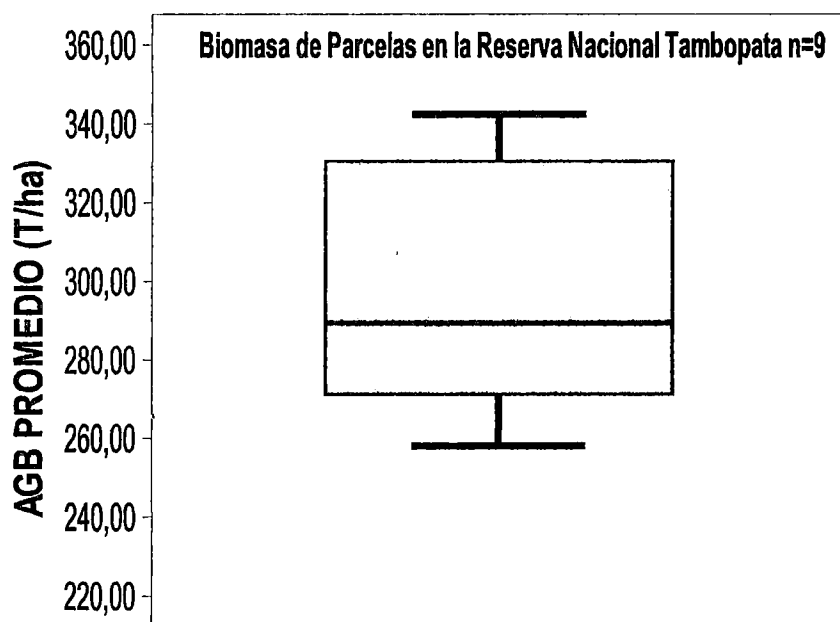
Se estimó la Biomasa Aérea Almacenada promedio del bosque primario maduro de la Reserva Nacional Tambopata en nueve parcelas permanentes con un total de 8.0 ha de superficie que presenta un tiempo de evaluación de 8 años.

Tabla 15: Biomasa aérea almacenada en el intervalo completo por parcelas y sus respectivas tasas de cambio.

INTERVALO COMPLETO (2003-2011)						
PARCELA	AGB Inicial (T ha ⁻¹)	AGB Final (T ha ⁻¹)	AGB promedio (T ha ⁻¹)	Tiempo (años)	AGB cambio (T ha ⁻¹)	AGB cambio, por año (T ha ⁻¹ año ⁻¹)
TAM-01	253.34	273.67	263.51	8	20.33	2.54
TAM-02	284.89	257.52	271.20	8	-27.37	-3.42
TAM-03	321.30	363.41	342.36	8	42.11	5.26
TAM-04	336.78	347.25	342.01	8	10.47	1.31
TAM-05	283.05	311.08	297.06	8	28.03	3.50
TAM-06	308.72	352.14	330.43	8	43.41	5.43
TAM-07	315.64	263.12	289.38	8	-52.52	-6.56
TAM-08	254.74	261.40	258.07	8	6.66	0.83
TAM-09*	276.31	266.68	271.50	1	-9.62	-9.62
Contando			9	9	9	9
Promedios			296.17	7.22	6.83	-0.08
Desviación Estándar			33.92	2.33	32.00	5.31
Intervalo de confianza, 95 %			22.16	1.52	20.90	3.47

*Parcela instalada el 2010

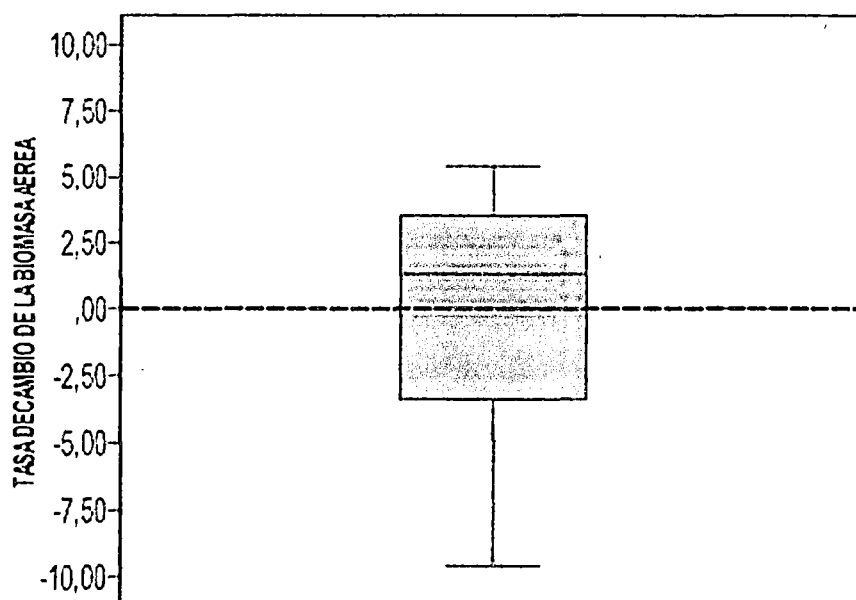
Figura 24: Biomasa Aérea Almacenada promedio en las parcelas permanentes de la Reserva Nacional Tambopata (8 años de evaluación).



Fuente: Tabla 15.

A lo largo de los años de evaluación se registró el diámetro a un total de 17625 individuos mayores a 10 cm de DAP a los cuales se estimó la biomasa individual, posteriormente se totalizó por hectárea de los cuales se obtiene un promedio total de $296.17 \pm 33.92 \text{ T ha}^{-1}$ de Biomasa Aérea almacenada. (Figura 24)

Figura 25: Tasa de cambio de Biomasa Aérea Almacenada por año



Fuente: Tabla 15

Los bosques maduros primarios de la Reserva Nacional Tambopata a través de los 8 años de evaluación han perdido biomasa, resultando una tasa de cambio promedio igual a $-0.081 \pm 5.31 \text{ T ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$, que resulta de la tasa de cambio de biomasa por hectárea entre el tiempo de evaluación es así que en el diagrama de caja (Figura 25), la caja central indica el rango del 50 % de los datos y los bigotes los valores extremos de $-9.62 \text{ T ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ que presentó TAM-09 y $5.42 \text{ T ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ que se presentó en TAM-06.

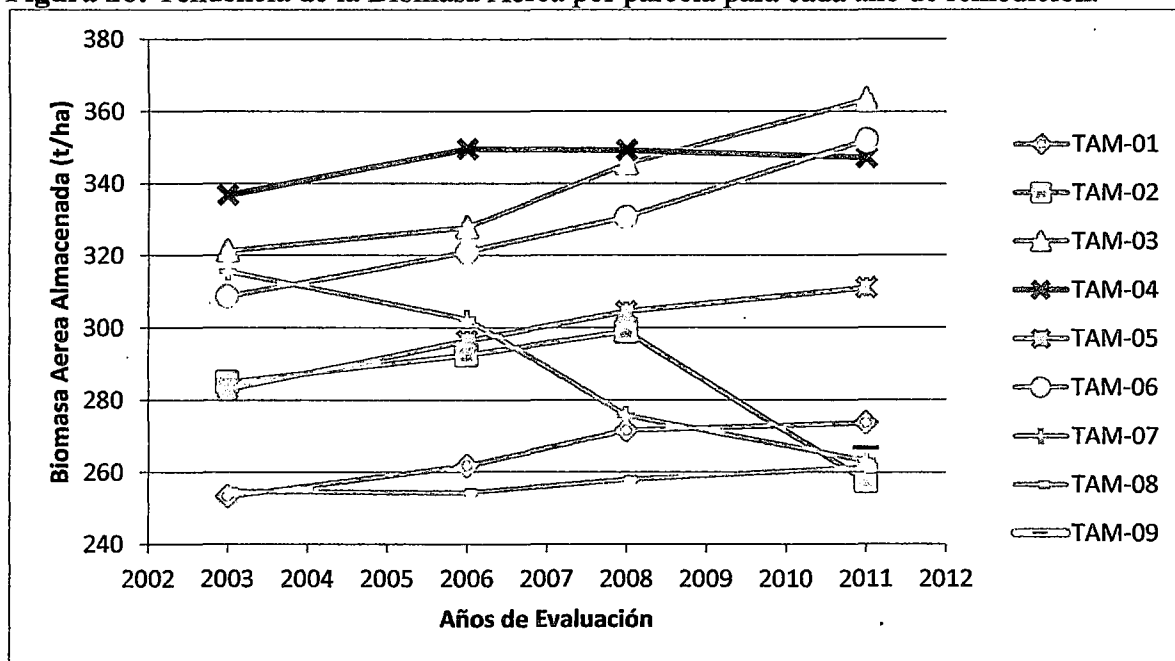
La tabla 15, muestra la biomasa aérea almacenada en cada parcela por cada evaluación a partir del año 2003 al 2011. Todas las parcelas se evaluaron desde el año 2003 excepto TAM-09 que fue recién instalado el año 2010. Se observa que no existe una relación directa entre el número de individuos encontrados por parcela y la biomasa aérea almacenada.

Tabla 16: Biomasa Aérea (AGB) cuantificada para cada año de evaluación por parcela

Parcela	Tamaño (ha)	Indiv. 2003	AGB 2003 (T ha ⁻¹)	Indiv. 2006	AGB 2006 (T ha ⁻¹)	Indiv. 2008	AGB 2008 (T ha ⁻¹)	Indiv. 2011	AGB 2011 (T ha ⁻¹)
TAM-01	1	600	253.34	600	261.81	619	271.62	595	273.67
TAM-02	1	654	284.89	672	292.45	680	298.89	658	257.52
TAM-03	0.58	356	321.30	351	327.82	367	345.44	357	363.41
TAM-04	0.42	301	336.78	293	349.60	301	349.22	286	347.25
TAM-05	1	531	283.05	531	296.46	534	304.55	526	311.08
TAM-06	1	629	308.72	642	320.89	642	330.59	659	352.14
TAM-07	1	524	315.64	511	302.43	508	275.75	507	263.12
TAM-08	1	527	254.74	527	254.32*	517	257.93	512	261.40
TAM-09	1					556	276.31**	552	266.68
TOTAL	8	4122	2358.46	4127	2405.78	4724	2434.04	4652	2695.06

*AGB 2005; **AGB 2010. Ecuación alométrica de Chave *et al.* 2005

En las parcelas a través del tiempo, la biomasa aérea es variable como consecuencia de la dinámica del bosque, mostrando diferentes tendencias (Figura 26)

Figura 26: Tendencia de la Biomasa Aérea por parcela para cada año de remediación.

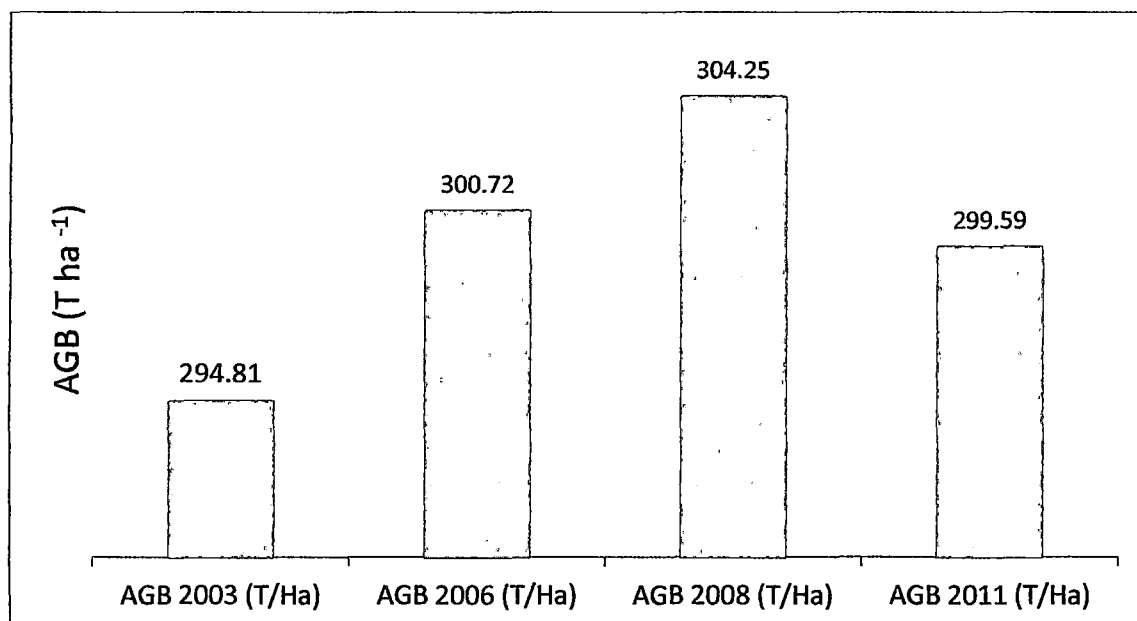
Fuente: Tabla 16

Las parcelas con tendencia al incremento de biomasa a lo largo del tiempo son: TAM-01, TAM-03, TAM-05, TAM-06, sin embargo TAM-07 tiene tendencia a la disminución de biomasa de 315.74 T ha^{-1} en el 2003 a 263.12 T ha^{-1} en el 2011.

En el caso de TAM-02 del 2003 al 2008 la biomasa gano 14 T ha^{-1} ; sin embargo, para el último periodo intercensal esta parcela perdió 41.37 T ha^{-1} en tres años, es decir tres veces la ganancia de cinco años y la parcela TAM-04 en el primer periodo intercensal gano biomasa rápidamente con un valor de 12.82 T ha^{-1} luego disminuye en las siguientes dos remediciones perdiendo 2.35 T ha^{-1} desde el 2006 al 2011.

La figura 27 muestra el promedio de la biomasa aérea (AGB) de árboles por año de medición toma valores crecientes partiendo con 294.81 T ha^{-1} en el 2003 alcanza su mayor valor el año 2008 con 304.25 T ha^{-1} . Sin embargo decrece para el 2011 en 299.59 T ha^{-1} , pero no presentan diferencias estadísticamente significativas ($F= 0,59$; $P > 0,05$) en sus promedios a un nivel de confianza del 95 %.

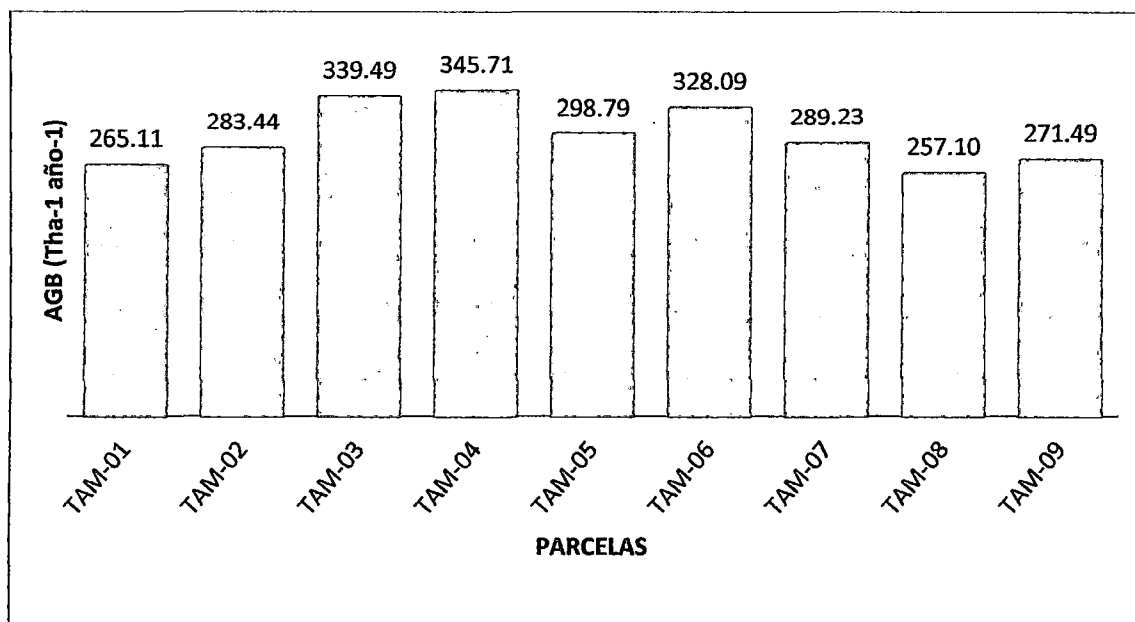
Figura 27: Biomasa Aérea Almacenada promedio para los 4 años de evaluación



Fuente: Tabla 16

Analizando el promedio de biomasa aérea almacenada a nivel de parcelas se observa que las parcelas que registran los promedios más altos son TAM-03, TAM-04 y TAM-06 (339.49, 345.71 y 328.09 T ha⁻¹) respectivamente y los valores más bajos son de las parcelas TAM-08 y TAM-01 con 257.1 T ha⁻¹ y 265.11 T ha⁻¹, no existen diferencias significativas entre estos valores. (Figura 28)

Figura 28: Promedio de Biomasa Aérea por parcela en el tiempo completo de evaluación.



Fuente: Tabla 16

4.1.4. DINÁMICA DE LA BIOMASA EN EL PERIODO COMPLETO (2003-2011)

La dinámica de la biomasa a lo largo de los años evaluados se revela en la tabla 16 donde se halla la tasa de mortalidad, reclutamiento y recambio de la biomasa, es así que:

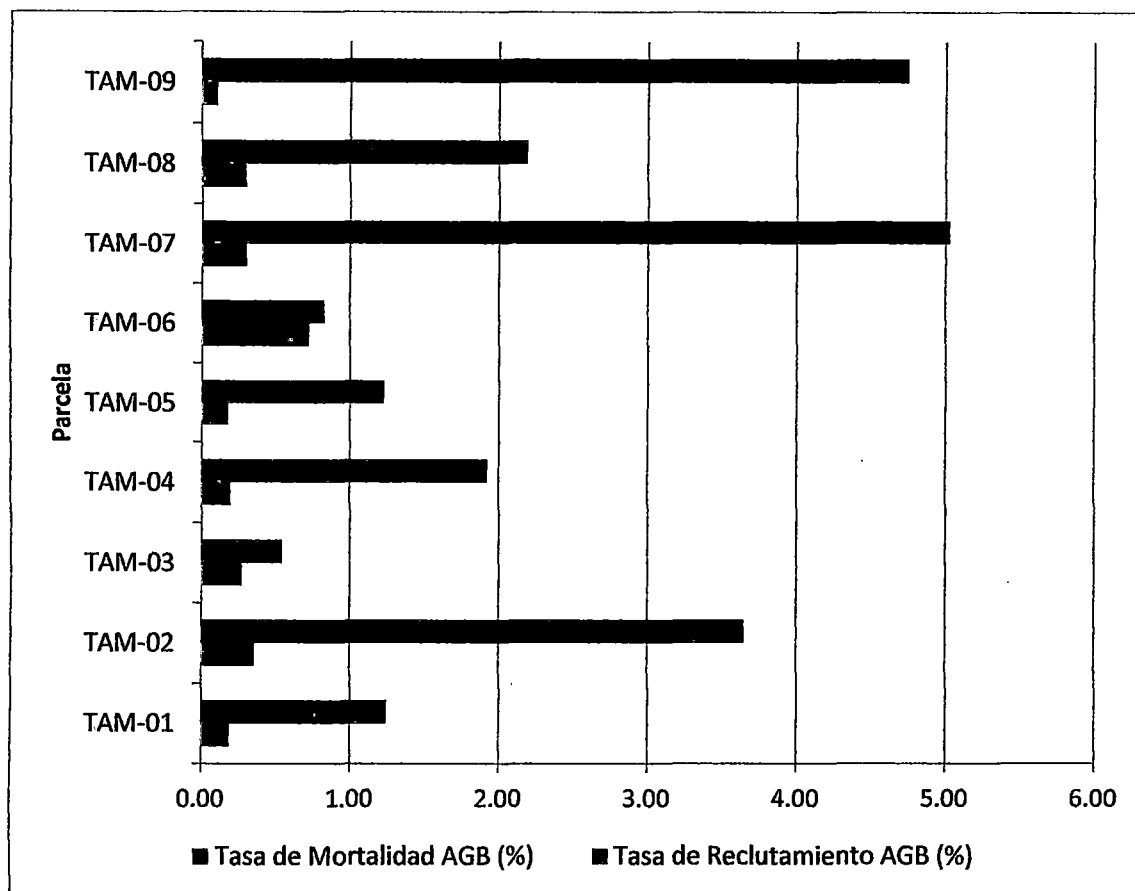
- La tasa de Mortalidad de la biomasa aérea almacenada anual presenta un rango entre 0.55 % y 5.03 % en la parcela TAM-07, donde la cantidad de biomasa aérea pérdida total es de 104.55 T ha⁻¹. La tasa de mortalidad anual promedio es de 2.38 ± 1.69 % que corresponde a una pérdida de biomasa de 40.28 T ha⁻¹ por parcela para el periodo en estudio.

Tabla 17: Parámetros de la Dinámica de la Biomasa en Parcelas permanentes en la Reserva Nacional Tambopata. AGB: Biomasa Aérea Almacenada, periodo de evaluación 2003-2011.

PARCELA	AGB Inicial (T ha ⁻¹)	AGB Final (T ha ⁻¹)	AGB Muertos (T ha ⁻¹)	AGB Reclutas (T ha ⁻¹)	Tiempo de Medición (años)	Tasa de Mortalidad AGB (%)	Tasa de Reclutamiento AGB (%)	Tasa de Recambio AGB (%)
TAM-01	253.34	273.67	24.00	3.50	8	1.24	0.19	0.72
TAM-02	284.89	257.52	72.15	6.17	8	3.65	0.36	2.00
TAM-03	321.30	363.41	13.73	6.73	8	0.55	0.27	0.41
TAM-04	336.78	347.25	48.04	4.60	8	1.92	0.20	1.06
TAM-05	283.05	311.08	26.48	3.65	8	1.23	0.18	0.70
TAM-06	308.72	352.14	19.80	17.19	8	0.83	0.72	0.78
TAM-07	315.64	263.12	104.55	5.13	8	5.03	0.30	2.66
TAM-08	254.74	261.40	40.97	5.15	8	2.19	0.30	1.24
TAM-09	276.31	266.68	12.81	0.28	1	4.75	0.11	2.43
TOTAL	2358.46	2695.06	362.54	52.40	65	21.39	2.62	12.00
<i>PROM</i>	294.81	299.45	40.28	5.82	7	2.38	0.29	1.33
<i>MAX</i>	336.78	362.20	104.55	17.19	8	5.03	0.72	2.66
<i>MIN</i>	253.34	257.52	12.81	0.28	1	0.55	0.11	0.41
<i>DES.EST</i>	30.83	44.09	30.70	4.66	2.33	1.69	0.18	0.82

- La tasa de reclutamiento de la biomasa aérea almacenada varía de 0.11 % a 0.72 % en la parcela TAM-06 la que obtuvo mayor biomasa por reclutamiento con un valor de 17.19 T ha⁻¹ en ocho años de evaluación. La tasa de reclutamiento anual promedio es de 0.29 ± 0.18 % que corresponde a una ganancia de biomasa promedio de 5.82 T ha⁻¹ por parcela en el tiempo de evaluación.
- La tasa de renovación o recambio resulta del promedio de la tasa de mortalidad y la tasa de reclutamiento registra valores entre 0.41 y 2.66 %, siendo la parcela más dinámica TAM-07 con un valor de 2.66 % y la parcela menos dinámica TAM-03 con 0.41 %, el promedio de la tasa de renovación es de 1.33 %.

Figura 29: Tasa de Mortalidad y Reclutamiento de la Biomasa Aérea Almacenada en las parcelas permanentes dentro de la Reserva Nacional Tambopata



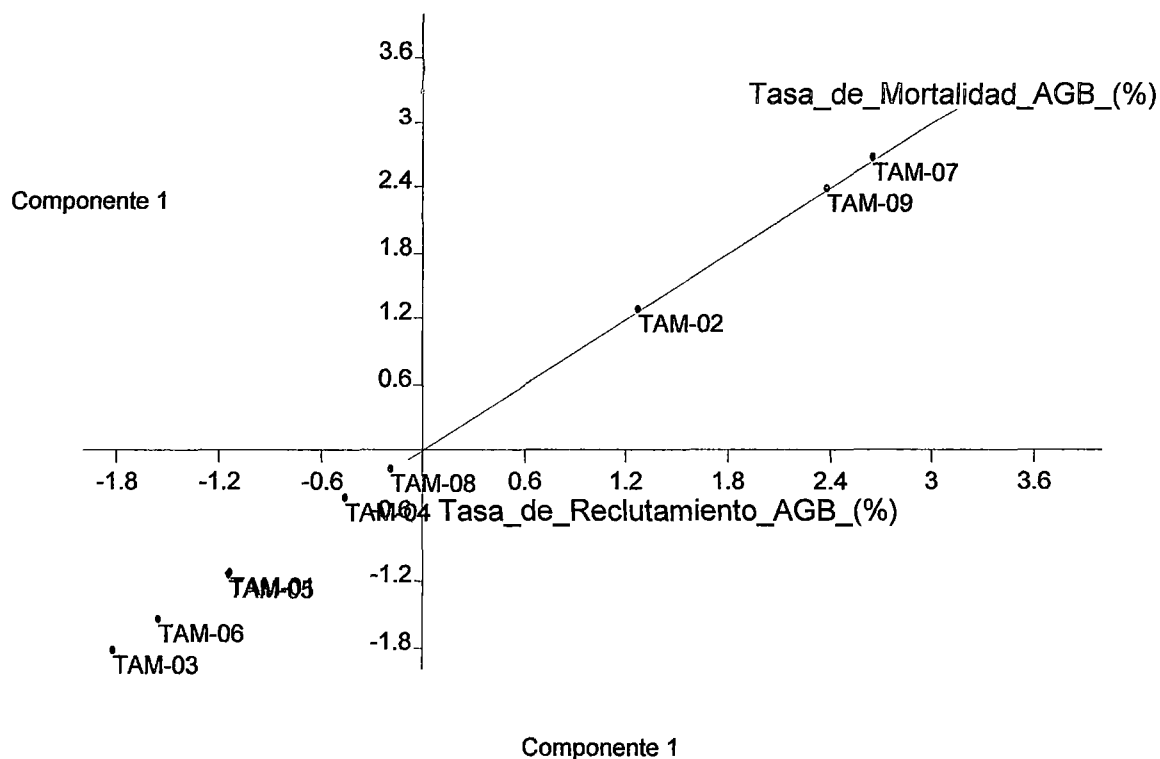
Fuente: Tabla 17

La figura 29 muestra la tasa de mortalidad respecto a la tasa de reclutamiento de biomasa aérea, evidenciando una gran diferencia entre las tasas, esta divergencia está dada por los altos valores que presenta la tasa de mortalidad de biomasa aérea donde absolutamente todas las parcelas presenta valores superiores a la tasa de reclutamiento la cual no supera el 1 %.

En siete parcelas la tasa de mortalidad es superior a la tasa de reclutamiento encontrándose diferencias significativas en TAM-02, TAM-07 y TAM-9, contrariamente existen dos parcelas TAM-03 y TAM-06 que la diferencia entre las tasas es insignificante. Esta aseveración se observa gráficamente con un análisis de correspondencia (Figura 30).

Se realizó un análisis de varianza ANOVA para evaluar la existencia de diferencias significativas entre las medianas de las tasas de mortalidad y reclutamiento, obteniendo el valor de $p=0.0076$ afirmando la existencia de diferencias entre las tasas

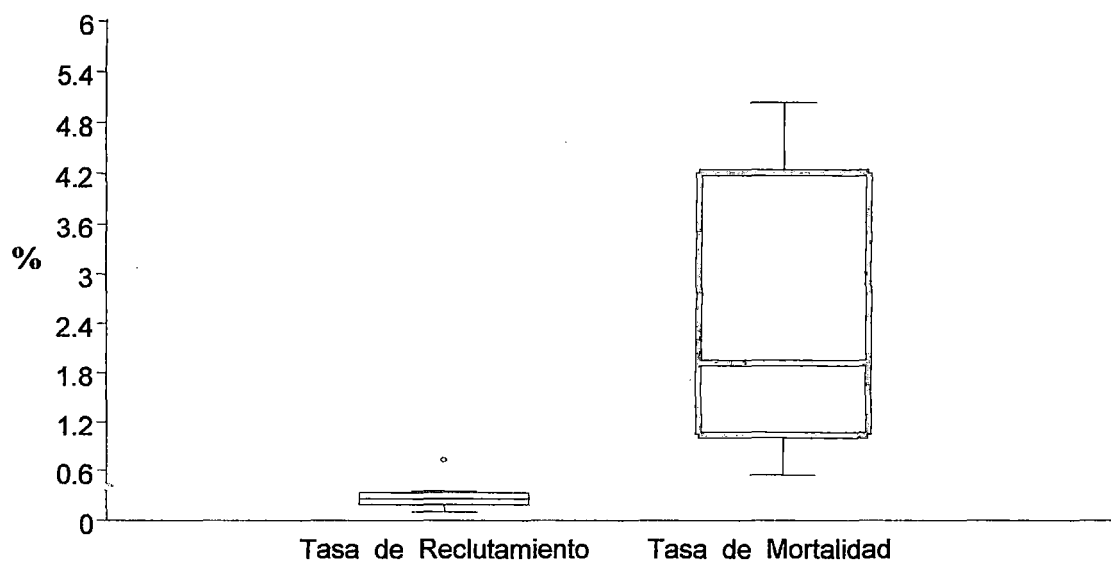
Figura 30: Análisis de Componentes Principales entre las tasas de reclutamiento y mortalidad de la Biomasa Aérea en el periodo completo de evaluación.



Fuente: Tabla 17

El análisis de componentes principales muestra como las parcelas se agrupan hacia el lado donde tienen la mayor tasa ya sea de mortalidad o de reclutamiento.

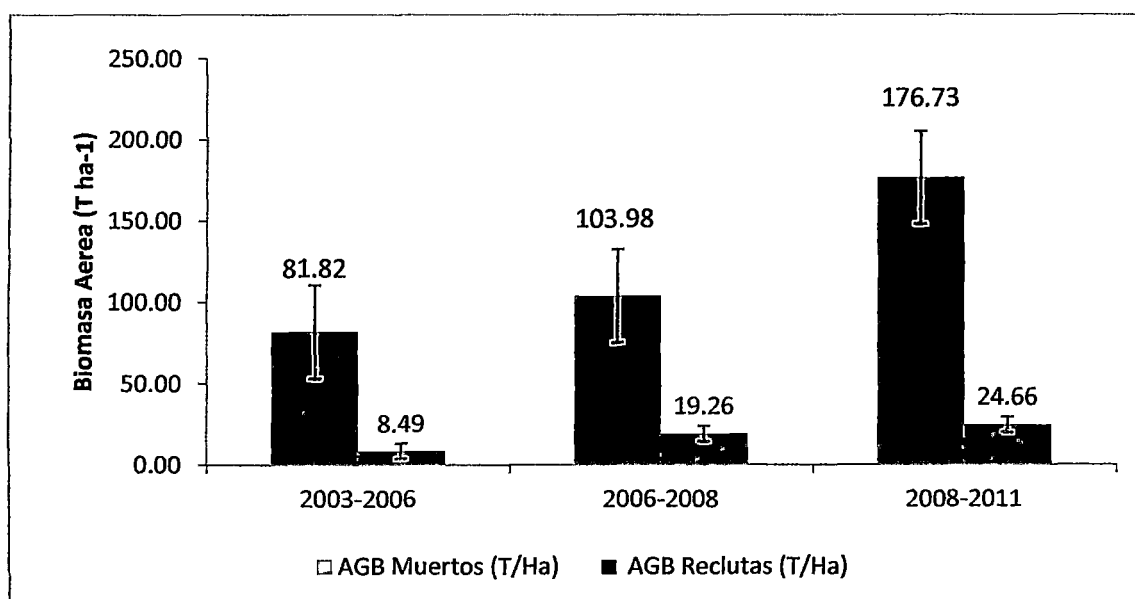
La figura 31 presenta un diagrama de cajas donde se observa que la tasa de reclutamiento tiene una distribución reducida de valores porcentuales en cambio la tasa de mortalidad presenta datos con distribución mucho mas variables con valores que superan a la tasa de reclutamiento.

Figura 31: Diagrama de cajas de la tasa de reclutamiento y la tasa de mortalidad

Fuente: Tabla 17

4.1.5. CAMBIOS DE BIOMASA POR CADA PERIODO INTERCENSAL

Se cuantifico la dinámica de la biomasa en cada periodo intercensal es así que, en la figura 32 la biomasa aérea perdida por mortalidad supero a la biomasa aérea reclutada entre las cuales existe diferencia significativas, ambas fueron en aumento.

Figura 32: Biomasa Aérea de los Muertos y de los Reclutas en cada periodo intercensal.

Fuente: Tabla 17.

El periodo total de evaluación comprende 8 años, para establecer diferencias se dividió en tres periodos intercensales: el primero que comprende del año 2003 al 2006, segundo del 2006 al 2008 y tercero del 2008 al 2011.

Tabla 18: Dinámica en el tiempo de la Biomasa Aérea en el Bosque de la Reserva Nacional Tambopata.

Parcela	PÉRDIDA (T ha ⁻¹ año ⁻¹)			GANANCIA (T ha ⁻¹ año ⁻¹)			GANANCIA NETA (T ha ⁻¹ año ⁻¹)		
	2003- 2006	2006- 2008	2008- 2011	2003- 2006	2006- 2008	2008- 2011	2003- 2006	2006- 2008	2008- 2011
TAM-01	-2.61	-1.60	-4.32	5.43	6.51	5.00	2.82	4.91	0.68
TAM-02	-2.20	-3.77	-19.34	4.72	6.99	5.55	2.52	3.22	-13.79
TAM-03	-1.34	-1.92	-1.95	3.52	10.73	7.54	2.17	8.81	5.59
TAM-04	-2.03	-9.56	-7.61	6.30	9.37	6.95	4.27	-0.19	-0.66
TAM-05	-1.54	-4.42	-4.34	6.01	8.47	6.52	4.47	4.04	2.18
TAM-06	-1.05	-3.91	-2.95	5.10	8.76	10.13	4.06	4.85	7.18
TAM-07	-10.77	-20.98	-10.09	6.37	7.64	5.88	-4.40	-13.34	-4.21
TAM-08	-5.73	-5.82	-4.04	5.59	7.63	5.20	-0.21	1.20	1.16
TAM-09			-12.81			3.19			-9.62
Total	-27.27	-51.99	-67.45	43.05	66.09	55.96	15.71	13.50	-11.49
Promedio	-3.41	-6.50	-7.49	5.38	8.26	6.22	1.96	1.69	-1.28

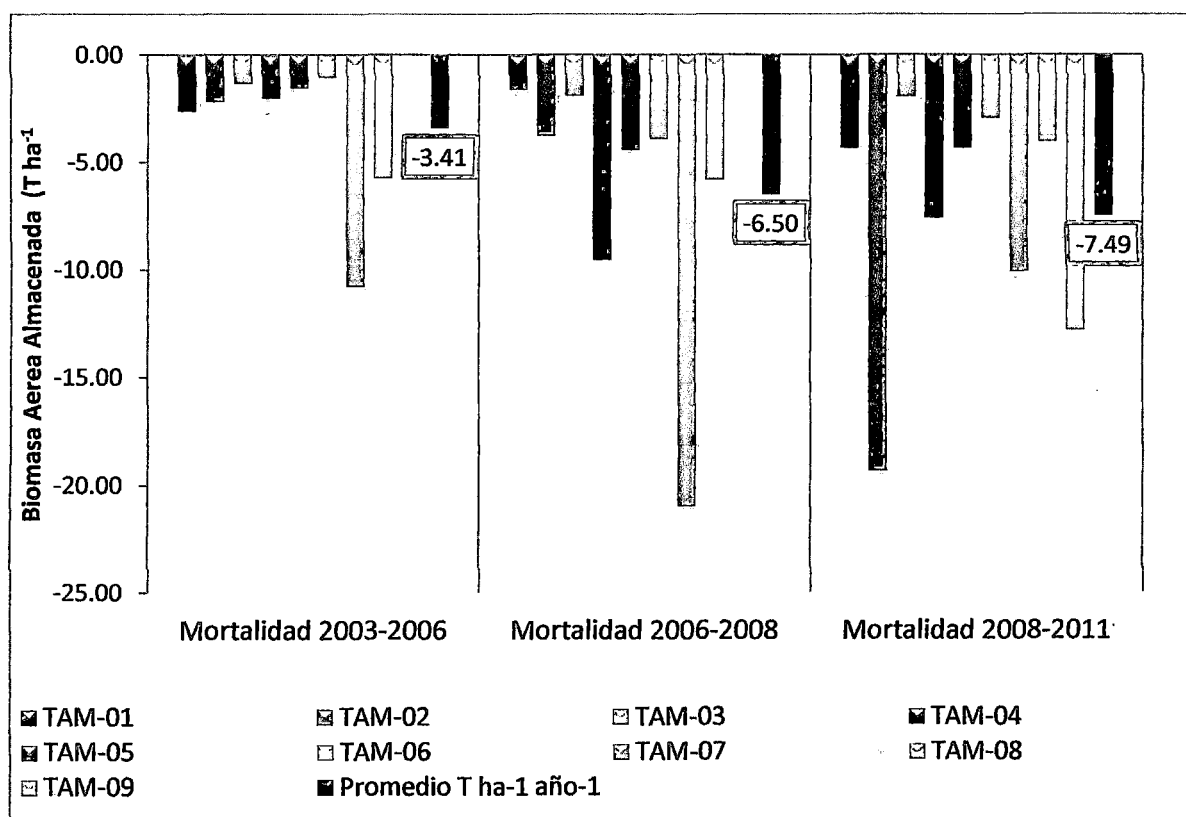
4.1.5.1. PÉRDIDA DE BIOMASA

La figura 33 muestra la pérdida de biomasa por mortalidad en cada periodo por parcela evaluada. Se calculó un promedio en cada periodo intercensal que evidencia una aceleración de la pérdida de biomasa por la mortalidad de individuos a través del tiempo. Se obtuvo valores promedio de -3.41, -6.50, -7.49 T ha⁻¹ año⁻¹ que corresponden a cada periodo intercensal.

Se observa además las parcelas donde se registra la mortalidad promedio entre las que están:

- En el primer periodo las parcelas TAM-07 y TAM-08 registran mayor pérdida de biomasa con valores de 10.77 y 5.73 T ha⁻¹ año⁻¹ respectivamente.
- En el segundo periodo las parcelas que registran pérdida de biomasa fueron TAM-04 y TAM-07 con valores de 9.56 y 20.98 T ha⁻¹ año⁻¹ respectivamente.
- En el tercer periodo TAM-02 perdió 19.34 T ha⁻¹ año⁻¹ y TAM-09 perdió 12.81 T ha⁻¹ año⁻¹. Siendo este periodo en el que se perdió la mayor cantidad de biomasa aérea almacenada.

Figura 33: Pérdida de Biomasa por periodo intercensal en las parcelas permanentes de la Reserva Nacional Tambopata

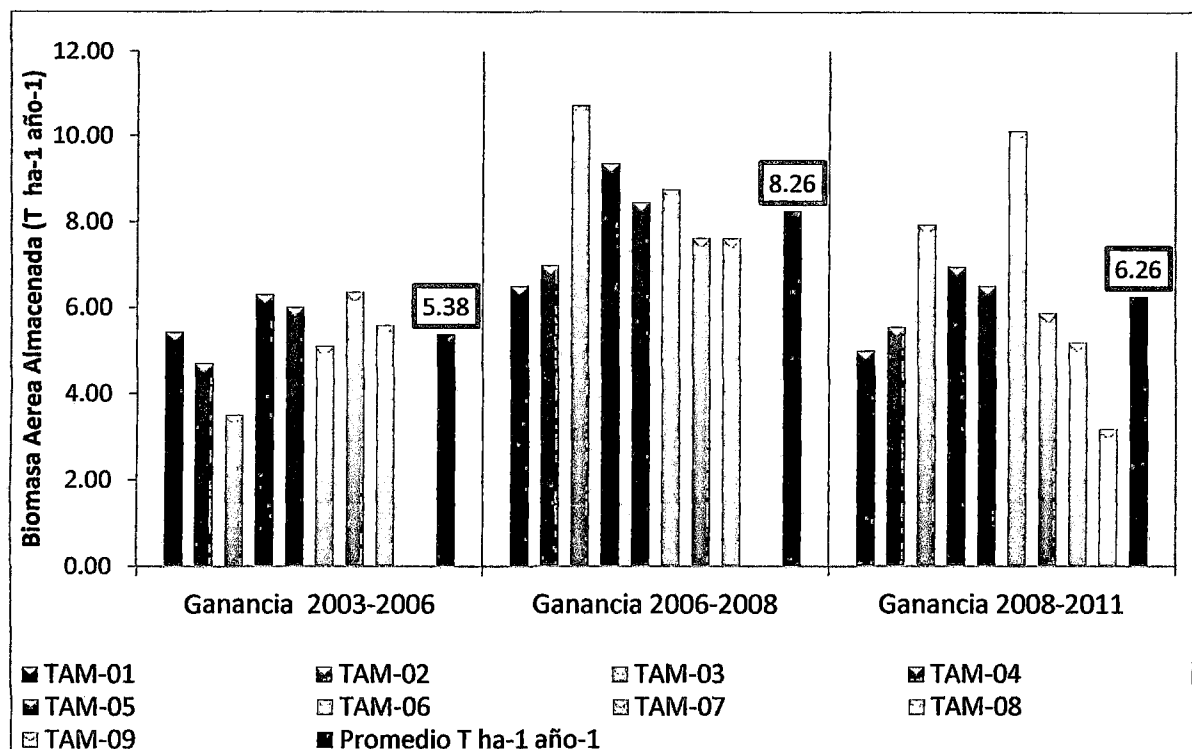


Fuente: Tabla 18

4.1.5.2. GANANCIA DE BIOMASA

El aumento de biomasa se da por el reclutamiento de nuevos individuos que alcanzan valores \geq a 10 DAP y por el crecimiento diamétrico de los árboles antes censados en cada parcela.

Figura 34: Ganancia de Biomasa por periodo intercensal en parcelas permanentes de la Reserva Nacional Tambopata



Fuente: Tabla 18

- En el primer periodo 2003-2006 las ganancias en cada parcela no son muy variantes una de otra teniendo valores entre $3.52 \text{ T ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ de TAM-03 y $6.37 \text{ T ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ esta ultima valor correspondiente a TAM-07.
- En el segundo periodo intercensal 2006-2008 las diferencias entre parcela y parcela se hacen más evidente en donde la parcela que tuvo mayor ganancia de biomasa fue TAM-03 con $10.73 \text{ T ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ y la parcela que tuvo la menor ganancia fue TAM-01 que solo gano $6.51 \text{ T ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$.

- En el tercer y último periodo intercensal 2008-2011 la ganancia de biomasa tuvo valores mucho mas variables entre parcelas, la parcela TAM-09 solo gano 3.19 T ha⁻¹ año⁻¹ en cambio TAM-06 gano 10.13 T ha⁻¹ año⁻¹ en este último periodo.

A nivel general el promedio hallado en cada periodo intercensal fue de 5.38, 8.26 y 6.26 T ha⁻¹ año⁻¹ para cada periodo respectivamente, es decir la ganancia de biomasa no tiene una relación directa con el tiempo, esta fue en aumento del 2003 al 2008. Sin embargo, decreció para el año 2011.

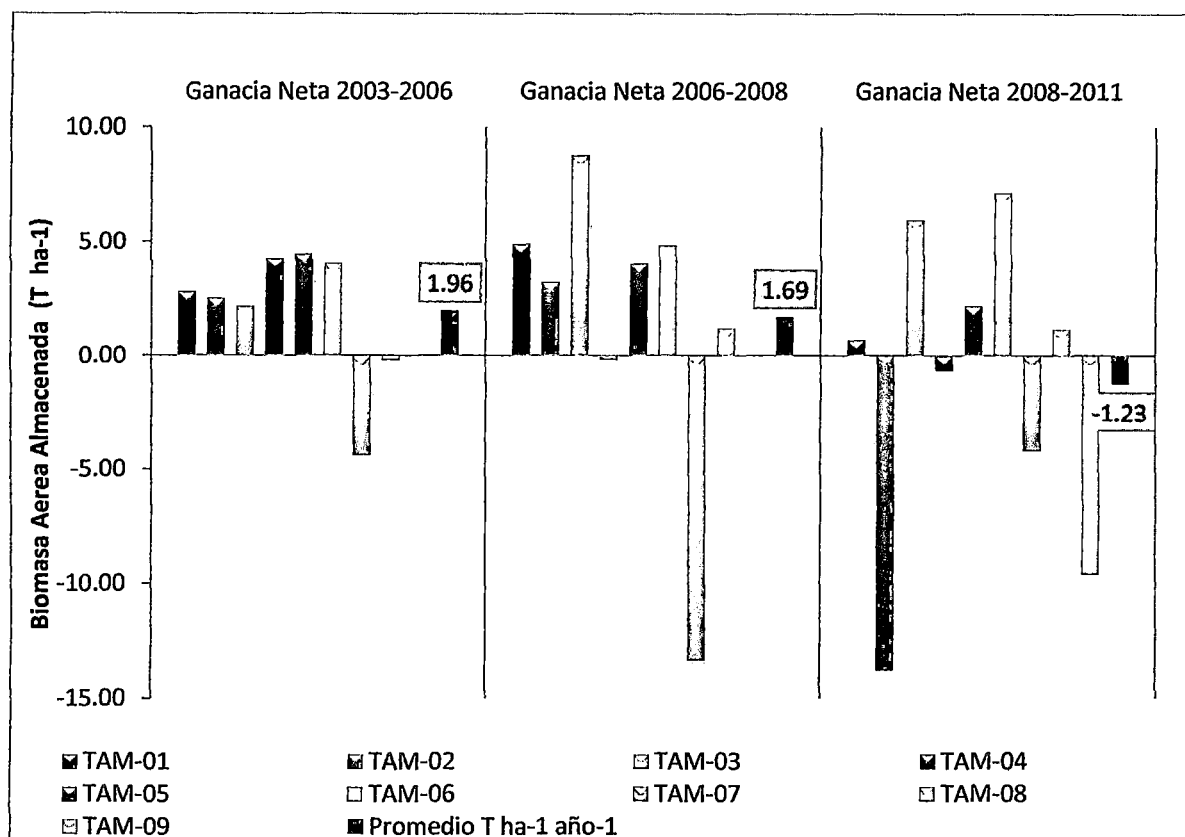
4.1.5.3. GANANCIA NETA DE BIOMASA

La ganancia neta resulta de las ganancias por reclutamiento y crecimiento menos la pérdida por mortalidad, la cual da valores reales de la dinámica de la biomasa, es decir la ganancia neta se obtiene después de realizar los descuentos correspondientes, y corresponde a la ganancia concreta que la parcela permanente almacena.

En la figura 35 se observa la ganancia neta de biomasa por parcela, así como también sus respectivos valores promedio para cada periodo intercensal, los promedios de los dos primeros periodos intercensales 2003-2006 y 2006- 2008 son positivos con valores de 1.96 y 1.69 T ha⁻¹ respectivamente, es decir las ganancias son mayores a las pérdidas, en cambio, en el periodo intercensal 2008-2011 la ganancia neta tiene un valor negativo de -1.23 T ha⁻¹ dado que hubo menos ganancias y mas pérdidas de biomasa aérea almacenada, en este último periodo las parcelas TAM-01, TAM-03, TAM-05, TAM-06, TAM-08 son las que presentan ganancia neta positiva sumando entre estas 17.18 T ha⁻¹ mientras que TAM-02, TAM-04, TAM-07 y TAM-09 juntas perdieron -28.28 T ha⁻¹ de biomasa.

EL comportamiento de la ganancia neta en cada parcela por periodo intercensal es diferente entre sí, es así que en el periodo 2003-2006 solo TAM-07 Y TAM-08 la ganancia neta es negativa con valores de -4.40 y -0.21 T ha⁻¹ año⁻¹ respectivamente. En el segundo periodo 2006-2008 la parcela TAM-04 y TAM-07 también tienen ganancia neta negativa con -0.19 y -13.34 T ha⁻¹.

Figura 35: Ganancia Neta de Biomasa por cada periodo intercensal en parcelas permanentes de la Reserva Nacional Tambopata



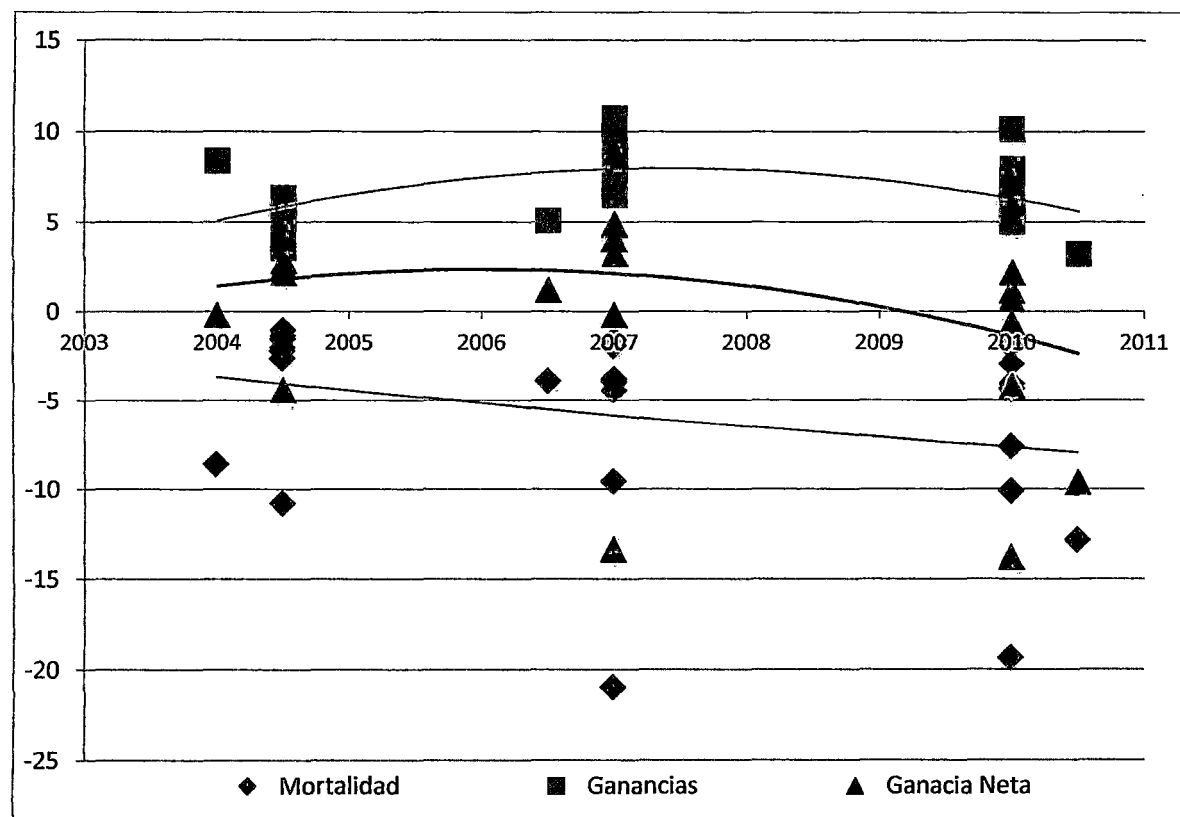
Fuente: Tabla 18

Se observa que la única parcela que durante los tres periodos tuvo una ganancia neta negativa es TAM-07 con pérdidas considerables especialmente en el segundo periodo, en cambio las parcelas TAM-01, TAM-03, TAM-05 y TAM-06 durante todo el tiempo mantuvieron su ganancia neta positiva.

En la figura 36, la línea celeste determina el crecimiento de la biomasa, en rojo la pérdida de biomasa por mortalidad (cifras negativas) y en verde el balance o ganancia neta entre los dos procesos. Cada punto representa el comportamiento de cada parcela dentro de un intervalo. Las líneas representan el promedio (promedios polinomios)

De acuerdo a la figura 36 se observa que las ganancias de biomasa han estado aumentando desde el año 2003 hasta el año 2008 pero luego este comienza a descender.

Figura 36: Tendencia de ganancias, mortalidad y balance neto de biomasa en el tiempo en las parcelas permanentes de la Reserva Nacional Tambopata



Fuente: Tabla 18

La pérdida de biomasa por mortalidad tiene valores mucho más variables con puntos más extremos, su tendencia es al aumento del número de muertos notándose una aceleración en los últimos años.

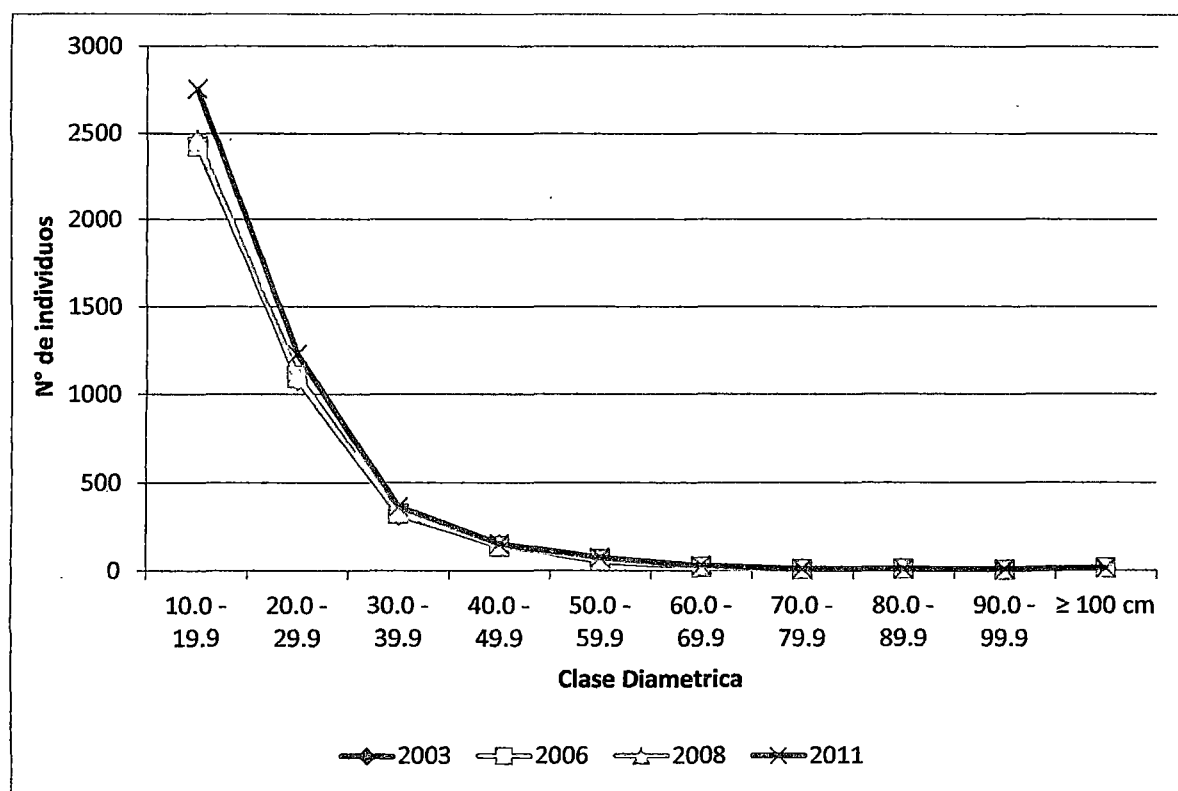
En los dos periodos iniciales que abarca desde el 2003-2008 el balance ha sido positivo (las parcelas han ganado biomasa) pero el último periodo 2008-2011 este balance es negativo (pérdida de biomasa).

4.1.6. DISTRIBUCIÓN DE BIOMASA POR CLASES DIAMÉTRICAS

La distribución de la densidad arbórea por clase diamétrica a través de los años (Figura 37) sigue una forma esperada para los bosques tropicales, de una forma de J invertida en la cual la mayor cantidad de individuos se ubican en las clases diamétricas menores y va

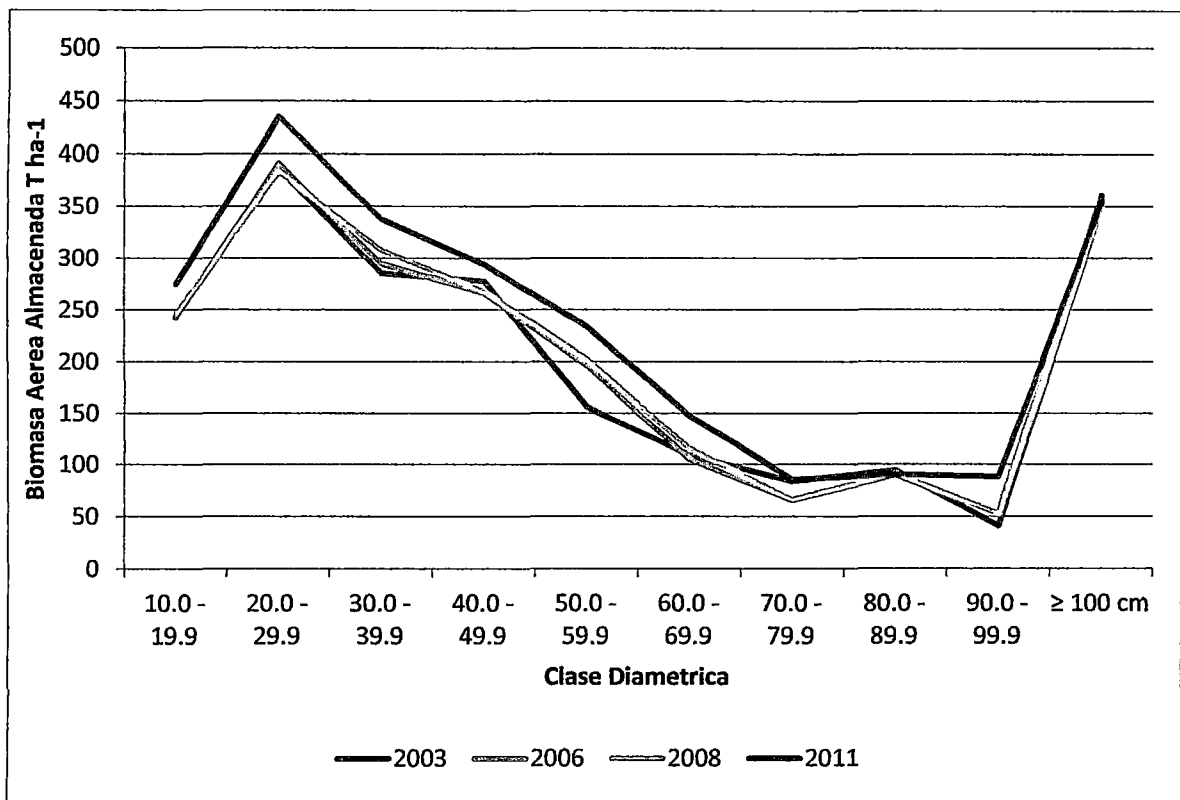
disminuyendo a medida que la clase diamétrica aumenta, este patrón fue común para todos los años de evaluación como se demuestra en la figura 37.

Figura 37: Distribución de los individuos arbóreos en clases diamétricas en los diferentes años de evaluación



En cuanto a la distribución de la biomasa aérea en relación al diámetro de los árboles se observa que (Figura 38) los mayores aportes a la biomasa aérea total son de árboles cuyo diámetro está en la categoría diamétrica de 20 a 29.9 cm aportando cantidades mayores a 380 T año^{-1} . La segunda clase diamétrica aportante son árboles cuyos diámetros son ≥ 100 cm, los cuales son muy pocos pero su aporte supera las 350 T año^{-1} . Probablemente la muerte de un individuo de un diámetro mayor a 100 cm tiene implicaciones importantes para la dinámica de biomasa en términos de material orgánico muerto y la consecuente reducción de la biomasa aérea viva.

Figura 38: Distribución de Biomasa Aérea en clases diamétricas en los diferentes años de evaluación



Los árboles que se ubican en categorías diamétricas considerables entre 60 a 99,9 cm aportan cantidades menores a 150 T ha⁻¹ una cifra mínima a la biomasa aérea almacenada.

4.1.7. BIOMASA AÉREA PRE Y POST SEQUIA DEL 2010

Los registros múltiples de datos de las parcelas permanentes permite valorar el comportamiento antes y después del año 2010, en donde según Lewis *et al.* (2011) y Phillips *et al.* (2010) que la estación seca fue inusualmente intensa.

Se determinaron los cambios de biomasa a largo plazo previos al 2010 en las parcelas permanentes. Para valorar los impactos de la sequía nos centramos en el evento del 2010 evaluando el cambio neto de biomasa, crecimiento, mortalidad y las diferencias entre estos.

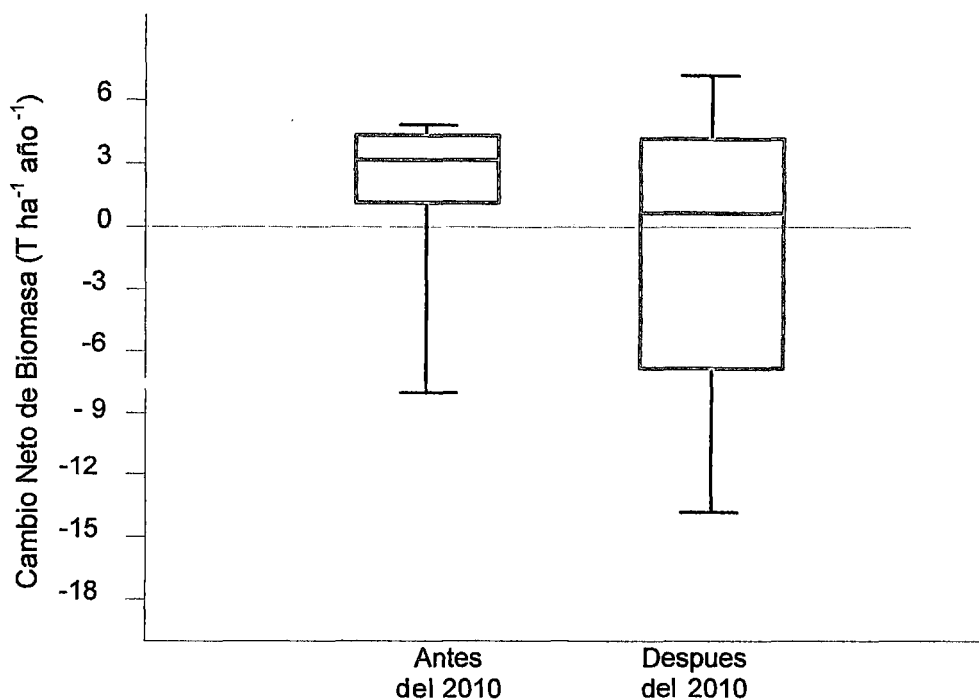
Tabla 19: Cambios de Biomasa Aérea antes y después de la sequía del 2010 por parcela evaluada.

PARCELA	ANTES DE 2010				DESPUES DE 2010				*Cambio en la tasas de cambio (T ha ⁻¹ año ⁻¹)
	AGB promedio (T ha ⁻¹)	Tiempo (años)	AGB cambio (T ha ⁻¹)	AGB cambio, por año (T ha ⁻¹ año ⁻¹)	AGB promedio (T ha ⁻¹)	Tiempo (años)	AGB cambio (T ha ⁻¹)	AGB cambio, por año (T ha ⁻¹ año ⁻¹)	
TAM-01	262.48	5	18.29	3.66	273.67	3	2.05	0.68	-2.97
TAM-02	291.89	5	14.00	2.80	257.52	3	-41.37	-13.79	-16.59
TAM-03	333.37	5	24.14	4.83	362.20	3	17.97	5.99	1.16
TAM-04	343.00	5	12.44	2.49	347.25	3	-1.97	-0.66	-3.15
TAM-05	293.80	5	21.50	4.30	311.08	3	6.53	2.18	-2.12
TAM-06	319.65	5	21.87	4.37	352.14	3	21.55	7.18	2.81
TAM-07	295.69	5	-39.89	-7.98	263.12	3	-12.63	-4.21	3.77
TAM-08	256.34	5	3.19	0.64	261.40	3	3.47	1.16	0.52
TAM-09					271.50	1	-9.62	-9.62	
<i>Contando</i>	8	8	8	8	9	9	9	9	8
<i>Promedios</i>	299.53	5	9.44	1.89	303.55	3	-0.55	-0.18	-2.07
<i>Desviación Estándar</i>	31.13	0	21.03	4.21	43.45	0.67	18.68	6.90	6.41
<i>Intervalo de confianza, 95 %</i>	21.57		14.57	2.91	28.39	0.44	12.20	4.51	4.44

*Cambio en la tasas de cambio = [tasa después de 2010 - tasa antes de 2010]

Previo al 2010 las parcelas registraron un incremento a largo plazo en la biomasa aérea de 1.89 (4.83, -7.98) T ha⁻¹ año⁻¹ este incremento ocurrió durante un periodo de 5 años entre el 2003 y 2008. Por el contrario después de la sequía no hubo aumento neto de biomasa en las parcelas objeto de estudio (tasa neta de cambio - 0.18 (7.18, -13.79) T ha⁻¹ año⁻¹). Antes del 2010 el 87 % de las parcelas (7 de 8) ganaron biomasa, pero durante el intervalo del 2010 solo el 62 % lo hicieron (5 de 8) esta diferencia no es significativa en las pruebas estadísticas. Se estima que la variación en la tasa de cambio de biomasa en el periodo pre sequía y post sequía tiene un promedio de -2.07 T ha⁻¹ año⁻¹.

Figura 39: Tasa de Cambio de Biomasa antes y después del año 2010.



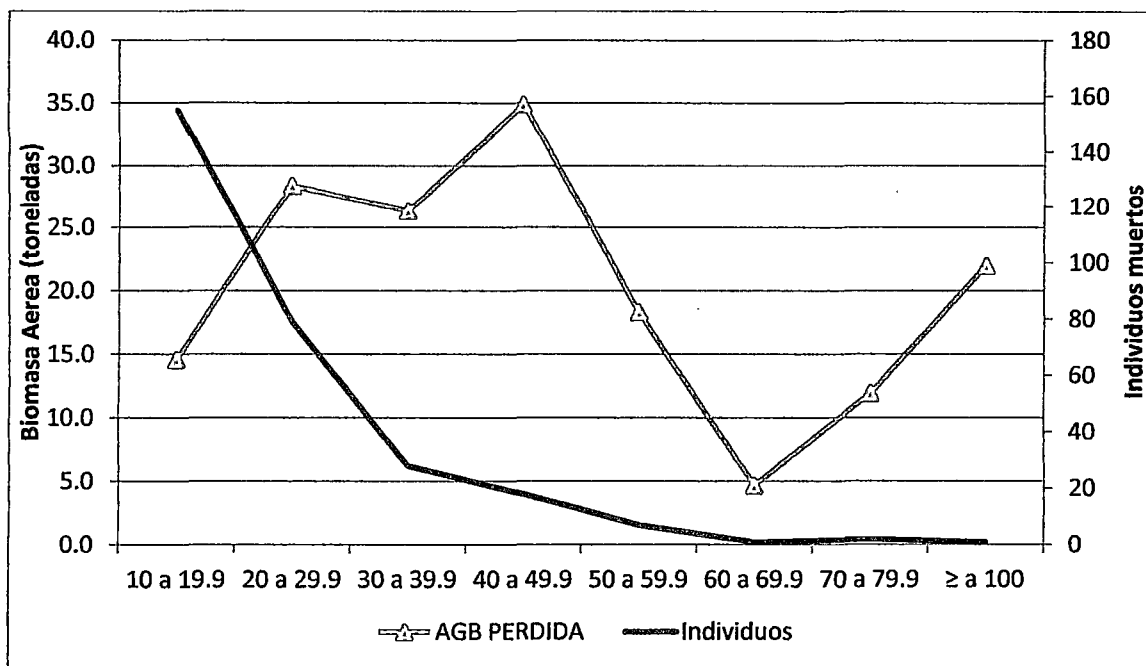
Como se observó anteriormente la ganancia neta entre el año 2008 y 2011 fue negativa es decir las parcelas en vez de ganar biomasa aérea almacenada perdieron biomasa, estas pérdidas de biomasa ocurren por causa de la mortalidad de individuos dentro de las parcelas permanentes evaluadas y la otra fuente de pérdida pero en menor porcentaje se da en individuos de algunas especies de densidad de madera baja que detienen su crecimiento diamétrico.

La pérdida de biomasa se observa en la tabla 18 donde el último periodo intercensal (2008-2011) las parcelas suman tiene una pérdida de $-67.45 \text{ T año}^{-1}$, debido a que en este último periodo se contabilizaron 291 individuos muertos.

De acuerdo a la clase diamétrica la mayor cantidad de biomasa aérea perdida está en la clase diamétrica de 40 a 49.9 cm de diámetro donde se registra 18 individuos muertos, lo que significa 34.91 toneladas de biomasa perdidas en 3 años de intervalo.

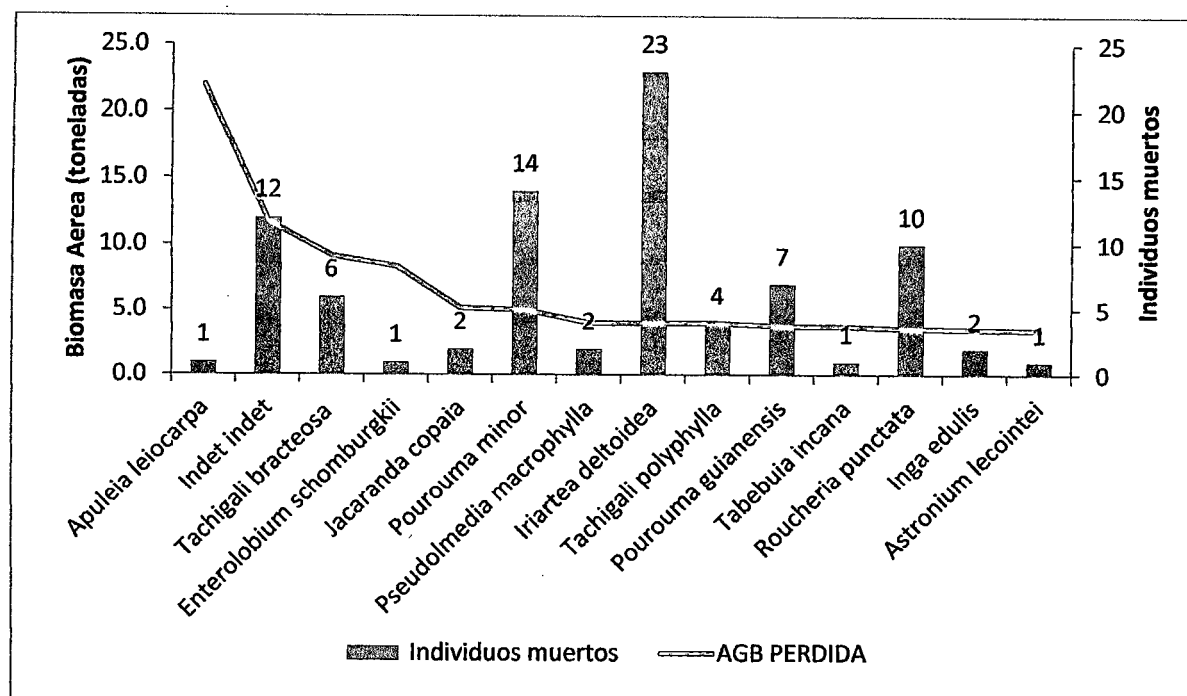
A pesar que la clase diamétrica menor tiene la mayor cantidad de individuos muertos esta no es la que representa la mayor cantidad de biomasa perdida. Además se reconoce que un solo individuo que poseía un diámetro ≥ 100 cm al morir hizo que se perdiera 21.99 toneladas.

Figura 40: Biomasa Aérea perdida por clases diamétricas.



Es importante reconocer la identidad de los individuos que aportaron a la pérdida de biomasa por mortalidad. *Apuleia leiocarpa* con un solo individuo perdió 21.99 toneladas, *Tachigali bracteosa* con 6 individuos muertos perdió 9.13 toneladas, *Enterolobium schomburgkii* con un solo individuo ayudo a perder 8.31 toneladas, *Jacaranda copaia* con 2 individuos perdió 5.14 toneladas, *Pourouma minor* con 14 individuos ayudo a perder 5.01 toneladas. Estas son las especies que contribuyeron con la mayor cantidad de biomasa perdida por mortalidad.

Además la figura 41 muestra las especies con mayor cantidad de individuos muertos siendo *Iriarte deltoidea* con 23 individuos muertos, seguida de *Pourouma minor* con 14 individuos, *Roucheria punctata* con 10 individuos, *Pourouma guianensis* con 7 individuos, *Tachigali bracteosa* perdió 6 individuos.

Figura 41: Especies que incidieron en la pérdida de biomasa por mortalidad.

4.1.7.1. TIPO DE MORTALIDAD

Una interrogante que surge al observar una mayor mortalidad en el último periodo es qué especies son las que predominan en esta categoría? Para responder a esta interrogante se analizaron los mecanismos de mortandad en el último periodo.

En cuanto al tipo de mortalidad de los individuos, el mayor porcentaje se registró para el tipo “muerto en pie” (42.26 %) seguido de “muerto roto” (30.24 %); estos dos tipos de mortalidad representan el 72.40 % del total de árboles muertos. Los tipos de muerte desenraizado, indeterminado y desaparecido representan el 16.84 %, 5.84 % y 4.81 % respectivamente.

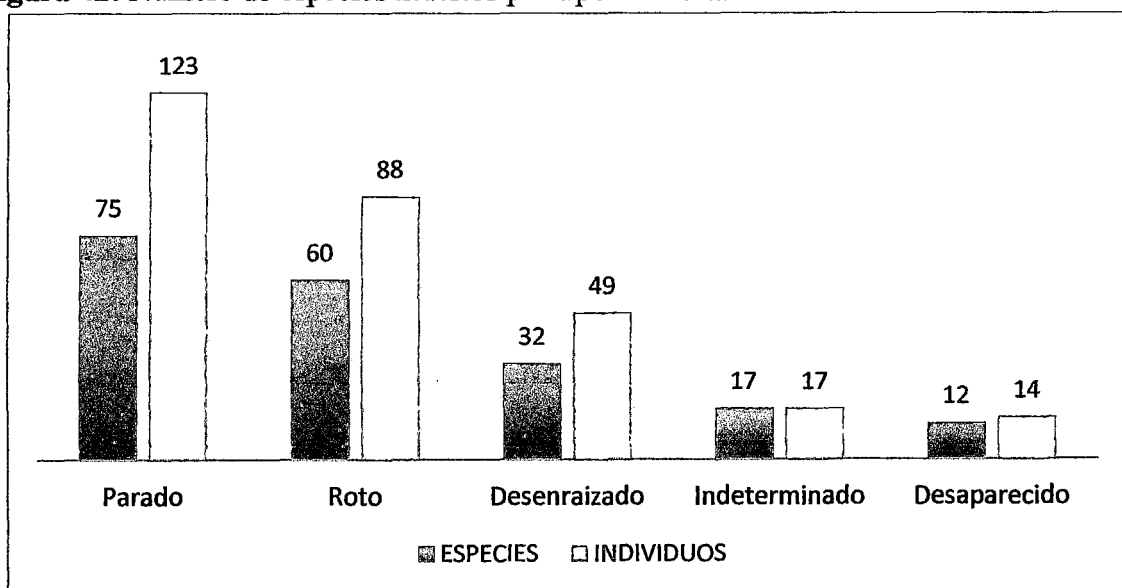
En el tipo desaparecidos se incluyeron 14 árboles que se encuentran registrados en el anterior censo pero que en el censo 2011 no fueron ubicados, estas cifras presumiblemente se relacionan con el alto grado de descomposición debido a que muchas de estas especies tienen la densidad de la madera muy baja confiriendo un dinamismo muy alto al bosque o por algunos problemas de georeferenciación de cada individuo.

Tabla 20: Número de individuos por tipo de muerte por parcela permanente.

Parcela	Tipo de Muerte					Total
	Parado	Roto	Desenraizado	Indeterminado	Desaparecido	
TAM-01	19	9	6	2	3	39
TAM-02	19	20	15	3	3	60
TAM-03	5	5	6	0	6	22
TAM-04	10	4	3	0	0	17
TAM-05	13	14	5	0	0	32
TAM-06	15	5	5	3	1	29
TAM-07	18	12	6	7	1	44
TAM-08	15	17	3	2	0	37
TAM-09	9	2	0	0	0	11
TOTAL	123	88	49	17	14	291
%	42.26	30.24	16.84	5.84	4.81	

Se observa que TAM-01, TAM-02, TAM-06 y TAM-07 presentan 5 tipos de mortalidad y en TAM-01, TAM-04, TAM-06, TAM-07 y TAM-09 la mayor cantidad de individuos murieron de pie, en cambio en TAM-02, TAM-05 y TAM-08 predomina el tipo de muerte roto y en TAM-03 predomina el tipo desenraizado y desaparecido.

En cuanto a la cantidad de especies muertas para cada tipo de mortalidad, el tipo de muerte parado, roto y desenraizado implica la muerte de 75, 60 y 32 especies respectivamente, afectando la composición florística, diversidad y dinámica del bosque. (Figura 42).

Figura 42: Número de especies muertas por tipo de mortalidad.

Las especies por su mecanismo de muerte fueron: (Figura 43)

- “Parado” son *Iriartea deltoidea* con un 7 %, *Pourouma minor* con 6 %, *Leonia glyxicarpa* con 3 %, *Tachigali polyphylla* con 2 %, *Roucheria punctata* con 2 %.
- “Roto” registra a *Iriartea deltoidea* con un 11 %, *Pourouma minor* 6 %, *Roucheria punctata* con 6 %, *Lueheopsis hoehnei* 3 %, *Miconia indet* 3 %, *Calycophyllum megistocaulum* 2 %.
- “Desenraizado” registra *Euterpe precatória* 12 %, *Iriartea deltoidea* 9 %, *Leonia glyxicarpa* 5 %, *Lindackeria paludosa* 5 %, *Neea divaricata* 5 %, *Roucheria punctata* 5 %.
- En “Indeterminado” las especies *Pourouma guianensis* 11 %, *Aniba indet*, *Aspidosperma indet*, *Caraipa indet*, *Ficus insípida*, *Inga indet*, con 6 %
- Y en “Desaparecidos” las especies *Mauritia flexuosa* 15 %, *Brosimum lacetescens* 7 %, *Byrsonima poeppigiana* 7 %, *Glycydendron amazonicum* 7 %, *Iryantera juruensis* 7 %.

Sclerolobium bracteosum, 2	Micropholis guyanensis, 2	Apeiba membranacea, 1	Talisia cerasina, 1
Cecropia sciadophylla, 3	Leonia glycyarpa, 2	Ampelocera edentula, 1	Oenocarpus bataua, 1
Iryanthera juruensis, 3	Iryanthera laevis, 2	Alsophila cuspidata, 1	Miconia guianensis, 1
Pourouma guianensis, 3	Inga indet, 2	Alibertia indet, 1	Minuartia guianensis, 1
Roucheria punctata, 3	Calycophyllum megistocaulum, 2	Roucheria punctata, 2	Lueheopsis hoehnei, 1
Tachigali polyphylla, 3	Miconia indet, 3	Neea divaricata, 2	Iryanthera juruensis, 1
Leonia glycyarpa, 4	Lueheopsis hoehnei, 3	Lindackeria paludosa, 2	Glycydendron amazonicum, 1
Indet indet, 7	Roucheria punctata, 5	Leonia glycyarpa, 2	Byrsonima poeppigiana, 1
Pourouma minor, 7	Pourouma minor, 5	Iriartea deltoidea, 4	Brosimum lactescens, 1
Iriartea deltoidea, 9	Iriartea deltoidea, 10	Euterpe precatoria, 5	Mauritia flexuosa, 2
PARADOS	ROTOS	DESENRAIZADOS	DESAPARECIDOS

Figura 43: Especie por mecanismo de mortalidad.

4.2. DISCUSIONES

4.2.1. SOBRE LA COMPOSICION FLORISTICA

Las familias más importantes dentro de las parcelas permanentes son: Fabaceae, Moraceae, Annonaceae, Lauraceae, Sapotaceae, Myristicaceae, Rubiaceae, Malvaceae y Arecaceae los cuales coinciden con las familias reportadas por Vásquez & Rojas (2003), Gentry (1988), Terborgh & Andresen (1998) y Ter Steege (2010) en la amazonía baja peruana. Asimismo en el 2005 Pitman N., *et al.* mencionan que más de la mitad de arboles de Madre de Dios pertenecen a estas familias

La especies arbóreas que dominan en las parcelas evaluadas son: *Iriartea deltoidea* (Araceae), *Leonia glycyarpa* (Violaceae), *Pseudolmedia laevis* (Moraceae), *Pourouma minor* (Urticaceae), *Pseudolmedia laevigata* (Moraceae), *Virola calophylla* (Myristicaceae), *Aspidosperma parvifolium* (Apocinaceae), *Castilla ulei* (Moraceae), *Siparuna decipiens* (Siparunaceae), *Apeiba aspera* (Malvaceae), *Astrocaryum murumuru* (Arecaceae), *Euterpe precatória* (Arecaceae), *Tachigali poeppigiana* (Fabaceae), *Pouteria torta* (Sapotaceae), solo por nombrar a las principales, las cuales también se incluyen en la lista de las 150 especies arbóreas más comunes de tierra firme en Madre de Dios por Pitman *et al.* 2001.

TAM-03 se aísla de las demás parcelas por tener menor riqueza de especies y dominancia de una especie que es *Lueheopsis hoehnei*, especie de madera dura y crecimiento lento. Gentry (1989) y Nebel *et al.* (2000) mencionaron que muy pocas especies de la región toleran la inmersión prolongada por un drenaje deficiente condicionado por la poca cantidad de oxígeno presente en el suelo, condiciones extremas que resultan en una mínima diversidad de especies que sus contrapartes no inundadas. Esto concuerda con estudios hechos en la zona por Anderson *et al.* (2009) quien encuentra la influencia que ejerce la heterogeneidad espacial sobre la composición de especies, incluso anteriormente Gentry (1988a, 1989) encontró una amplia variedad de bosques en diferentes sustratos determinando cómo las especies cambian entre hábitats.

4.2.2. SOBRE LA DINÁMICA POBLACIONAL

4.2.2.1. SOBRE LA TASA DE MORTALIDAD

En la Reserva Nacional Tambopata la tasa de mortalidad promedio es 2.12 ± 0.52 % anual, que de acuerdo a Lugo & Scatena (1996) se considera como mortalidad “trasfondo” (<5 %), que comprende eventos de pequeña escala como muertos en píce, rompimiento del tallo y volcamiento de raíz, que se presentan en escala espacial pequeña y ocasionan cambios graduales.

El rango de la tasa de mortalidad hallada varía de 1.37 a 3.10 %, este resultado está dentro de los rangos determinados por Nebel *et al.* (2000) y Lewis *et al.* (2004), quienes establecen según diferentes estudios en bosques tropicales que la tasa anual de mortalidad varía de 0.7 a 3.16 % y 0.37 a 3.97 % respectivamente.

A nivel local, Phillips *et al.* (1994), Lewis *et al.* (2004) y Phillips *et al.* (2004), encontraron una tasa de mortalidad comprendida en rangos de 0.70 - 2.84 %, 1.47 - 2.91 % y 1.09 - 2.55 % respectivamente, valores que se presentan en esta evaluación en las parcelas evaluadas a excepción de TAM-07 que tiene una tasa de mortalidad de 3.10 % que Lugo & Scatena (1996) lo catalogan como un valor poco usual, comparado solo con Barro Colorado en Panamá con 3.04 %; 3.35 % en Bolivia y 3.13 % en Manu, Perú; generalmente estas altas tasas de mortalidad están relacionadas con fenómenos de sequía (Condit *et al.* 1995) A diferencia con la mortalidad catastrófica (>5 %), que se genera a mayor escala y ocasiona cambios más significativos en el bosque (Londoño y Jiménez, 1999).

Si consideramos el cambio de la tasa de mortalidad en el tiempo en la zona de Tambopata, Phillips *et al.* (2007) encontró una tasa de mortalidad de 1.96 ± 0.53 % en 20 años de evaluación 1983-2003, el cual es menor al promedio hallado en la presente investigación desde el 2003 al 2011, confirmando que los bosques de esta región son más dinámicos a medida que pasa el tiempo, sobresaliendo entre los más dinámicos del mundo (Phillips *et al.* 2004)

Tabla 21: Tasa de Mortalidad, Reclutamiento y Recambio de árboles en bosques tropicales

Sitios	T (años)	D.A. (id/ha)	T.M. (%)	T.R. (%)	T.RE (%)	Referencia	
Tambopata 8ha, Madre de Dios Perú	2003-2011	582	2.12 (1.37-3.10)	1.92 (1.28-2.66)	2.02 (1.41-2.88)	Presente Estudio	
Barro Colorado, Panamá (50 ha)	1982-85	27746	3.04	-		Hartshorn (1990)	
Manu, Perú	1974-85	587	1.73	-			
Bosque Húmedo Montano bajo, Venezuela (0.25 ha)	1968-00	622	1.59	1.64	1.62	Ramirez <i>et al.</i> (2002)	
Tambopata (tierra firme e inundable), Perú (5 ha)	1983-91	570	0.70 - 2.84	0.94 - 2.83	0.82 - 2.61	Phillips & Gentry (1994)	
Manu (alluvial), Perú	1974-90	649	2.29	1.81	2.05		
Manu (terrace), Perú	1974-89	669	2.79	2.32	2.55		
Yanamono (terrace), Perú	1983-93	574	2.81	2.32	2.56		
Mishana, Perú	1983-90	841	1.62	1.23	1.43		
Añangu, Ecuador	1986-90	734	1.89	1.80	1.85		
Jatun Sacha, Ecuador	1987-92	724	1.46	1.63	1.54		
San Carlos, Venezuela	1975-86	744	1.14	1.43	1.29		
Belem, Brasil	1956-71	572	1.84	0.81	1.33		
La Selva, Costa Rica (12.4ha)	1969-85	444	2.03	2.01	2.02		
Barro Colorado, Panamá (2ha)	1975-80	414	1.06	-	1.06		
Bosques Tropicales amazónicos	5.17	814	0	0.63- 2.85	0.67- 3.09		Londoño & Jimenes (1999)
Salero, Choco, Colombia	1998-05	709	1.17	1.14	1.16		Quinto H. <i>et al.</i> (2009)
Bosque Húmedo Siempre Verde Los Fierros, Bolivia	1993-01	1194	3.35	2.68	3.02		Araujo A. <i>et al.</i> (2006)
Bosques húmedos selva baja, Loreto, Perú	1993-97		2.2- 3.16	2.9 - 4.57		Nebel <i>et al.</i> (2000)	
Bosques tropicales	1980-00	520- 705	0.47- 3.97	0.41- 4.64		Lewis <i>et al.</i> (2004)	
Tambopata	1990-00	555- 705	1.47- 2.91	1.68 - 2.73		Lewis <i>et al.</i> (2004)	
Tambopata plot zero (TAM-01)	1983-03		2.18	2.49	2.33	Phillips <i>et al.</i> (2004)	
Tambopata plot one (TAM-02)	1979-03	576	1.50	2.12	1.81		
Tambopata plot two swamp (TAM-03)	1983-03	617	1.09	0.81	0.95		
Tambopata plot two swamp (TAM-04)	1983-03	705	2.42	2.26	2.34		
Tambopata plot three (TAM-05)	1983-03	548	2.33	2.59	2.46		
Tambopata plot four (TAM-06)	1983-03	520	1.54	2.94	2.24		
Tambopata plot six (TAM-07)	1983-03	548	2.55	2.55	2.55		
Alpahuayo, Perú	10.15	570	1.93- 2.69	1.68- 2.47	2.12- 2.48		
Sucusari, Perú	1992-03		2.02- 2.53	1.76- 2.25	1.18- 2.39		
Manu, Perú	1989-03		1.33- 3.13	1.04- 3.53	1.73- 3.26		

Fuente: Elaboración propia

Donde: T.P. (tamaño de la parcela), DAP (diámetro a la altura del pecho), T. (tiempo de medición), D.A. (densidad arbórea), T.M. (tasa de mortalidad), T.R. (tasa de reclutamiento), T.RE (tasa de recambio o turnover).

4.2.2.2. SOBRE LA TASA DE RECLUTAMIENTO

El reclutamiento en las parcelas de Tambopata tiene un valor promedio de 1.92 ± 0.49 % la cual es similar al rango de reclutamiento de árboles para bosques tropicales amazónicos registrados por Londoño y Jiménez (1999) y Nebel *et al.* (2000) para la selva baja de Loreto; ligeramente superior a los encontrados en bosques tropicales en condiciones naturales como 1.78 % reportado para bosques de la amazonía, 1.48 % para otras regiones tropicales (Phillips *et al.* 1994), pero son valores considerablemente altos a los registrados en el este de la amazonía por Ramírez *et al.* (2002) (Tabla 21)

Los rangos de tasa de reclutamiento de las parcelas de Tambopata se encuentra entre 1.28 - 2.66 %, estos valores se encuentran dentro de los rangos encontrados por Phillips *et al.* (2004) que varía entre 0.81 - 2.83 % y con los hallados por Lewis *et al.* 2004 que varía entre 1.68 - 2.73 %.

Considerando la tasa de reclutamiento en el tiempo Phillips *et al.* (2007) encontraron una tasa de reclutamiento promedio para las parcelas de Tambopata de 2.16 ± 0.6 % entre los años 1983 y 2003, la cual es mayor al compararla con el promedio actual entre los años 2003 al 2011 el cual es 1.92 ± 0.49 %, mostrando una clara disminución de la tasa de reclutamiento.

Se reporta para TAM-07 una tasa de reclutamiento de 2.66 %, valor catalogado como alto para Lugo & Scatena (1996) ya que es (> 2.5 %), ellos lo hallaron en zonas afectadas por disturbios agudos o crónicos especialmente en bosques secundarios, en períodos ó en años de sequias (Condit *et al.* 1996) y en bordes de bosques (Laurance *et al.* 1999), entonces no se descarta la posible influencia de alguno de los disturbios antes mencionados, determinando una ganancia en abundancia y por supuesto en biomasa; el reclutamiento de árboles muestra la capacidad que tiene el bosque de recuperarse rápidamente y mantener la estabilidad ecológica del ecosistema.(Ramírez *et al.*2002)

4.2.2.3. SOBRE LA TASA DE REEMPLAZO O RECAMBIO

En cuanto a la tasa de reemplazo, los rangos encontrados por Phillips *et al.* (1994) en la misma zona de estudio varía entre 0.82 - 2.61 %, posteriormente este mismo autor en el 2004 ofrece un rango de 0.95 - 2.55 %, variando a lo encontrado en la presente investigación que presenta un rango entre 1.41 y 2.88 %, afirmando la conclusión hecha por Phillips *et al.* (1994 y 2004) en el que considera un incremento de la tasa de reemplazo a través del tiempo, la cual es dos veces mayor que en la década de los 50s.

Vale la pena considerar estudios que señalan una correlación positiva entre el dinamismo del bosque y la riqueza de especies, en efecto, Phillips *et al.* (1994) partieron del supuesto que la productividad del bosque es el motor que impulsa la dinámica del ecosistema (a largo plazo), cuanto más rápido crece un bosque, afirmaron, mas rápido morirán sus árboles y más rápida será la tasa de recambio, estas afirmaciones se ajustan al presente estudio donde se halló el valor mínimo de 1.41 % para TAM-03 siendo por tanto la menos dinámica presentando la menor riqueza de especies dominada por *Lueheopsis hoehnei* situada en un bosque inundable y lo opuesto ocurre en TAM-07 donde las tasas de reclutamiento y mortalidad son más altas y por tanto mayor tasa de recambio de 2.88 %.

En cuanto a la dinámica forestal Lewis *et al.* (2004) y Phillips *et al.* (2004) encontraron patrones geográficos en donde los árboles se reclutan y mueren dos veces más rápido en los suelos ricos del sur y oeste de la amazonía (rápidos), a comparación a los bosques de las regiones centro y este de la amazonía (lentos) .Si se compara, la tasa de recambio hallado en Tambopata de 2.02 % promedio con un rango entre 1.41 y 2.88 % con otras zonas de la amazonía efectivamente posee valores más altos. Esta gran diferencia en la ecología de los bosques amazónicos se debe a factores edáficos y características físicas de los suelos; los suelos de la región Oeste son menos profundos, mas arcillosos y más susceptibles a ser anegados (Aragão *et al.* 2009; Chao *et al.* 2008; Quesada *et al.* 2010b), incluso pudiendo estar alterando la morfología de las plantas con efectos sobre la biodiversidad, logrando llegar a ser caracterizadas por plantas trepadoras, que a su vez coincide con un incremento acelerado de la acumulación de CO₂ (Phillips *et al.* 2004)

4.2.3. SOBRE LA BIOMASA ESTIMADA

Los Bosques de la Reserva Nacional Tambopata tiene un promedio general de 296.17 ± 33.92 T ha⁻¹ de biomasa aérea almacenada, valor casi parejo al reportado por Baker *et al.* (2004a) quien halló un valor promedio para las parcelas de toda la amazonía de 298 ± 51 T ha⁻¹.

Tabla 22: Biomasa Aérea Almacenada en diferentes lugares de los Bosques Tropicales

Sitios	Biomasa estimada (T ha ⁻¹)	Referencia
Tambopata 8ha, Madre de Dios Perú	296.17 ± 33.92	Presente Estudio
Tambopata, Perú	298 ± 51	Baker <i>et al.</i> 2004a
Bosques de Selva Baja, Perú	216.96 – 299.20	
Tambopata, Perú	216.19 - 270.89	Monteagudo <i>et al.</i> 2012
Bosques maduros de la amazonía peruana	252 ± 11.04	
Oeste de amazonía en tierras bajas de Ecuador Perú Colombia	150 - 300	Saatchi <i>et al.</i> 2007
Amazonía central y regiones este y norte incluyendo las Guyanas	≥300	
Región sur y limite noroeste de la amazonía	≤200	
Bosques en región central de la amazonía y Guyanas	≥ 350	Malhi <i>et al.</i> 2006
Oeste de la amazonía	200 - 250	
Bosques Amazónicos, Bolivia	78 - 228	Dauber <i>et al.</i> 2000
Bosques pre andino amazónico, Bolivia	86 - 191	
Chiquitania, Bolivia	73 - 157	
Bosques húmedo tropical de bajura de Corinto Costa Rica	292.4 ± 39.3	Segura <i>et al.</i> 1999
Bosques de Bajura Tirimbina, Costa Rica	243.5 ± 2 6.0	
Bosque cerrado húmedo, Bolivia	230	Brown <i>et al.</i> 1997
Bosque cerrado húmedo, Brasil	315	
Bosque cerrado húmedo, Ecuador	182	
Bosque cerrado húmedo, Guyana Francesa	309	
Bosque Primario Húmedo, Perú	210	
Bosque Salero, Colombia	234 - 254*	Quinto 2010
Bosque Imataca, Venezuela	244 - 260*	Vilanova 2007
Bolivia	299 - 326*	Araujo- Murakami <i>et al.</i> 2006
Paujil (Bosque Amazónico), Pasco, Perú	110.12*	Ureta 2009
Abra Yanachaga(Bosque nublado), Perú	64.66*	

*Uso de la ecuación de Chave *et al.* 2005. Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a los mapas de biomasa la región oeste de la amazonía según Saatchi *et al.* (2007), presenta un rango entre 200 a 300 T ha⁻¹, en cambio, para Malhi *et al.* (2006) y Baker *et al.* (2004a) la biomasa varía entre 250 y 350 T ha⁻¹ año⁻¹ categorizándolo como biomasa media ya que la biomasa alta la ubica en el centro de la amazonía y en la costa de la Guyana que presentan valores mayores a 350 T ha⁻¹, coincidiendo con estos últimos ya que los rangos de biomasa en la presente investigación varían entre 258.1 y 342.4 T ha⁻¹ a lo largo del tiempo evaluado.

Ya que la biomasa se puede estimar con diferentes ecuaciones alométricas y por consecuencia los valores varían de acuerdo a la aplicación de estas, comparamos los valores hallados con la misma ecuación alométrica de Chave *et al.* (2005); los promedios hallados para cada año de remediación en la presente investigación son más altos con los valores hallados por Quinto H. (2010) en el bosque de Salero (Choco-Colombia) en los que halló valores entre 234.7 y 254.72 T ha⁻¹; en los bosques de Venezuela Vilanova E. (2007) halló valores de entre 244.090 y 259.774 T ha⁻¹. En cuanto a investigaciones más cercanas geográficamente, Ureta (2009), estimó la biomasa en bosque amazónico de Pasco en 110.12 T ha⁻¹ valor muy inferior al encontrado en la presente investigación, en cambio, Araujo-Murakami *et al.* (2006) hallaron para Bolivia la biomasa a través del tiempo aumentando de 299.2 en el año 1993 hasta 325.8 T ha⁻¹ para el año 2001, el cual va de acorde con lo encontrado en la presente investigación.

En el Perú rangos para biomasa aérea en bosque amazónico oscilan desde los 216.96 y 299.20 T ha⁻¹ (Baker *et al.* 2004a); Monteagudo & Phillips (2012) estimaron un promedio de 252.2 ± 11.04 T ha⁻¹ para los bosques maduros de la amazonía peruana y específicamente para los bosques de Tambopata valores entre 216.19 y 270.89 T ha⁻¹ siendo disimiles a los valores encontrados ya que fueron estimados con ecuaciones que usan también datos de altura, comprobando que el uso de las ecuaciones también es otro factor de varianza en la estimación de biomasa (Vilanova E. 2007, Baker *et al.* 2004a), incluso algunos suponen que la ecuación de Chave *et al.* (2005) que solo considera diámetro y densidad de la madera, podría subestimar la biomasa aérea (Baker *et al.* 2004b, Vilanova E. 2007)

L. O. Anderson *et al.* (2009), realizó un mapa y explora el paisaje mediante datos de satélite Landsat ETM y presenta a TAM-03 perteneciente al área de pantano que a su vez exhibe mayor biomasa aérea y mayor productividad de madera, siendo comprobado en esta evaluación donde TAM-03 efectivamente registra mayores cantidades de biomasa comparándola con las demás parcelas y mantiene este predominio en el tiempo, en el 2011 registra su mayor valor 363.41 T ha^{-1} de biomasa (Tabla 15), con las observaciones hechas en campo, esta ganancia de biomasa puede estar explicada por la baja tasa de mortalidad asociada a una adecuada medición del diámetro con el establecimiento del POM (punto óptimo de medida) para cada árbol realizados a partir del 2008 ya que antes la mayoría de los árboles de *Lueheopsis hoehnei* eran solo estimadas visualmente.

Con mucho tiempo estudiando la manera como estimar la biomasa (Chambers *et al.* 2001; Phillips *et al.* 2002), llegaron a la conclusión de que existe una marcada similaridad en relación a DAP/biomasa en la mayoría de los bosques amazónicos, relación que se reafirma en esta investigación donde las parcelas que tienen individuos de diámetros mayores son las que aportan mayor biomasa y no siempre las que tienen mayor abundancia, lo cual se observa claramente en la parcela TAM-01 que con un solo individuo de 118.4 cm de DAP perteneciente a la especie *Gallesia integrifolia* aporta con 16.03 toneladas de biomasa.

La diferencia en la biomasa aérea está relacionada con la densidad específica de la madera de las especies. Las regiones con alta biomasa presentan una mayor proporción de especies con valores altos de densidad específica de la madera (Baker *et al.* 2004b), la especie con mayor densidad de madera en la zona de estudio es *Eschweilera juruensis* con 0.960 g cm^{-3} perteneciente a la familia Lecythidaceae, la cual Lopez -Gonzales G. (2012), la nombro entre las familias que tienen especies con altos valores de densidad específica de la madera.

4.2.4. SOBRE LA DINÁMICA DE LA BIOMASA

Analizando la variación de la biomasa por periodo, la Reserva Nacional Tambopata presentó un valor promedio de 294.81 T ha⁻¹ el año 2003, luego aumentó a 300.72 T ha⁻¹ en el 2006, el año 2008 llegó a alcanzar 304.25 T ha⁻¹, demostrando un incremento de biomasa en el tiempo, por lo que (Phillips *et al.* 2009b) asegura de que los bosques de la cuenca del Amazonas funcionan como sumideros de CO₂ que lo almacenan cada vez en forma de biomasa. Estos resultados son consistentes con resultados previos que indican que la productividad del Amazonas está incrementando, sin importar el tipo de ecuación usada (Malhi *et al.* 2002, Phillips *et al.* 1998, Baker *et al.* 2004b). Aunque, no es posible mostrar estos resultados como una evidencia fuerte sobre el efecto fertilizante del CO₂ atmosférico.

Sin embargo el almacén de CO₂ en forma de biomasa en la zona de estudio se revierte en el último intervalo 2008-2011 donde la biomasa disminuyó a 299.59 T ha⁻¹, es decir, se perdió 2.8 T ha⁻¹ año⁻¹, este escenario ya había sido registrado por Phillips *et al.* (2009c) a raíz de la sequía del 2005 que tuvo un impacto total en el carbono de la biomasa de 1.2-1.6 Pg, es decir una pérdida de biomasa de entre 2.4 a 3.2 T ha⁻¹ año⁻¹.

En los bosques de Tambopata se halló un incremento promedio anual de biomasa aérea de 5.35, 8.26 y 6.26 T ha⁻¹ año⁻¹ para cada periodo respectivamente, valores que se encuentran dentro del rango de incremento de biomasa aérea de árboles reportado por Clark *et al.* (2001) de entre 0.6 a 7.6 T ha⁻¹ año⁻¹ para bosques tropicales. En cuanto a la pérdida de biomasa por mortalidad los valores hallados fueron 3.41, 6.50 y 7.49 T ha⁻¹ año⁻¹ para cada periodo respectivamente siendo el último valor reportado el más alto encontrado para el suroeste de la amazonía, pero no así, si lo comparamos con bosques tropicales del norte que tienen valores más altos como 8.82 T ha⁻¹ año⁻¹ en el bosque pluvial de Salero en Colombia y de 8.14 T ha⁻¹ año⁻¹ en la Guyana Francesa (Quinto, 2010).

En cuanto al ganancia neta de biomasa se encontró valores de 1.96, 1.69 y -1.23 T ha⁻¹ año⁻¹ para cada periodo intercensal respectivamente, Baker *et al.* (2004a), analizó las mismas parcelas con datos tomados desde 1979 hasta el 2000 mostrando todos los valores positivos

que varían entre 0.57 y 2.88 T ha⁻¹ año⁻¹, indicando que hasta el año 2000 las parcelas de Tambopata tenían más ganancias de biomasa que pérdidas infiriendo que los bosques amazónicos incrementaron su biomasa (Baker *et al.* 2004a, Phillips *et al.* 2004), pero el valor negativo de -1.23 T ha⁻¹ año⁻¹ demuestra una pérdida de biomasa coincidiendo con (Phillips *et al.* 2009c).

Las estimaciones pueden haber sido afectadas por la mortalidad de grandes árboles en el último periodo (2008-2011) provocando una reducción de biomasa que desciende de 304.25 a 299,59 T ha⁻¹. Es en ese período cuando ocurre la caída de un solo individuo de la especie *Apuleia leiocarpa* de grandes dimensiones (109.2 cm) que trae consigo una pérdida de 21.99 T de biomasa en TAM-02 lo que puede explicar esta disminución (Figura 41). Clark & Clark (1996) indican que en los bosques tropicales húmedos un solo árbol de 150 cm de diámetro a la altura de pecho puede llegar a acumular una biomasa aérea equivalente a aproximadamente 607 árboles de 10 cm de diámetro, sugiriendo la enorme importancia que tienen durante el proceso de determinación de la biomasa, las estimaciones con menor grado de sesgo suelen ser aquellas hechas para clases diamétricas pequeñas (por ejemplo, 10 a 20 cm).

En este estudio solo 7 especies con 16 árboles mayores a 100 cm de diámetro aportan con 355.35 T ha⁻¹, que llega a representar el 15 % del total de biomasa, entre los que se encuentran 5 individuos de *Bertolletia excelsa*, 2 de *Parkia sp.* y 1 de *Gallesia integrifolia*, *Apuleia leiocarpa*, *Cedrelinga cateniformis*, *Ficus schultesii* y *Pouteria torta*, entonces, podemos advertir que la caída y muerte de este tipo de árboles tiene implicaciones importantes para la dinámica del carbono en términos del material orgánico muerto y la consecuente reducción de la biomasa aérea viva obtenida.

4.2.5. SOBRE LA DINÁMICA DE BIOMASA ANTES Y DESPUES DE LA SEQUIA DEL 2010

De acuerdo a Phillips *et al.* (2009), quien analizó la sensibilidad a la sequía del 2005 los bosques maduros de la amazonía peruana antes del 2005 tenían una tasa de cambio promedio de $1.33 \text{ T ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ y después del 2005 fue de $0.26 \text{ T ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$; para la presente investigación se halló la tasa de cambio de biomasa antes y después de la sequía del 2010, en el que, para el periodo pre sequía se estimó una tasa de cambio de $1.88 \text{ T ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ y para el periodo post sequía fue de $-0.18 \text{ T ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ valor mucho más extremo al ocurrido en el 2005, por consecuencia la sequía del 2010 pudo haber sido más devastadora (Lewis *et al.* 2010).

A raíz de la sequía el tipo de muerte “en pie” predomina, tal como lo mencionó Swaine *et al.* (1987) alcanzando el 42.26 % valor que es similar al hallado por Chao *et al.* (2009), para el noreste de la amazonía que varía entre 20.2 y 63.3 % y disímil al hallado noroeste de la amazonía que presentó 13.5 % es decir existe diferencias regionales. Este tipo de muerte implica sufrir un fracaso fisiológico catastrófico con muerte regresiva de ramas y caída de árboles sobre todo entre los más viejos y los árboles de dosel (Saatchi *et al.* 2009),

La mortalidad de *Iriartea deltoidea* se tiene que resaltar ya que esta especie es la más sensible a los efectos de la sequía del 2010, lo que también se observó en la sequía del 2005 donde murieron miles de estas palmeras en la Amazonía; de acuerdo a Monteagudo (2012), esta sensibilidad se le puede atribuir a que estas palmeras tienen raíces superficiales que no penetran profundamente y como hay déficit de agua en el mismo suelo no hay como estas capten este recurso, además su forma de muerte fue “en pie” y con el paso del tiempo se doblaron, la especie *Roucheria punctata* también es muy sensible a las sequías o escenarios muy calientes así como las especies que tienen densidad de la madera baja como *Pourouma minor* y *Pourouma guianensis*.

CONCLUSIONES

1. Al evaluar la composición florística, se registró 64 familias, 219 géneros y 531 especies, alrededor de 582 individuos pueden encontrarse en cada parcela de 1.0 ha con un promedio de 157 especies /hectárea. Se observó una diferencia considerable en la parcela TAM-03 siendo esta parcela la mas disímil a las demás en un 88 %, esta variación se debe además por el hecho que se encuentra en una zona anegada en donde predomina las especies *Lueheopsis hoehnei* y *Mauritia flexuosa*; las demás parcelas comparten más del 70 % de especies. Las parcelas de Tambopata tienen una gran representatividad de los bosques de toda la reserva.

2. La tasa de mortalidad y reclutamiento de individuos presentan los valores promedio de 2.12 ± 0.52 % y 1.92 ± 0.49 %, respectivamente, la tasa de mortalidad supero a la tasa de reclutamiento; además, existe diferencias a nivel de parcelas, en ambas tasas poblacionales, la parcela TAM-07 tiene valores altos tanto en la mortalidad como en el reclutamiento y por el contrario TAM-03 tiene los valores menores, asimismo TAM-04 es la parcela que presenta la mayor diferencia entre ambas tasas con un 0.73 %.

La tasa de recambio o reemplazo (promedio entre la tasa de mortalidad y reclutamiento), presenta un valor promedio de 2.02 ± 0.46 %, predeciblemente, TAM-07 presenta valores de 2.88 % siendo la parcela más dinámica y la menos dinámica TAM-03 con 1.41 %. Demostrando la alta capacidad de los bosques de recuperarse mediante procesos como el reclutamiento y regeneración constante, que contribuyen con mantener una diversidad, densidad y estructura en equilibrio relativamente constantes a través del tiempo.

3. La biomasa aérea almacenada presenta un valor promedio de 296.17 ± 33.92 T ha⁻¹, valor que es relativamente alto comparado con otros bosques amazónicos, la parcela que almacena mayor cantidad de biomasa a través de los años de medición es TAM-03 con 342.36 T ha⁻¹ año⁻¹ y la parcela que aporta con la menor cantidad de biomasa es TAM-08 con 258.07 T ha⁻¹ año⁻¹. Las especies arbóreas de grandes diámetros

influyen considerablemente en el comportamiento de la biomasa en tiempo y espacio.

Se evaluó la dinámica de la biomasa en tres periodos intercensales sobre su: pérdida de biomasa por mortalidad, ganancia por reclutamiento y la ganancia neta (ganancia menos la pérdida) donde los dos primeros periodos intercensales 2003-2006 y 2006-2008 las parcelas de Tambopata ganaron biomasa en valores promedio de $1.96 \text{ T ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ y $1.69 \text{ T ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$, mientras que para el último periodo 2008-2011 la ganancia neta fue negativa de $-1.23 \text{ T ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$. Evidencia de la variabilidad espacial y temporal en la dinámica de la biomasa en las parcelas permanentes de la Reserva Nacional Tambopata la cual depende a su vez de la dinámica poblacional propia del bosque, aportando con datos esenciales para estudios de almacenes y flujos de carbono en la Amazonía, así como tendencias a largo plazo de los bosques tropicales maduros.

4. Los análisis pre y post- sequia demuestra que previo al 2010 hubo un incremento de biomasa de $1.88 \text{ T ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ por contraste, en el periodo post sequia hubo una pérdida de biomasa de $-0.18 \text{ T ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$, estas pérdidas se da mayormente por la ocurrencia y aceleración de la tasa de mortalidad arbórea y disminución en la tasa de crecimiento, con una reducción de 13.24 Toneladas de biomasa aérea en las 8.0 ha. El mecanismo de pérdida de biomasa por mortalidad fue mayormente del tipo “muerto en pie” 42.26 %, identificando a las especies: *Iriartea deltoidea*, *Pourouma minor* y *Roucheria punctata* como las más sensibles a la sequia, afectando la composición florística selectivamente y de acuerdo a la resiliencia de cada especie ante estos repentinos y poco usuales cambios ambientales, por tanto, los bosques intactos del suroeste de la amazonía pueden cambiar su papel como amortiguador del aumento de dióxido de carbono y más bien acelerarla. Los bosques amazónicos por lo tanto se muestran vulnerables al incremento del estrés de la humedad, con potencial para grandes pérdidas de carbono que retroalimentan el cambio climático.

RECOMENDACIONES Y SUGERENCIAS

Aun es escaso el conocimiento de los bosques de la amazonía peruana, por lo que es necesario continuar las evaluaciones y monitoreo a largo plazo de estas parcelas permanentes, para poder entender mejor los procesos regionales de dinámica a nivel de individuos y las consecuencias en el almacén de biomasa y poder dar resultados con mas confiabilidad a largo plazo y comparables en un contexto de cambio global.

Se recomienda seguir el uso de la metodología RAINFOR por su demostrada eficiencia, flexibilidad, menores costos y lo más importante es que permite la comparación científica con otras áreas de la amazonía.

La toma de datos precisos de altura de cada individuo sería importante para la estimación más exacta de la biomasa, con los cuales se podría aplicar ecuaciones alométricas más actuales.

Evaluar la recuperación post sequia 2010 en la dinámica de los bosques y medir el impacto de dos sequias consecutivas en una década, correlacionándolo con variables ambientales como precipitación, humedad, suelo etc., evaluando además cual es su respuesta a los demás factores del cambio climático y participar en el diseño de mejores estrategias de manejo y conservación de los bosques de esta región del Perú.

Identificar otros impactos directos sobre los bosques de la reserva nacional Tambopata sobre todo de fuente antrópica que podría en las próximas décadas llevarlos a un colapso.

Los datos aquí presentados podrían servir de base para la estimación de la biomasa en toda la aérea natural protegida y por consecuencia determinar la cantidad de carbono que retienen sus bosques y así proveer a las autoridades de herramientas de desarrollo para poner en marcha proyectos de mecanismo de desarrollo libre como es el pago por servicios ambientales por captura de carbono.

LITERATURA CITADA

1. AGUILAR, M. & REYNEL, C. (2009). Dinámica forestal y regeneración en un bosque montano nublado de la selva central del Perú, Herbario de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Nacional Agraria-La Molina. 167 pp.
2. ANDERSON L.O., Malhi Y, Ladle R. J., Aragao L. E. O. C., Shimabukuro Y., Phillips O. L., Baker T., Costa A. C. L., Espejo J. S., Higuchi N., Laurance W. F., Lopez-Gonzalez G., Monteagudo A., Nuñez-Vargas P., Peacock J., Quesada C. A., Almeida S. and Vasquez R. (2009). Influence of landscape heterogeneity on spatial patterns of wood productivity, wood specific density and above ground biomass in Amazonía. *Biogeosciences Discuss.*, 6, 2039–2083.
3. ARAUJO-MURAKAMI A., Arroyo L., Killeen T., & Saldias P. (2006). Dinámica del Bosque, incorporación y almacenamiento de biomasa y carbono en el Parque Nacional Noel Kempff Mercado. *Ecología en Bolivia*, 41(1):24-45.
4. ARAUJO-MURAKAMI A. Parada A., Teran J., Baker T., Feldpausch T., Phillips O., Brienen R. (2011). Necromasa de los bosques de Madre de Dios, Perú; una comparación entre bosques de tierra firme y de bajíos *Rev. Perú. biol.* 18(1): 113- 118.
5. ARRIAGA, L. (2000). Types and causes of tree mortality in a tropical montane cloud forest of Tamaulipas, Mexico. *Journal of Tropical Ecology* 16(5): 623-636.
6. ASQUITH, N. (2002). La dinámica del bosque y la diversidad arbórea. pp. 377–406. En Guariguata, M. y G. Kattan. *Ecología y conservación de bosques neotropicales*. Primera Edición. Libro Universitario Regional, Cartago, Costa Rica. 691 p.
7. BAKER, T.; Swaine, M.; Burslem, D. (2003) Variation in tropical forest growth rates: combined effects of functional group composition and resource availability. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics* 6, 21-36.
8. BAKER, T.R., Phillips, O.L., Malhi, Y., Almeida, S., Arroyo, L., Di Fiore, A., Killeen, T., Laurance, S. (2004a). Increasing biomass in Amazonian forest plots. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London Series B* 359, 353- 365.
9. BAKER, T.R., Phillips, O.L., Malhi, Y., Almeida, S., Arroyo, L., Di Fiore, A., Killeen, T., Laurance, S. et al. (2004b). Variation in wood density determines spatial patterns in Amazonian forest biomass. *Global Change Biology* 10, 545- 562.
10. BERRY, P.E. (2002). Diversidad y endemismo en los bosques neotropicales de bajura. In: *Biología y conservación de bosques neotropicales*. Eds. 77. MR Guariguata; GH Kattan. Libro Universitario Regional (LUR). Cartago, CR. 83 -96 p
11. BRACK, A. (2009). Perú, país de bosques. 278 pp.
12. BROWN, S. (1997). Estimating biomass change of tropical forests: a primer. *Forestry Paper* 134, FAO, Rome.
13. BROWN S. (2002). Measuring carbon in forests: current status and future challenges *Environ. Pollut.* 116 363–72.

14. BROWN, S, Pearson, T, Moore, N, Parveen, A, Ambagis, S & Shoch, D (2005). Impact of selective logging on the carbon stocks of tropical forests: Republic of Congo as a case study. Winrock International Report, USAID. pp 21.
15. CHAMBERS J.Q., J. dos Santos, R.J. Ribeiro & N. Higuchi. (2001). Tree damage, allometric relationships, and above-ground net primary production in central Amazon forest. *For. Ecol. Manag.* 152: 73-84.
16. CHAO K-J. & Phillips O. (2005). Manual de Campo para censos sobre el tipo de mortandad de Arboles. Pan-Amazonía, disponible en: [www.rainfor.org/upload/ManualsEnglish/ModeOfDeath_english\[1\].pdf](http://www.rainfor.org/upload/ManualsEnglish/ModeOfDeath_english[1].pdf)
17. CHAO K.J., O.L. Phillips & T.R. Baker. (2008). Wood density and stocksof coarse woody debris in a northwestern Amazonian landscape. *Canadian Journal of Forest Research-Revue Canadienne De Recherche Forestiere* 38: 795-805.
18. CHAO, K.-J., Phillips, O., Baker, T., Peacock, J., Lopez-Gonzalez, G., Vasquez, R., Monteagudo, A. & Torres-Lezama, A. (2009). After trees die: quantities and determinants of necromass across Amazonía. *Biogeosciences* 6, 1615-1626.
19. CHAVE, J, Chust, G, Condit, R, Aguilar, S, Hernández, A, Lao, S, & Perez, R (2004). Error propagation and scaling for tropical forest biomass estimates. *Phil. Trans. R. Soc. Lond. B* Published online.
20. CHAVE, J, Andalo, C., Brown,S., Cairns, M., Chambers, J., Eamus, D., Fölster, H., Fromard, F. N. Higuchi, N.,Kira, T., Lescure, J-P., Nelson, H., Ogawa , H., Puig, H., Riéra, B., Yamakura,T.(2005). Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forests. *Oecología* 145, 87-99.
21. CLARK D.A. & Clark D.B. (1996). Abundance, growth and mortality of very large trees in a neotropical lowland rain forest. *Forest Ecology and Management* 80: 235-244.
22. CLARK, D.A., S. Brown, D. W. Kicklighter, J. D. Chambers, J. R. Thomlinson, E. Holland & J. Ni. (2001). Net Primary Production in Forest: An Evaluation and Sinthesis of Existing Field Data. *Ecological Aplicacions* 11 (2) 356 – 370.
23. CLARK, D.A. (2002). Are tropical forests an important carbon sink? Reanalysis of the longterm plot data. *Ecol. Appl.* 12 (1), 3–7.
24. CLARK, D.B. & D. A. Clark. (2000). Landscape-scale variation in forest structure and biomass in a tropical rain forest. *Forest Ecology and Management* 137: 185-198.
25. CONDIT, R., Hubbell, S. P.& Foster, R. B. (1995). Mortality rates of 205 neotropical tree and shrubs species and the impact of a severe drought. *Ecological Monographs* 65(4): 419–439.
26. CONDIT, R., S.P. Hubbell and R.B. Foster. (1996). Changes in tree species abundance in a neotropical forest: impact of climate change. *Journal of Tropical Ecology* 12(2): 231-256
27. CONDIT, R. (1998). Tropical Forest census plots: Methods ad results from Barro Colorado Island, Panama and a comparison with other plots. Springer, Berlin 211 p.

28. DAUBER G., J. Terán & R. Guzmán. (2000). Estimaciones de biomasa y carbono en bosques naturales de Bolivia. Superintendencia Forestal, Santa Cruz. 32 p.
29. DÍAZ, S., M. Cabido & F. Casanoves (1998). Plant functional traits and environmental filters at a regional scale. *J. Veg. Sci.*9:113-122.
30. DIXON, R., Brown, S., Houghton, R., Solomon, A., Trexler, M. & Wisniewski, J. (1994). Carbon pools and flux of global forest ecosystems. *Science* 263, 185- 191.
31. ENCARNACIÓN, F. (1993). El Bosque y las formaciones vegetales en la llanura amazónica del Perú. *Alma Mater* 6 : 95-114
32. FAO. (1995). Evaluación de los recursos forestales, Países Tropicales. Estudio FAO Montes. Roma, Italia. p 32 – 36.
33. FAO. (1998). FRA 2000. Términos y definiciones, Programa de evaluación de los recursos forestales, Documento de trabajo 1. Roma.
34. FELDPAUSCH, T.R., Banin, L., Phillips, O.L., Baker, T.R., Lewis, S.L., Quesada, C.A., Affum-Baffoe, K., Arets, E.J.M.M., *et al.* (2011). Height-diameter allometry of tropical forest trees. *Biogeosciences* 8:1081-1106.
35. FIELD C.B., Behrenfeld M.J., Randerson J.T., Falkowski P. (1998). Primary production of the biosphere: integrating terrestrial and oceanic components. *Science* 281: 237–240.
36. FONT QUER, P. (1985). Diccionario de Botánica. 9.na reimpresión, 1.ra ed. Barcelona: Editorial Labor. 1244 pp.
37. GALE, N. & HALL, P. (2001). Factors determining the modes of tree death in three Bornean rain forests. *Journal of Vegetation Science* 12: 337–346.
38. GENTRY, A.H. (1988a). Changes in plant community diversity and floristic composition on environmental and geographical gradients. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 75, 1–34.
39. GENTRY, A.H. (1988b). Tree species richness of upper Amazonian forests. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 85, 156–159.
40. GENTRY, A.H. (1989). Checklist of the plants, Zona Reservada de Tambopata, Perú. *Missouri Botanical Garden*, sin publicar.
41. GENTRY A.H. & Terborgh J. (1990). Composition and dynamics of the Cocha Cashu “mature” floodplain forest. Pp. 542-564. En: *Four Neotropical rain forest*. Yale University, New Haven 625 pp.
42. GENTRY A. H. (1993). A Field Guide to the Families and Genera of Woody Plants of Northwest South America (Colombia, Ecuador, Perú) with supplementary notes on herbaceous taxa. Conservation International. Washington-USA. 1º Edic. 895 pp.
43. GIBBS, H., Brown, S., Niles, J. & Foley, J. (2007). Monitoring and estimating tropical forest carbon stocks: making REDD a reality. *Environmental Research Letters* 2, doi: 10.1088/1748-9326/2/4/045023

44. HONORIO E. & BAKER T. (2010). Manual para el Monitoreo del ciclo del Carbono en Bosques Amazónicos. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana/ Universidad de Leeds. Lima, 54p.
45. HOUGHTON, R. A. (2005). Aboveground Forest Biomass and the Global Carbon Balance. *Global Change Biology* 11: 945–958.
46. INRENA. 1994. Mapa Ecológico del Perú Guía Explicativa. Lima.
47. IPCC (2007): Cambio climático 2007: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [Equipo de redacción principal: Pachauri, R.K. y Reisinger, A. (directores de la publicación)]. IPCC, Ginebra, Suiza, 104 págs
48. JOSSE, C., G. Navarro, F. Encarnación, A. Tovar, P. Comer, W. Ferreira, F. Rodríguez, J. Saito, J. Sanjurjo, J. Dyson, E. Rubin de Celis, R. Zárate, J. Chang, M. Ahuite, C. Vargas, F. Paredes, W. Castro, J. Maco y F. Reátegui. (2007). Sistemas Ecológicos de la Cuenca Amazónica de Perú y Bolivia. Clasificación y mapeo. NatureServe. Arlington, Virginia, EE UU.
49. KEELING H., Baker T., Vasquez R., Monteagudo A., Phillips O. (2008). Contrasting patterns of diameter and biomass increment across tree functional groups in Amazonian forests *Oecologia* 158:521–534.
50. KÖRNER, C (2003). Carbon limitation in trees. *Journal of Ecology* 91: 4-17.
51. LAURANCE, W., P. Fearnside, S. Laurance, P. Delamonica, T. E. Lovejoy, J. M. Rankin-de Merona, J. Q. Chambers & C. Gascon. (1999). Relationship between soils Amazon forest biomass: a landscape-scale study. *Forest Ecology and Management* 118: 127 – 138.
52. LEWIS, S., O. Phillips, D. Sheil, B. Vinceti, T. Baker, S. Brown, A. Graham, N. Higuchi, D. Hilbert, W. Laurance, J. Lejoly, Y. Mahli, A. Monteagudo, P. Nuñez, B. Sonke, N. Supardi, J. Terborgh & R. Vasquez. (2004). Tropical forest tree mortality, recruitment and turnover rates: calculation, interpretation and comparison when census intervals vary. *Journal of Ecology* 92: 929–944.
53. LEWIS S.L., Brando P.M., Phillips O.L., van der Heijden G.M.F., & Nepstad D. (2011). The 2010 Amazon Drought. *Science*, Vol 331: 554.
54. LONDOÑO, A.C. & E.M. JIMÉNEZ. (1999). Efecto del tiempo entre los censos sobre la estimación de las tasas anuales de mortalidad y de reclutamiento de árboles (períodos de 1, 4 y 5 años). *Crónica Forestal y del Medio Ambiente* 14(1): 41–58.
55. LOPEZ-GONZALEZ G., Lewis, S.L., Burkitt, M., Phillips, O.L. (2010). ForestPlots.net: a web application and research tool to manage and analyse tropical forest plot data. *Journal of Vegetable Science* 22:610-613.
56. LOPEZ-GONZALEZ G., & Phillips O. (2012). Estudiando el Amazonas: la experiencia de la Red Amazónica de Inventarios Forestales. *Ecosistemas* 21 (1-2):118-125.
57. LUGO, A. & F. SCATENA. (1996). Background and catastrophic tree mortality in tropical moist, wet and rain forests. *Biotropica* 28(4): 585–599.

58. MACDICKEN K. (1997) A Guide to Monitoring Carbon Storage in Forestry and Agroforestry Projects (Arlington, VA: Winrock International)
59. MALHI, Y. & Grace, J., (2000). Tropical forests and atmospheric carbon dioxide. *Trends in Ecology and Evolution*, 15, 332 -337.
60. MALHI, Y., Phillips, O.L., Baker, T., Almeida, S., Fredericksen, T., Grace, J., Higuchi, N., Killeen, T., Laurance, W.L., Leño, C., Lloyd, J., Meir, P., Monteagudo, A., Neill, D., Núñez Vargas, P., Panfil, S., Pitman, N. et al. (2002). An international network to understand the biomass and dynamics of Amazonian forests (RAINFOR). *Journal of Vegetation Science*. 13, 439-450.
61. MALHI Y. T.R. Baker, O.L. Phillips, J. Chave, C. Czimczik, A. Difiore, N. Higuchi, T.J. Killeen, S. G. Laurance, W.F. Laurance, S. L. Lewis, L. M. Mercado Montoya, A. Monteagudo, D. et al. (2004). The Above-Ground Coarse Wood Productivity Of 104 Neotropical Forest Plots. *Global Change Biology*.10, 563–591.
62. MALHI, Y. & WRIGHT, J. (2004). Spatial patterns and recent trends in the climate of tropical rainforest regions. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London Series B: Biological Sciences* 359, 311–329.
63. MALHI Y., Wood D., Baker T. et al. (2006). The regional variation of aboveground live biomass in old-growth Amazonian forests. *Global Change Biology*.12, 1107-1138.
64. MARENGO, J. A., Nobre, C. A., Tomasella, J., Oyama, M.D., Sampaio de Oliveira, G., de Oliveira, R., Camargo, H., Alves, L.M. & Brown, I. F. (2008). The drought of Amazonia in 2005. *Journal of Climate* 21, 495–516.
65. MONTEAGUDO A. & Phillips O. (2012). Presentación de la Red Amazónica de Inventarios Forestales, [diapositivas en Power Point]. Recuperado de Presentaciones Congreso Nacional de Botánica 2012.
66. MOSTACEDO B. & Fredericksen T.S. (eds) (2001). "Regeneración y Silvicultura de Bosques Tropicales en Bolivia". Artículo: Dinámica de Especies Arbóreas en un Bosque Húmedo Tropical en el Norte de la Amazonía Boliviana: 53-76.
67. NEBEL, G., Kvist, L., Vanclay, J., & Vidaurre, H. (2000). Dinámica de los bosques de la llanura aluvial inundable de la Amazonía Peruana: Efectos de las perturbaciones e implicancias para su manejo y conservación. *Folia Amazónica* Vol. 11, 65-97.
68. ODUM, E. P. (1986). *Fundamentos de Ecología*. Nueva Editorial Interamericana S. A. México, D. F.
69. ODUM, E.; Barrett, G. (2007). *Fundamentos de Ecología*. Engage Learning. Inglaterra. 598 p.
70. PAN Y. et al. (2011). A Large and Persistent Carbon Sink in the World's Forests. *Science* 333, 988.
71. PHILLIPS O. & Gentry A.H. (1994). Increasing turnover through time in tropical forest. *Science* 263, 954-958.

72. PHILLIPS, O., Malhi, Y., Higuchi, N., Laurance, W., Núñez, P., Vásquez, R., Laurance, S., Ferreira, L. et al. (1998). Changes in the Carbon Balance of Tropical Forests: Evidence from Long-Term Plots. *Science* 282, 439-442.
73. PHILLIPS O. & Baker T. (2002a). Field manual for plot establishment and remeasurement (RAINFOR). Amazon Forest Inventory Network, Sixth Framework Programme (2002–2006).
74. PHILLIPS, O. & J. Miller. (2002b). Global patterns of forest diversity: the dataset of Alwyn H. Gentry. *Monographs in Systematic Botany*. Volume 89. Missouri Botanical Garden, St. Louis, Missouri. 319p.
75. PHILLIPS O.L, T. R. Baker, W. F. Laurance, S. L. Lewis, J. Lloyd, Y. Malhi, A. Monteagudo, et al. (2004). Pattern and process in Amazon tree turnover, 1976–2001 in *Phil. Trans. R. Soc. Lond. B* 359: 381-407pp.
76. PHILLIPS O., Vásquez R, Monteagudo A & Baker TR. (2007). 20 años de cambios en los bosques del sur-oeste de la Amazonía. *Q'EUÑA, Sociedad Botánica del Cusco* 1:29-36.
77. PHILLIPS O., Lewis S. Baker T. Chao K.J., Higuchi N. (2008). The changing Amazon Forest. *Phil. Trans. R. Soc. B.* 363, 1819-1827.
78. PHILLIPS, O.L., Baker, T.R, Feldpausch, T.R., Brien R. (2009a). RAINFOR Manual de Campo para la remediación y establecimiento de parcelas, primera edición 2002 disponible en: <http://www.rainfor.org/es/manuales>
79. PHILLIPS O., Higuchi N, Vieira S, Baker TR, Chao KJ & Lewis SL. (2009b). Changes in Amazonian forest biomass, dynamics, and composition, 1980–2002. *Amazonía and Global Change: Geophysical Monograph Series* 186:373-387.
80. PHILLIPS O., Aragão L, Lewis S, Fisher J, Lloyd J, López-González G, Malhi Y, Monteagudo A, Peacock J, Quesada C, van der Heijden G. et al. (2009c). Drought Sensitivity of the Amazon Rainforest. *Science* 323 (5919):1344-1347.
81. PHILLIPS O, van der Heijden G, Lewis SL, López-González G, Aragão LEOC, Lloyd J, Malhi Y, Monteagudo A, Almeida S, Dávila EA, Amaral I, Andelman S, Andrade A, Arroyo L, Aymard G, Baker TR, et al.(2010). Drought-mortality relationships for tropical forests. *New Phytologist* 187 (3):631-646. doi:10.1111/j.1469-8137.2010.03359.x
82. PITMAN, N., Terborgh J., Silman M., Núñez P., Neill D., Cerón C., Palacios W. y Aulestia M. (2001). Dominancia y distribución de las especies de árboles en los bosques amazónicos superiores de tierra firme *Ecology* 82 (8): 2101-2117.
83. PITMAN, N., Núñez P. & Terborgh J. (2005). Árboles Comunes de los Bosques inundados de Madre de Dios. *Biodiversidad Amazónica* 1 (1): 6-15.
84. PUTZ, F (1983). Liana biomass and Leaf Area of a “Tierra Firme” Forests in the Río Negro Basin, Venezuela. *Biotropica* 15(3): 185-189.
85. QUESADA C.A., J. Lloyd, M. Schwarz, et al. (2010a). Regional and large-scale patterns in Amazon forest structure and function are mediated by variations in soil physical and chemical properties. *Biogeosciences Discuss.*, 6, 3993–4057.

86. QUESADA C.A., J. Lloyd, M. Schwarz, et al. (2010b). Variations in chemical and physical properties of Amazon forest soils in relation to their genesis. *Biogeosciences Discuss.*, 6, 3923– 3992
87. QUESADA C. A., Lloyd J., Anderson L.O., Fyllas N.M., Schwarz M., and Czimczik C.I. (2011) Soils of Amazonía with particular reference to the RAINFOR sites. *Biogeosciences*, 8, 1415–1440.
88. QUINTO H.,Ibarguen, R.,Ramos, Y.,(2009) Mortalidad y Reclutamiento de Arboles en un Bosque Pluvial Tropical de Chocó. *Revista Facultad Nacional de Agronomía - Medellín* , vol.62, num.1,pp.4855-4868.
89. QUINTO H. (2010). Dinámica de la biomasa aérea en bosques primarios de Colombia y su relación con la precipitación y la altitud. Tesis de Maestría en Bosques y Conservación Ambiental- Universidad Nacional de Colombia.
90. RAMIREZ H., Torrez-Lezama A., Serrano J. (2002). Mortalidad y Reclutamiento de Arboles en un bosque nublado de la cordillera de los andes, Venezuela. *Ecotropicos* 15(2):177-184
91. RNTAMB. (2011). Plan Maestro de la Reserva Nacional Tambopata, Madre de Dios (2011-2016). 141p.
92. RAPID ASSESMENT PROGRAM. (1994). The Tambopata-Candamo Reserved Zone of Southeastern Perú: A Biological Assessment. *Conservacion Internacional* 192 pp.
93. REDD+. (2011). Estimación de los Costos de Oportunidad de REDD+, Manual de Capacitación, Versión 1.4.
94. RÜGNITZ, M. T.; Chacón, M. L.; Porro R. Guía para la Determinación de Carbono en Pequeñas Propiedades Rurales -- 1. ed.Lima, Perú.: Centro Mundial Agroflorestal (ICRAF) / Consórcio Iniciativa Amazônica (IA). 2009. 79 p.
95. SAATCHI S.S. Houghton R.A, Dos Santos Alvala R.C, Soares J. & YU Y. (2007). Distribution of aboveground live biomass in the Amazon basin.*Global Change Biology* 13, 816-837
96. SANQUETTA C. & BALBINOT, R. (2004). Metodología para determinação de biomassa florestal. Fixação de carbono: Atualidades, projetos e pesquisas. Curitiba, Brasil.
97. SARMIENTO G., Pinillos, M. & I. Garay. (2005). Biomass variability in Tropical American Lowland Rainforest. *Ecotropicos* 18 (1):1-20.
98. SEGURA M. Kanninen M., Alfaro M. Campos J. (1999). Almacenamiento y Fijacion de Carbono en Bosques de Bajura de la zona Atlantica de Costa Rica. *Revista Forestal Centroamericana*
99. SWAINE M. D., D. Lieberman & F. E. Putz. (1987). The dynamic of tree population in tropical forest. *Journal Tropical Ecology* 3 (4): 356-366.
100. TER STEEGE H. (2010). Contribution of current and historical process to patterns of tree diversity and composition of the Amazon. In C. Hoorn & F.P. Wesswling (Eds.).

Amazonía, landscape and species evolution: A look into the past, pp.349-359. Blackwell Publishing.

101. TERBORGH, J. & ANDRESEN, E. (1998). The composition of Amazonian forests: patterns at local and regional scales. *Journal of Tropical Ecology*, 14, 645–664.
102. URETA M. (2009). Diferencias Altitudinales de Contenido de Carbono y Biomasa Arbórea en el Parque Nacional Yanachaga Chemillén, Pasco-Perú. Tesis para optar el título de Biólogo. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann-Tacna.
103. VALENZUELA L., Catalayud G., Farfan J., Huamantupa I., Monteagudo A. Suelli E. (2007). Flórula de la Reserva Ecológica Inkaterra. Missouri Botanical Garden-Inkaterra. 448p
104. VÁSQUEZ, M.R., ROJAS G.R. & Rodríguez, E.F. (2003). Adiciones a la Flora Peruana: especies nuevas, nuevos registros y estados taxonómicos de las Angiospermas para el Perú. *Arnaldoa* 9(2): 43-110.
105. VILANOVA E. (2007). Impacto de la extracción selectiva de maderas sobre el almacenamiento de carbono en un bosque de la Guayana Venezolana, Tesis de Maestría en Manejo de Bosques, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de los Andes-Venezuela.
106. WHITMORE, T. (1978). Gaps in the forest canopy. In: P.B. Tomlinson and M.H. Zimmermann (eds.). *Tropical trees as living systems—The proceedings of the fourth Cabot symposium*. Cambridge University Press, Cambridge. 675 p.
107. ZANNE, A.E., López-González, G., Coomes, D.A., Ilic, J., Jansen, S., Lewis, S.L., Miller, R.B., Swenson, N.G., Wiemann, M.C. & Chave, J. (2009). Global Wood density database. Dryad. Identifier.<http://hdl.handle.net/10255/dryad.235>.

ANEXOS

ANEXO 1: Fotos de las parcelas permanentes evaluadas en dos tipos de bosque en la Reserva Nacional Tambopata.

PARCELAS PERMANENTES

Reserva Nacional Tambopata
Pallqui N.



Parcela en Bosque Inundable

Las especies dominantes son: *Lueheopsis hoehnei* (Malvaceae), *Mauritia flexuosa* (Arecaceae)



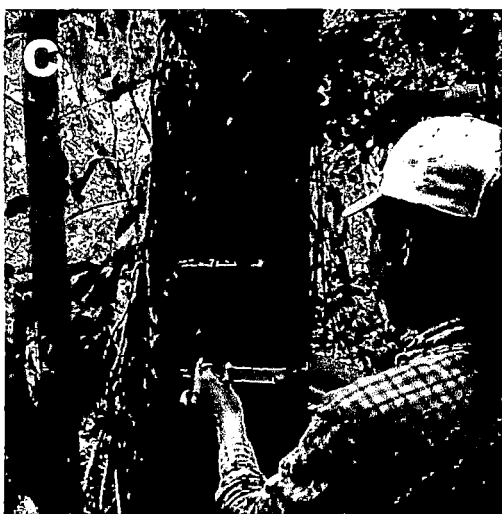
Parcelas en Tierra Firme:

Las especies que predominan son: *Iriartea deltoidea* (Arecaceae), *Pourouma minor* (Urticaceae), *Iryanthera juruensis* (Myristicaceae), *Euterpe precatoria* (Arecaceae), *Leonia glycyarpa* (Fabaceae), *Socratea exorrhiza* (Arecaceae), *Siparuna decipiens* (Siparunaceae), *Pseudolmedia laevis* (Moraceae), *Rinorea viridifolia* (Violaceae), etc.

ANEXO 2: Fotos de la aplicación de la Metodología RAINFOR

METODOLÓGIA RAINFOR

Reserva Nacional Tambopata
Pallqui N.

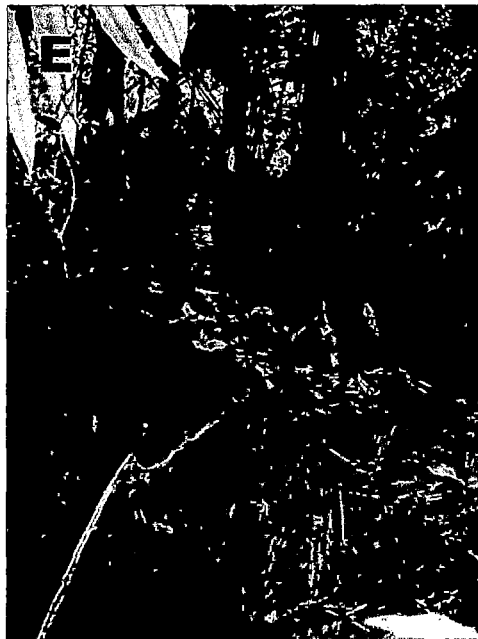


- A: Placa y pintura a 1.30 de DAP en *Celtis schippii*.
- B: Medición del diámetro con escalera en el nuevo POM (punto optimo de medida) en *Iriartea deltoidea*
- C: Toma del diámetro en el mismo lugar de la medida anterior.
- D: Prensado de muestras en campo.
- E: Determinación taxonómica de las especies colectadas.

ANEXO 3: Fotos de los tres principales tipos de mortalidad en las parcelas evaluadas.

TIPO DE MORTALIDAD

Reserva Nacional Tambopata
Pallqui N.



A,D,F: Muerto en Pie
B,C : Muerto Roto
E : Muerto desenraizado

ANEXO 4: Modelo de la ficha de campo usada para la toma de datos. Fuente: Lopez-Gonzalez, G. *et al.*. Forest Plots Database. www.forestplots.net. Fecha de extracción [08,05,13].

TAM-01					Nombre de la Parcela: Tambopata plot zero										Fecha:									
Tag No	Old No	T1	X	Y	Familia	Especie	D 2003.7	D 2006.3	D 2008.6	POM 2008.6	F1	F2	F3	F4	D 2011	POM	IB	PC	f1	f2	Notas del censo 2008	Notas del censo 2011	Arbol ID	
436	514.3	1	19	11	Fabaceae	Hymenaea courbaril	117	122	130	1300	a	1	0	0	145	1300	0	2b	a				53564	
442	514.2	1	18	7.2	Arecaceae	Euterpe precatoria	162	163	162	1300	a	1	0	0	162	1300	0	3b	d				53570	
442.1		1	19	4.8	Urticaceae	Pourouma minor	114	127	134	1300	a	1	0	0	145	1300	0	2a	a				53571	
448	570	1	0	0	Lauraceae	Indet indet	330	365	373	0	c	1	0	0	388	1300	0	4	c				53577	
450	568	1	0.7	-1	Sapindaceae	Talisia cerasina	153	154	156	1300	a	1	0	0	157	1300	0	3a	a				53578	
458	572	1	1.3	2.5	Arecaceae	Iriartea deltoidea	271	254	254	2400	a	1	0	0	254	2400	0	3b	a				53587	
460	571	1	0	1.2	Violaceae	Leonia glycyarpa	137	129	130	1500	a	1	0	0	132	1500	0	2a	a				53589	
462	572.1	1	0	3.9	Malvaceae	Apeiba membranacea	132	132	133	1300	a	1	0	0						aps			53591	
464	578.1	1	1	8.5	Urticaceae	Pourouma minor	140	146	153	1300	a	1	0	0	160	1300	0	2b	a				53593	
466	578	1	0	8.4	Arecaceae	Iriartea deltoidea	344	336	336	1300	a	1	0	0	337	1800	0	4	a			cambio por zancos	53595	
468	579	1	0.9	16	Arecaceae	Iriartea deltoidea	229	229	229	1800	a	1	0	0	233	1800	0	4	a				53596	
539	477.1	1	16	-2	Lauraceae	Indet indet	162	0															53670	
543	511.3	1	15	2.3	Lauraceae	Aniba taubertiana	135	151	163	1300	a	1	0	0	170	1300	0	3b	q				53676	
543.1		1	19	2.5	Arecaceae	Iriartea deltoidea	111	141	155	1300	a	1	0	0	187	1300	0	2a	a				53677	
549	514.4	1	8.6	6.7	Arecaceae	Socratea exorrhiza	170	175	175	3200	a	1	0	0	175	3200	0	3b	a				53681	
551		1	9	8	Arecaceae	Iriartea deltoidea	0																53682	
553	517	1	9.5	9.5	Lauraceae	Ocotea bofo	391	430	461	3200	c	1	4	0	497	3200	1	3b	c		Escalera		53683	
555		1	15	11	Urticaceae	Pourouma indet	0																53684	
557	520	1	9.6	12	Chrysobalanaceae	Licania heteromorpha	155	162	168	1300	a	1	0	0	176	1300	0	2a	a				53685	
557.1		1	8.5	13	Arecaceae	Euterpe precatoria	111	113	120	1300	a	1	0	0						aps			53686	
559	519	1	12	14	Violaceae	Leonia glycyarpa	283	294	302	2000	a	1	0	0	299	2000	0	2b	b			b=10m	53687	

ANEXO 5: Fichas con los códigos para el trabajo en campo y para el ingreso a la base de datos. Fuente: www.rainfor.org/en/manuals

RAINFOR - Códigos para el Trabajo de Campo y para la Base de Datos

FLAG 1: CONDICIÓN DEL ÁRBOL VIVO (Si el árbol está muerto, escriba "0" en esta columna)

- a=** Vivo normal, este código no debe utilizarse con otros códigos, a no ser que el árbol sea un recluta o un árbol normal con tallos múltiples (Ver el código 'n' y el código 'h').
- b=** Vivo, tallo partido y con rebrotes, o por lo menos hay floema/xilema. Anote en la columna de comentarios a qué altura el árbol está partido.
- c=** Vivo, inclinado $\geq 10\%$. El código de inclinado no debe ser utilizado con el código de caído 'd'.
- d=** Vivo, caído (por ejemplo: sobre el suelo)
- e=** Vivo, árbol "acanalado" y/o fenestrado
- f=** Vivo, hueco
- g=** Vivo, podrido
- h=** Árbol con tallos múltiples (cada tallo con más de 99 de diámetro mm recibe un número único). Deberá ser siempre acompañado por otro código – por ej., si un árbol es normal y con troncos múltiples, utilice 'ah', etc.
- i=** Vivo, sin o con pocas hojas
- j=** Vivo, quemado
- k=** Vivo, partido $< 1,3\text{m}$ (por lo tanto, el diámetro a 1.3m es 0 mm)
- l=** Vivo, tiene liana $\geq 10\text{cm}$ de diámetro en el tallo o en la copa del árbol
- m=** Cubierto por lianas. Se utiliza sólo cuando al menos el 50% de la copa del árbol está cubierta por lianas, aun cuando ninguna liana individual alcance 10cm de diámetro.
- n=** Nuevo recluta. Se utiliza siempre con otro código - por ej., si el árbol es normal y nuevo, entonces utilice el código 'an'; si el árbol está partido y es un nuevo recluta, el código es 'bn'.
- o=** Dañado por un rayo
- p=** Cortado
- q=** Corteza pelada/suelta
- s=** Tiene un estrangulador
- t=** Es un estrangulador. Escriba también "estrangulador" en la columna de comentarios.
- z=** Vivo, con baja productividad (casi muerto o muerto)

Nota: Los códigos de la Condición del Árbol Vivo se pueden utilizar en conjunto en cualquier combinación. La excepción son los códigos: 'a', 'e' y 'd'. Por favor lea las notas cuando utilice estos códigos!

Desarrollado en 2005, 2006 y 2007 por participantes de RAINFOR
(Oliver Phillips, Tim Baker, Kuo-Jung Chao, Elifana Jimenez, Simon Lewis, Jon Lloyd, Julie Peacock, Gabriela Lopez-Gonzalez, Ted Feldpausch)

Cuestiones: o.phillips@leeds.ac.uk

FLAG 2: MUERTE DEL ÁRBOL (Escriba/Ingrese "1" en la columna Flag2 si el árbol está vivo)

1) Mecanismo Físico de Mortalidad (¿Cómo murió el árbol?)

- a= Parado, muerto en pie
- b= Quebrado (tronco partido)
- c= Desenraizado (caído desde la raíz)
- d= Muerto en pie o quebrado, probablemente murió en pie (sin desenraizar)
- e= Muerto en pie o quebrado, probablemente murió quebrado (sin desenraizar)
- f= Muerto en pie o quebrado (no desenraizado)
- g= Quebrado o desenraizado, probablemente desenraizado
- h= Quebrado o desenraizado, probablemente quebrado
- i= Quebrado o desenraizado (no en pie)
- k= Desaparecido (localización encontrada, buscamos el árbol, pero no lo encontramos)
- l= Asumido como muerto (localización del árbol no encontrada, por ej. por problemas como falta de coordenadas, mapas pobres, etc.)
- m= No se sabe cómo

2) Número de Árboles en el Evento de Mortalidad

- p= Murió solo
- q= Murió en un evento de muertes múltiples
- r= No se sabe

3) Mato o Fue Matado

- j= Antropogénica
- n= Quemado
- o= Rayo
- s= No se sabe si fue muerto o si mató otras árboles
- t= Matador
- u= Matado por otro árbol, no se sabe más
- v= Matado por otro árbol, que murió quebrado
- w= Matado por otro árbol, que murió desenraizado
- x= Matado por ramas caídas de un árbol que murió en pie
- y= Matado por ramas caídas desde un árbol vivo
- z= Matado por estrangulador
- 2= Matado por liana
- 3= Matado por el peso de un(a) estrangulador / liana [el árbol murió quebrado o caído]
- 4= Matado en competencia con un(a) estrangulador / liana [el árbol murió en pie]

Nota: Seleccione un código de cada una de las categorías. Por ej. Un árbol que está en pie, murió solo y fue muerto por un rayo sería: 'apo'.

En el caso de muertes múltiples, el número de los árboles muertos deben ser registrados en la **columna de comentarios**.

En el caso de árboles quebrados, la altura de la ruptura debe ser registrada en la **columna de comentarios**.

Flag 3: Técnica de Medición

- 0= Medición normal, con cinta métrica
- 1= Relascópio
- 2= Cámara digital
- 3= Estimado (con el ojo)
- 4= Escalera, con cinta diamétrica
- 5= Desconocida

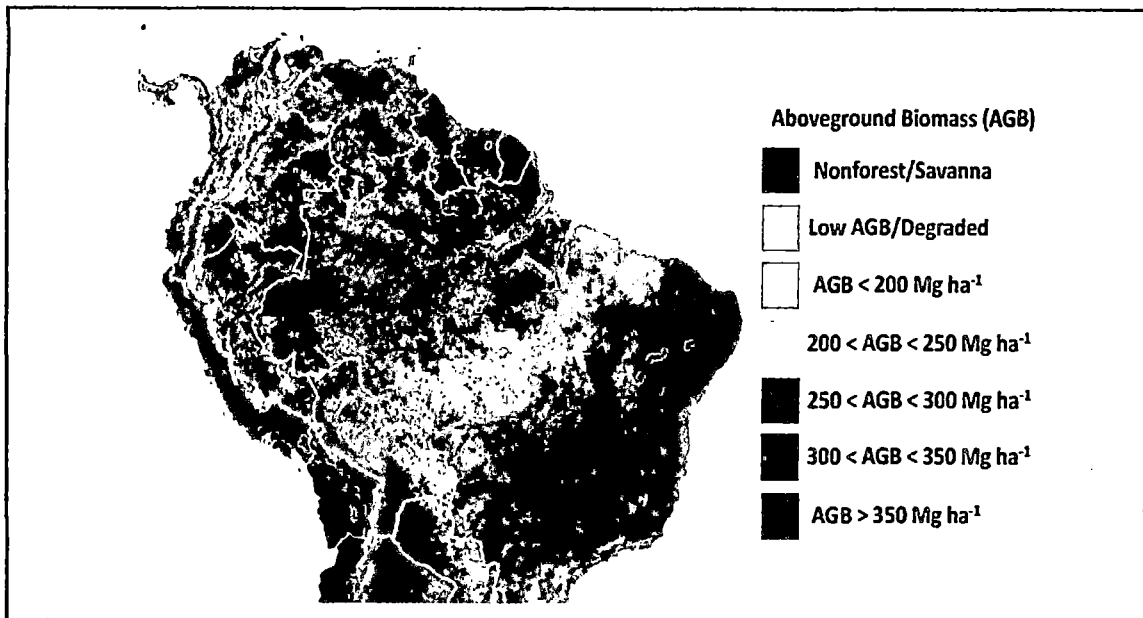
Flag 4: Alteración de Datos

- 0= Medición normal (sin modificación retrospectiva)
- 1= Medición extrapolada a partir de mediciones anteriores o posteriores
- 2= Medición corregida debido a un error tipográfico
- 3= Medición interpolada (medición incorrecta en una secuencia de mediciones correctas)
- 4= Mediciones estimadas usando la tasa de crecimiento media
- 6= El punto de medición (POM) tuvo que ser alterado - medición anterior correcta
- 7= Tasa de crecimiento considerada nula
- 8= Otra transformación - vea notas/ alteración de los datos no explícita
- R= Corrección usando la proporción entre una medición no-afectada y una medición afectada (i.e. por deformación, corteza desprendida)

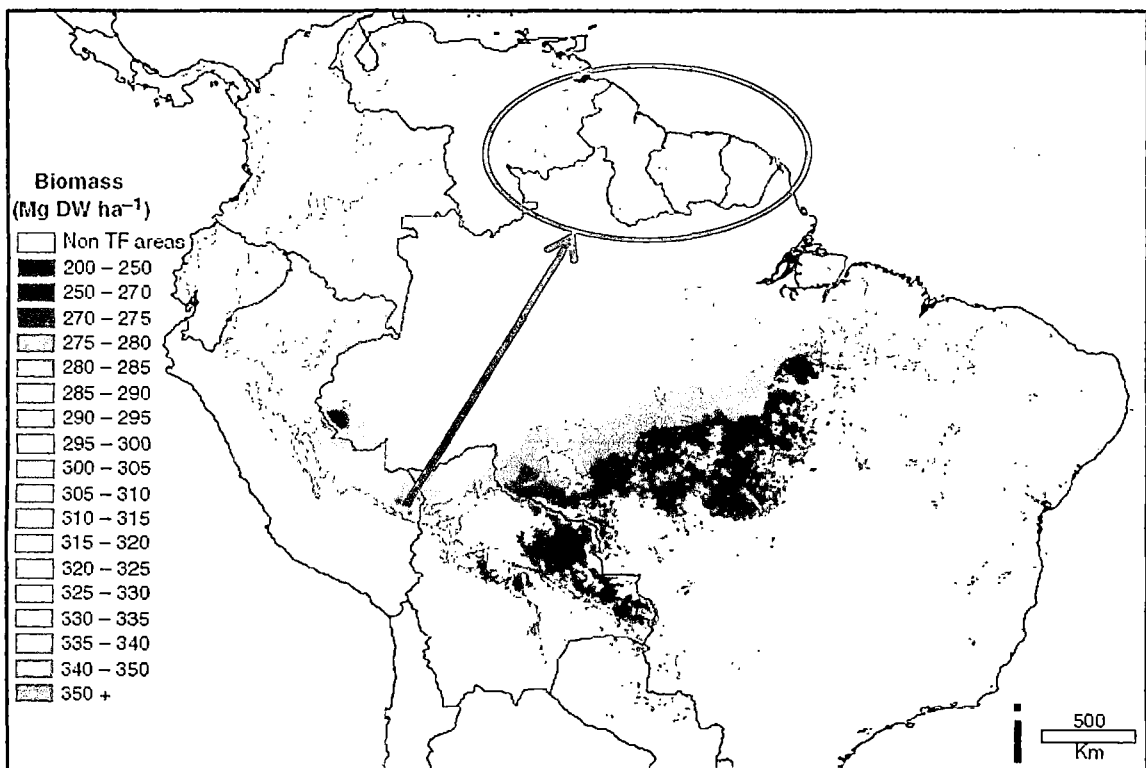
Nota: Sólo una técnica de medición y un código de alteración de los datos deben ser seleccionados para cada árbol.

Comentario: Todo lo demás! Si un árbol está fuera de la parcela, escriba en los comentarios, pero no en los datos del censo.

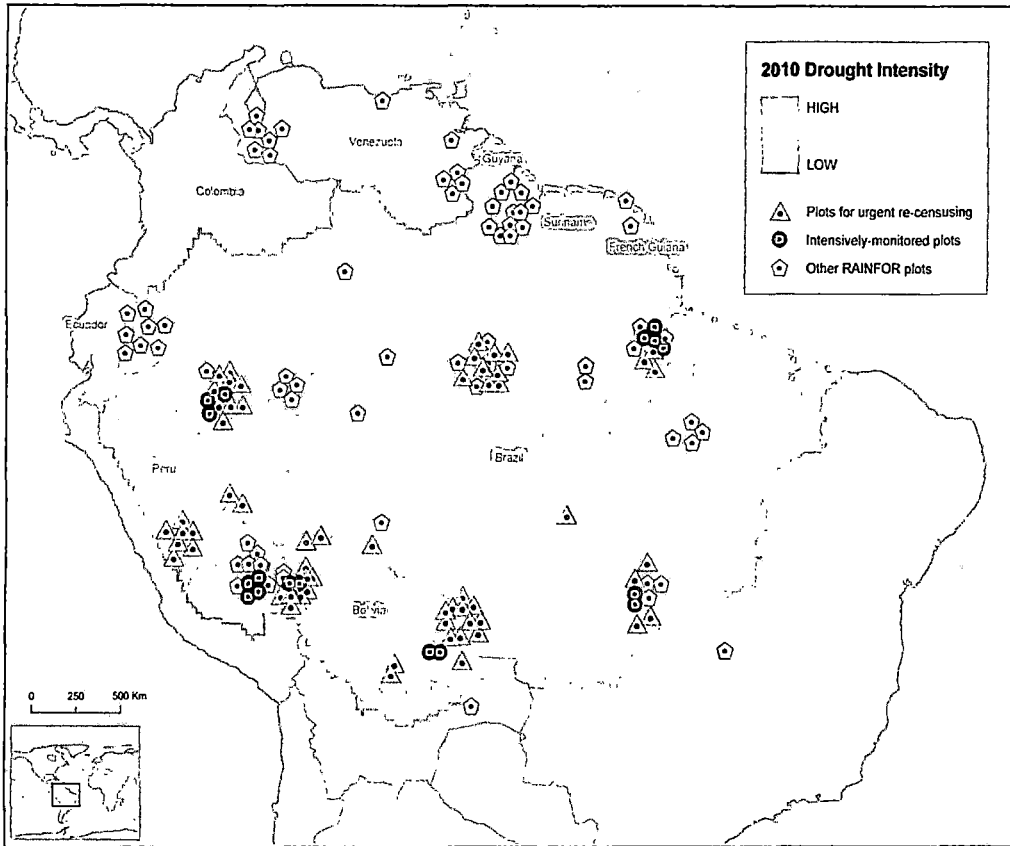
ANEXO 6: Mapa de biomasa aérea derivada de mediciones en las parcelas RAINFOR.
Fuente: Saatchi *et al.* 2009



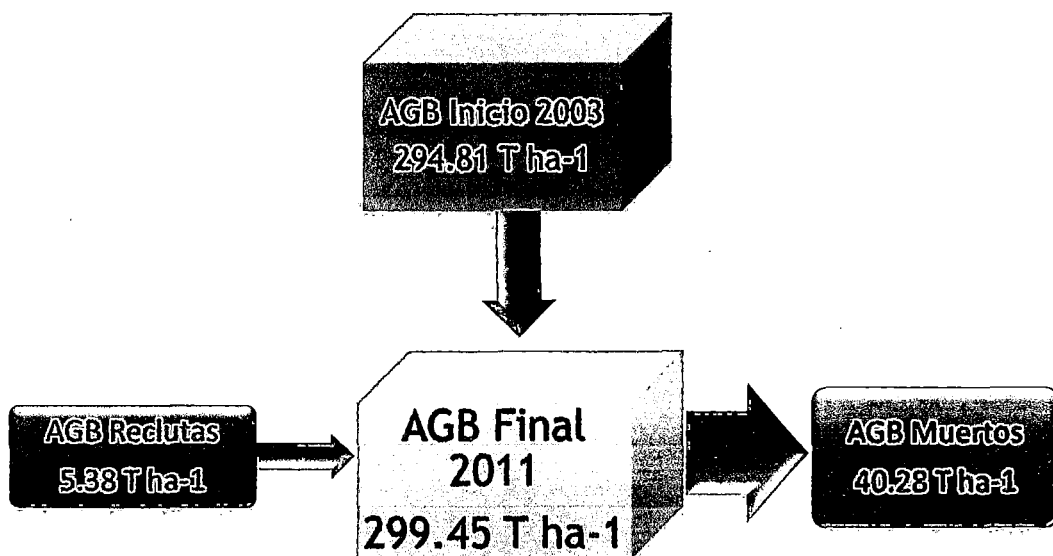
ANEXO 7: Mapa de biomasa aérea presentando una gradiente en la Amazonia. Fuente: Malhi *et al.* 2006



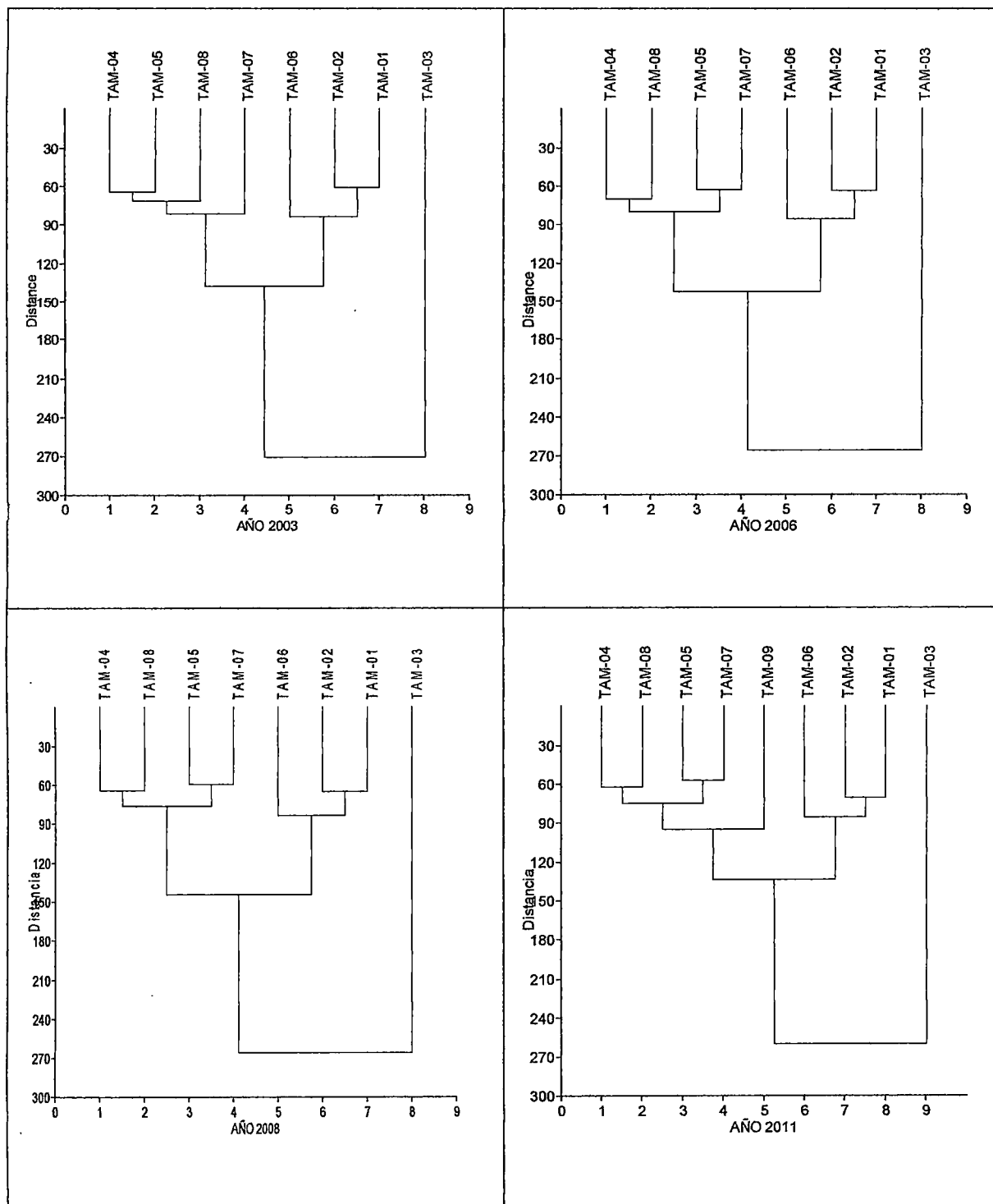
ANEXO 8: Mapa que muestra la intensidad de la sequía del 2010, los puntos son las parcelas permanentes evaluadas por RAINFOR en la Amazonia.
Fuente: Lewis *et al.* 2011



ANEXO 9: Flujo de ingresos y egresos promedio de AGB (Biomasa Aérea) desde el 2003 al 2011 en las parcelas permanentes de la Reserva Nacional Tambopata.



ANEXO 10: Análisis Cluster basado en composición y cantidad de especies para cada año de evaluación.



ANEXO 11: Tabla resumen con la cantidad de individuos vivos, muertos, reclutas, sobrevivientes y sus respectivas biomاسas (AGB) por parcela evaluada para los tres periodos intercensales. *Parcela instalada el 2010

PARCELA	Individuos 2003	AGB 2003 (T/Ha)	Muertos 2003	AGB Muertos (T/Ha)	Sobrevivientes	Reclutas	AGB Reclutas (T/Ha)	Individuos 2006	AGB 2006 (T/Ha)	Muertos	AGB Muertos (T/Ha)	Sobreviviente	Reclutas	AGB Reclutas (T/Ha)	Individuos 2008	AGB 2008 (T/Ha)	Muertos	AGB Muertos (T/Ha)	Sobreviviente	Reclutas	AGB Reclutas (T/Ha)	Individuos 2011	AGB 2011 (T/Ha)
TAM-01	600	253.34	28	7.83	572	28	1.12	600	261.81	18	3.21	582	37	1.67	619	271.62	39	12.96	580	16	0.72	595	273.67
TAM-02	654	284.89	23	6.59	631	44	2.12	672	292.45	32	7.53	640	37	1.92	680	298.89	60	58.02	620	37	2.13	658	257.52
TAM-03	356	321.30	8	4.03	348	3	0.25	351	327.82	7	3.84	344	24	5.27	367	345.44	22	5.85	345	12	1.22	357	363.41
TAM-04	301	336.78	13	6.09	288	5	0.50	293	349.60	17	19.12	276	25	4.11	301	349.22	17	22.83	284	0	0.00	286	347.25
TAM-05	531	283.05	22	4.62	509	22	0.95	531	296.46	24	8.85	507	26	1.64	534	304.55	32	13.01	502	24	1.05	526	311.08
TAM-06	629	308.72	14	3.14	615	32	1.23	642	320.89	31	7.82	611	26	1.51	642	330.59	29	8.84	613	45	14.45	659	352.14
TAM-07	524	315.64	34	32.31	490	20	1.11	511	302.43	37	41.96	474	34	1.72	508	275.75	44	30.28	464	43	2.29	507	263.12
TAM-08	527	254.74	24	17.19	503	24	1.21	527	254.32	37	11.65	490	27	1.42	517	257.93	37	12.13	480	32	2.52	512	261.40
TAM-09*															556*	276.31*	11	12.81	545	7	0.28	552	266.68
TOTAL	4122	2358.46	166	81.82	3956	178	8.49	4127	2405.78	203	103.98	3924	236	19.26	4168	2433.98	291	176.73	4433	216	24.66	4652	2695.06
PROM	515.25	294.81	20.75	10.23	494.5	22.25	1.06	515.88	300.72	25.375	13.00	490.5	29.5	2.41	521	304.25	32.33	19.64	492.56	24	2.74	516.89	299.45
MAX	654	336.78	34	32.31	631	44	2.12	672	349.60	37	41.96	640	37	5.27	680	349.22	60	58.02	620	45	14.45	659	362.20
MIN	301	253.34	8	3.14	288	3	0.25	293	254.32	7	3.21	276	24	1.42	301	257.93	11	5.85	284	0	0.00	286	257.52

Periodo Intercensal 2003-2006

Periodo Intercensal 2006-2008

Periodo Intercensal 2008-2011

ANEXO 12: Matriz de especies identificadas ≥ 10 cm de DAP y la cantidad de individuos en nueve parcelas permanentes evaluadas el año 2011 en la Reserva Nacional Tambopata. La taxonomía actualizada con APG III (2009).

Familia/Especie	TAM-01	TAM-02	TAM-03	TAM-04	TAM-05	TAM-06	TAM-07	TAM-08	TAM-09	Total
Achariaceae										
<i>Lindackeria paludosa</i> (Benth.) Gilg	6	5			7	1	2	2	4	27
Anacardiaceae										
<i>Astronium lecointei</i> Ducke	1	1			1			4		7
<i>Spondias mombin</i> L.									1	1
<i>Tapirira guianensis</i> Aubl.		3			1	2	1			7
<i>Tapirira obtusa</i> (Benth.) J.D. Mitch.						1				1
<i>Tapirira retusa</i> Ducke		1								1
<i>Thyrsodium indet</i>		1								1
<i>Thyrsodium spruceanum</i> Benth.		1			1	1				3
Annonaceae										
<i>Annona ambotay</i> Aubl.		1			4			2	1	8
<i>Annona foetida</i> Mart.						2				2
<i>Annona indet</i>						1			1	2
<i>Crematosperma indet</i>		1								1
<i>Duguetia flagellaris</i> Huber							1			1
<i>Duguetia indet</i>		1							1	2
<i>Duguetia lucida</i> Urb.							1			1
<i>Duguetia odorata</i> (Diels) J.F. Macbr.							1			1
<i>Duguetia spixiana</i> Mart.		1		1		2				4
<i>Guatteria citriodora</i> Ducke				1	1					2
<i>Guatteria elata</i> R.E. Fr.	1						1			2
<i>Guatteria indet</i>	1	8			1	2	1		6	19
<i>Guatteria pteropus</i> Benth.				1						1
<i>Guatteria scytophylla</i> Diels	1									1
<i>Guatteria xylopioides</i> R.E. Fr.	1									1
<i>Oxandra acuminata</i> Diels						1	1	2		4
<i>Oxandra indet</i>					1					1
<i>Oxandra polyantha</i> R.E. Fr.			1							1
<i>Oxandra riedeliana</i> R.E. Fr.	3	8		1		2		4	19	37
<i>Oxandra xylopioides</i> Diels		6		1			2	2	5	16
<i>Pseudoxandra indet</i>			1							1
<i>Pseudoxandra polyphleba</i> (Diels) R.E. Fr.				1						1
<i>Rollinia centrantha</i> R.E. Fr.					1	1				2
<i>Rollinia indet</i>		2			1				4	7
<i>Rollinia pittieri</i> Saff.		1				2		1		4
<i>Ruizodendron ovale</i> (Ruiz & Pav.) R.E. Fr.	1					2				3
<i>Trigynaea duckei</i> (R.E. Fr.) R.E. Fr.	2	3				6		1	19	31
<i>Trigynaea ecuadorensis</i> R.E. Fr.						1				1
<i>Trigynaea indet</i>		2				2				4
<i>Unonopsis floribunda</i> Diels								3		3
<i>Unonopsis indet</i>		1							8	9
<i>Unonopsis matthewsii</i> (Benth.) R.E. Fr.					1	3	1			5
<i>Unonopsis veneficiorum</i> (Mart.) R.E. Fr.	1									1
<i>Xylopia indet</i>								1		1
<i>Xylopia ligustrifolia</i> Humb. & Bonpl. ex Dunal	1									1
<i>Xylopia trichostemon</i> R.E. Fr.				3						3

<i>Protium indet</i>								4	4
<i>Protium pallidum</i> Cuatrec.						1			1
<i>Protium paniculatum</i> Engl.			1						1
<i>Protium puncticulatum</i> Engl.	1								1
<i>Protium spruceanum</i> (Benth.) Engl.						1			1
<i>Tetragastris altissima</i> (Aubl.) Swart		1	3	2	1	20		1	28
<i>Tetragastris indet</i>						1			1
<i>Tetragastris panamensis</i> (Engl.) Kuntze	1	2		7	2	2	7		21
<i>Trattinnickia aspera</i> (Standl.) Swart			1	1					2
<i>Trattinnickia peruviana</i> Loes.				2					2
Calophyllaceae									
<i>Calophyllum angulare</i> A.C. Sm.						1			1
<i>Calophyllum brasiliense</i> Cambess.				8		3	2		13
<i>Caraipa indet</i>		6							6
<i>Caraipa myrcioides</i> Ducke		6		1	1				8
<i>Marila laxiflora</i> Rusby	2				2				4
Cannabaceae									
<i>Celtis schippii</i> Standl.	5	1				9		1	16
Capparaceae									
<i>Capparis amplissima</i> Lam.						2			2
<i>Capparis sola</i> J.F. Macbr.				1					1
Cardiopteridaceae									
<i>Dendrobanhia boliviana</i> Rusby						3			3
Caricaceae									
<i>Jacaratia digitata</i> (Poepp. & Endl.) Solms						1			1
Caryocaraceae									
<i>Anthodiscus klugii</i> Standl. ex Prance	1				1	1			3
<i>Anthodiscus peruanus</i> Baill.				2					2
Celastraceae									
<i>Salacia indet</i>							1		1
<i>Salacia macrantha</i> A.C. Sm.	1						1		2
<i>Tontelea attenuata</i> Miers					1				1
Chrysobalanaceae									
<i>Hirtella excelsa</i> Standl. ex Prance		2		2	1		5		10
<i>Hirtella indet</i>		2	1				1		4
<i>Hirtella racemosa</i> Lam.	1	1					1		3
<i>Licania apetala</i> (E. Mey.) Fritsch	1								1
<i>Licania britteniana</i> Fritsch			1						1
<i>Licania canescens</i> Benoist				2					2
<i>Licania harlingii</i> Prance		1							1
<i>Licania heteromorpha</i> Benth.	3		10	14		7	1		35
<i>Licania indet</i>	2		2					1	5
<i>Licania octandra</i> (Hoffmanns. ex Roem. & Schult.) Kuntze				2					2
Clusiaceae									
<i>Garcinia macrophylla</i> Mart.					1			1	2
<i>Garcinia madruno</i> (Kunth) Hammel	1				1				2
<i>Symphonia globulifera</i> L. f.	2	12	4	2	8	3	12	3	46
Combretaceae									
<i>Buchenavia indet</i>							1		1
<i>Terminalia amazonia</i> (J.F. Gmel.) Exell	1	1							2
<i>Terminalia indet</i>		1	1		1			1	4
<i>Terminalia oblonga</i> (Ruiz & Pav.) Steud.	1							1	2
Dichapetalaceae									
<i>Tapura acreana</i> (E. Ule) Rizzini					2				2
<i>Tapura coriacea</i> J.F. Macbr.			1						1

<i>Tapura juruana</i> (E. Ule) Rizzini		1			2		1		4
Ebenaceae									
<i>Diospyros</i> <i>indet</i>						2		2	4
<i>Diospyros mellinonii</i> (Hiern) A.C. Sm.	2		2	2					6
Elaeocarpaceae									
<i>Sloanea durissima</i> Spruce ex Benth.	2								2
<i>Sloanea eichleri</i> K. Schum.	1			1					2
<i>Sloanea fragrans</i> Rusby				1	6				7
<i>Sloanea guianensis</i> (Aubl.) Benth.							4		4
<i>Sloanea</i> <i>indet</i>	1		2	3				5	11
<i>Sloanea macrophylla</i> Benth. ex Turcz.	2								2
<i>Sloanea obtusifolia</i> (Morici.) K. Schum.					1				1
<i>Sloanea robusta</i> Uittien			1						1
<i>Sloanea stipitata</i> Spruce ex Benth.					1				1
<i>Sloanea terniflora</i> (Sessé & Moc. ex DC.) Standl.		3		4		6			13
Erythroxylaceae									
<i>Erythroxylum</i> <i>indet</i>								1	1
Euphorbiaceae									
<i>Acalypha</i> <i>indet</i>				2					2
<i>Alchornea glandulosa</i> Poepp			1				1		2
<i>Alchornea</i> <i>indet</i>		1					1		2
<i>Alchornea iricurana</i> Casar.						2			2
<i>Alchornea triplinervia</i> (Spreng.) Müll. Arg.			3	1	1				5
<i>Conceveiba guianensis</i> Aubl.				3	1				4
<i>Conceveiba</i> <i>indet</i>	1					1			2
<i>Conceveiba rhytidocarpa</i> Müll. Arg.						1	1		2
<i>Glycydendron amazonicum</i> Ducke	2	1	2		2			1	8
<i>Hevea brasiliensis</i> (Willd. ex A. Juss.) Müll. Arg.				3					3
<i>Hevea guianensis</i> Aubl.				14					14
<i>Hevea</i> <i>indet</i>				4					4
<i>Hura crepitans</i> L.			1						1
<i>Hyeronima oblonga</i> (Tul.) Müll. Arg.						3			3
<i>Mabea</i> <i>indet</i>					2				2
<i>Mabea nitida</i> Spruce ex Benth.					19				19
<i>Pera</i> <i>indet</i>	1								1
<i>Pera tomentosa</i> (Benth.) Müll. Arg.	1								1
<i>Sagotia racemosa</i> Baill.		22							22
<i>Sapium glandulosum</i> (L.) Morong	1								1
<i>Sapium</i> <i>indet</i>	1								1
<i>Sapium marmieri</i> Huber					1			2	3
Fabaceae									
<i>Abarema</i> <i>indet</i>			1					2	3
<i>Abarema jupunba</i> (Willd.) Britton & Killip				1					1
<i>Abarema macradenia</i> (Pittier) Barneby & J.W.				1					1
<i>Acacia</i> <i>indet</i>		1	2			1		1	5
<i>Albizia</i> <i>indet</i>			1	1					2
<i>Amburana</i> <i>indet</i>	1								1
<i>Andira</i> <i>indet</i>						1	2		3
<i>Andira inermis</i> (W. Wright) Kunth ex DC.				1					1
<i>Apuleia leiocarpa</i> (Vogel) J.F. Macbr.		1					1	1	3
<i>Cedrelinga cateniformis</i> Ducke				2		2	2		6
<i>Copaifera reticulata</i> Ducke	1	1							2
<i>Crudia glaberrima</i> (Steud.) J.F. Macbr.			5	3					8
<i>Crudia</i> <i>indet</i>						2			2
<i>Dialium guianense</i> (Aubl.) Sandwith	2		1	1	1	3	6	2	16
<i>Diplotropis</i> <i>indet</i>					1	2			3

<i>Swartzia indet</i>	1					2	1			4
<i>Swartzia leptopetala</i> Benth.						1				1
<i>Tachigali bracteosa</i> (Harms) Zarucchi & Pipoly	3				1	1	1	7		13
<i>Tachigali indet</i>	1	3	1		1		3	2		11
<i>Tachigali polyphylla</i> Poepp.	8	9		4	8		10	5	3	47
<i>Tachigali vasquezii</i> Pipoly					1			2		3
<i>Zygia indet</i>				1	1					2
<i>Zygia latifolia</i> (L.) Fawc. & Rendle			4	5						9
Humiriaceae										
<i>Sacoglottis mattogrossensis</i> Malme				5			1			6
Hypericaceae										
<i>Vismia indet</i>		1								1
Lacistemataceae										
<i>Lacistema aggregatum</i> (P.J. Bergius) Rusby	2	2		1			1	1	1	8
<i>Lacistema indet</i>				1						1
<i>Lacistema nena</i> J.F. Macbr.				1						1
Lauraceae										
<i>Aiouea grandifolia</i> van der Werff	2	1					1			4
<i>Aniba canelilla</i> (Kunth) Mez					1					1
<i>Aniba guianensis</i> Aubl.								1		1
<i>Aniba indet</i>	1	1		4		3		1	4	14
<i>Aniba panurensis</i> (Meisn.) Mez						1				1
<i>Aniba taubertiana</i> Mez	1	1			1			1	1	5
<i>Beilschmiedia indet</i>						2		1		3
<i>Cinnamomum indet</i>				1						1
<i>Endlicheria formosa</i> A.C. Sm.						6				6
<i>Endlicheria indet</i>				1		3	1		1	6
<i>Endlicheria krukovii</i> (A.C. Sm.) Kosterm.						1				1
<i>Licaria armeniaca</i> (Nees) Kosterm.			13	4						17
<i>Licaria aurea</i>			1							1
<i>Licaria aurea</i> (Huber) Kosterm.				2	3		5	4		14
<i>Licaria cannella</i> (Meisn.) Kosterm.					2					2
<i>Mezilaurus indet</i>							1			1
<i>Mezilaurus subcordata</i> (Ducke) Kosterm.					1					1
<i>Nectandra cissiflora</i> Nees					1					1
<i>Nectandra cuspidata</i> Nees & Mart.					1					1
<i>Nectandra indet</i>		1					4	3	2	10
<i>Nectandra pulverulenta</i> Nees		1			1	4		3	1	10
<i>Nectandra viburnoides</i> Meisn.					2	2	1			5
<i>Ocotea bofo</i> Kunth	1			2	10	5	3			21
<i>Ocotea indet</i>	2	2		3	3		10	3	3	26
<i>Ocotea rubrinervis</i> Mez								6		6
<i>Persea indet</i>		1								1
<i>Pleurothyrium indet</i>	1			1	1	1		5	1	10
<i>Pleurothyrium vasquezii</i> van der Werff		1			1			1		3
<i>Pleurothyrium vasquezii</i> van der Werff	2									2
<i>Rhodostemonodaphne grandis</i> (Mez) Rohwer	2			1						3
<i>Rhodostemonodaphne kunthiana</i> (Nees) Rohwer	1									1
Lecythyidaceae										
<i>Bertholletia excelsa</i> Bonpl.		2		1	2	1	2	1	1	10
<i>Cariniana indet</i>									1	1
<i>Couratari guianensis</i> Aubl.		1								1
<i>Couratari indet</i>									3	3
<i>Eschweilera coriacea</i> (DC.) S.A. Mori	3	4		2	9	1	7	6	1	33
<i>Eschweilera indet</i>	1			1		1	1		9	13

<i>Eschweilera juruensis</i> R. Knuth	1				1					2
<i>Grias</i> indet									3	3
<i>Gustavia augusta</i> L.	1									1
<i>Gustavia</i> indet									1	1
Linaceae										
<i>Hebepetalum humiriifolium</i> (Planch.) Benth.					11		11	2		24
<i>Roucheria columbiana</i> Hallier f.							1		1	2
<i>Roucheria punctata</i> (Ducke) Ducke					10		11	7		28
Lythraceae										
<i>Physocalymma scaberrimum</i> Pohl							1			1
Malpighiaceae										
<i>Byrsonima arthropoda</i> A. Juss.	1									1
<i>Byrsonima</i> indet							3			3
<i>Byrsonima poeppigiana</i> A. Juss.							1			1
Malvaceae										
<i>Apeiba membranacea</i> Spruce ex Benth.	5	3				5			2	15
<i>Chorisia integrifolia</i> Ulbr.						1				1
<i>Huberodendron swietenioides</i> (Gleason) Ducke					3		1	4		8
<i>Lueheopsis hoehnei</i> Burret			230							230
<i>Matisia</i> indet		2			1					3
<i>Matisia ochrocalyx</i> K. Schum.	3				4		5			12
<i>Pachira</i> indet		3								3
<i>Pachira insignis</i> (Sw.) Sw. ex Savigny		2								2
<i>Quararibea guianensis</i> Aubl.		1								1
<i>Quararibea</i> indet		1		1	1			1	14	18
<i>Quararibea ochrocalyx</i> (K. Schum.) Vischer								3		3
<i>Quararibea wittii</i> K. Schum. & Ulbr.	1	1		3		3				8
<i>Sterculia apeibophylla</i> Ducke				2						2
<i>Sterculia apetala</i> (Jacq.) H. Karst.	1							1		2
<i>Sterculia</i> indet		2		1		5			1	9
<i>Sterculia tessmannii</i> Mildbr.					3	4				7
<i>Theobroma cacao</i> L.	5					4			4	13
<i>Theobroma speciosum</i> Spreng.	3	1			2	3				9
Melastomataceae										
<i>Bellucia</i> indet							1			1
<i>Bellucia pentamera</i> Naudin				1			1			2
<i>Loreya</i> indet							1			1
<i>Miconia centrodesma</i> Naudin								2		2
<i>Miconia chrysophylla</i> (Rich.) Urb.								1		1
<i>Miconia dolichorrhyncha</i> Naudin							2			2
<i>Miconia</i> indet	1	3		3	2		2		5	16
<i>Miconia punctata</i> (Desr.) D. Don ex DC.				1	2					3
<i>Miconia pyrifolia</i> Naudin					1					1
<i>Miconia trinervia</i> (Sw.) D. Don ex Loudon					1					1
<i>Miconia triplinervis</i> Ruiz & Pav.							1	1		2
<i>Mouriri apiranga</i> Benth.					1		1			2
<i>Mouriri</i> indet					1		2		1	4
<i>Mouriri nigra</i> (DC.) Morley					2					2
Meliaceae										
<i>Cabralea canjerana</i> (Vell.) Mart.	1	1							1	3
<i>Cedrela fissilis</i> Vell.		1								1
<i>Guarea glabra</i> Vahl	1	1				2				4
<i>Guarea gomma</i> Pulle	5	6				7		2	8	28
<i>Guarea</i> indet	1					1			1	3
<i>Guarea kunthiana</i> A. Juss.						3				3
<i>Guarea macrophylla</i> Vahl	2					2				4

<i>Trichilia indet</i>	1		1	1		1		1		5
<i>Trichilia pleeana</i> (A. Juss.) C. DC.						1		1		2
<i>Trichilia quadrijuga</i> Kunth								2		2
<i>Trichilia rubra</i> C. DC.			1							1
<i>Trichilia septentrionalis</i> C. DC.						2				2
Monimiaceae										
<i>Mollinedia caudata</i> J.F. Macbr.		2						1		3
<i>Mollinedia killipii</i> J.F. Macbr.									1	1
Moraceae										
<i>Batocarpus amazonicus</i> (Ducke) Fosberg						1				1
<i>Brosimum alicastrum</i> Sw.	1			1	2					4
<i>Brosimum guianense</i> (Aubl.) Huber	1	2		1	2		2	1		9
<i>Brosimum indet</i>		1					1			2
<i>Brosimum lactescens</i> (S. Moore) C.C. Berg	8	4		3	4	1		2	1	23
<i>Brosimum rubescens</i> Taub.		1		1	2		5	1		10
<i>Brosimum utile</i> (Kunth) Oken						2				2
<i>Castilla ulei</i> Warb.	2	3				6			3	14
<i>Clarisia biflora</i> Ruiz & Pav	1	2	5	1		1		2	1	13
<i>Clarisia racemosa</i> Ruiz & Pav.		2	1		2	2	2	2	3	14
<i>Ficus indet</i>							1		2	3
<i>Ficus maxima</i> Mill.						1				1
<i>Ficus schultesii</i> Dugand						1				1
<i>Ficus sphenophylla</i> Standl.				1						1
<i>Helicostylis indet</i>		1					5		1	7
<i>Helicostylis tomentosa</i> (Poepp. & Endl.) Rusby	4	2		1	4		1	1		13
<i>Maquira calophylla</i> (Poepp. & Endl.) Rusby	4					1				5
<i>Maquira coriacea</i> (H. Karst.) C.C. Berg			17	1						18
<i>Maquira guianensis</i> Aubl.	1	2				2		1	1	7
<i>Naucleopsis glabra</i> Spruce ex Pittier				1						1
<i>Naucleopsis indet</i>	1								2	3
<i>Naucleopsis ternstroemiiflora</i> (Mildbr.) C.C.				1		1		1		3
<i>Perebea angustifolia</i> (Poepp. & Endl.) C.C.	1	1		1						3
<i>Perebea indet</i>									1	1
<i>Pseudolmedia laevigata</i> Trécul		4		2	20		6	14	2	48
<i>Pseudolmedia laevis</i> (Ruiz & Pav.) J.F.	16	21		5	7	7	1	10	24	91
<i>Pseudolmedia macrophylla</i> Trécul	11	8		10	5		3	6	8	51
<i>Pseudolmedia murure</i> Standl.	1									1
<i>Pseudolmedia rigida</i> (Klotzsch & H. Karst.) Cuatrec.		3					2			5
<i>Sorocea indet</i>									1	1
<i>Sorocea pileata</i> W.C. Burger	3	1				3			2	9
<i>Trophis scandens</i> (Lour.) Hook. & Arn.					1					1
Myristicaceae										
<i>Iryanthera indet</i>		3		2	2	3	2	1		13
<i>Iryanthera juruensis</i> Warb.	12	9		13	18	4	34	34	8	132
<i>Iryanthera laevis</i> Markgr.	3	8		4	8	3	16	19	1	62
<i>Iryanthera olacoides</i> (A.C. Sm.) A.C. Sm.					1					1
<i>Iryanthera tessmannii</i> Markgr.		1								1
<i>Otoba parvifolia</i> (Markgr.) A.H. Gentry						7				7
<i>Virola calophylla</i> (Spruce) Warb.	1	4		1	1	3	1	1	2	14
<i>Virola decorticans</i> Ducke								1		1
<i>Virola elongata</i> (Benth.) Warb.						2				2
<i>Virola flexuosa</i> A.C. Sm.						1		1		2
<i>Virola indet</i>	1	3						2	6	12
<i>Virola lorentensis</i> A.C. Sm.	3									3
<i>Virola multinervia</i> Ducke		1		1			2			4

<i>Viola sebifera</i> Aubl.		3		10	2		5	6	1	27
<i>Viola surinamensis</i> (Rol. ex Rottb.) Warb.	1		6	2		1				10
Myrtaceae										
<i>Eugenia feijoi</i> O. Berg								1		1
<i>Eugenia florida</i> DC.				1						1
<i>Eugenia</i> indet	1		1	1		4			2	9
<i>Eugenia ochrophloea</i> Diels						1				1
<i>Myrcia guianensis</i> (Aubl.) DC.		1								1
<i>Plinia</i> indet						1	1			2
Nyctaginaceae										
<i>Neea altissima</i> Poepp. & Endl.					1					1
<i>Neea chlorantha</i> Heimerl								2		2
<i>Neea divaricata</i> Poepp. & Endl.	1				2	5	4			12
<i>Neea</i> indet	1	2		1	1	3		1	11	20
<i>Neea macrophylla</i> Poepp. & Endl.		1		1	1	1		2		6
<i>Neea ovalifolia</i> Spruce ex J.A. Schmidt		1				1				2
<i>Neea verticillata</i> Ruiz & Pav.				1			1	2		4
Ochnaceae										
<i>Lacunaria jenmanii</i> (Oliv.) Ducke	1			1						2
<i>Ouratea</i> indet					15		11	3	1	30
<i>Ouratea iquitosensis</i> J.F. Macbr.					1					1
<i>Quiina florida</i> Tul.							2			2
<i>Quiina</i> indet	2				1	1			3	7
<i>Quiina nitens</i> J.F. Macbr.	2									2
<i>Quiina peruviana</i> Engl.								1		1
Olacaceae										
<i>Heisteria acuminata</i> (Bonpl.) Engl.	2	1			4		4			11
<i>Heisteria duckei</i> Sleumer		1								1
<i>Heisteria</i> indet	1						1		2	4
<i>Heisteria ovata</i> Benth.								7		7
<i>Heisteria spruceana</i> Engl.		3			1					4
<i>Minquartia guianensis</i> Aubl.		2			2	1		2	5	12
Phytolaccaceae										
<i>Gallesia integrifolia</i> (Spreng.) Harms	2					2				4
Picramniaceae										
<i>Picramnia juniniana</i> J.F. Macbr.							1			1
Piperaceae										
<i>Piper</i> indet	1									1
Polygonaceae										
<i>Coccoloba densifrons</i> C. Mart. ex Meisn.						1				1
<i>Coccoloba</i> indet									1	1
<i>Triplaris</i> indet						1				1
<i>Triplaris peruviana</i> Fisch. & Meyer ex C.A. Meyer						1				1
<i>Triplaris setosa</i> Rusby						2				2
Putranjivaceae										
<i>Drypetes amazonica</i> Steyerem.		1				2			1	4
<i>Drypetes gentryi</i> Monach.	2	12		3		4		2		23
<i>Drypetes</i> indet									1	1
Rosaceae										
<i>Prunus detrita</i> J.F. Macbr.						1				1
<i>Prunus</i> indet									2	2
Rubiaceae										
<i>Alibertia</i> indet					1			2		3
<i>Amaioua corymbosa</i> Kunth				1	8	1	3	6	3	22
<i>Amaioua guianensis</i> Aubl.	1				2	1	1			5

<i>Amaioua indet</i>		1			1					2
<i>Bathysa peruviana</i> K. Krause							1			1
<i>Calycophyllum acreanum</i> Ducke		2		1			1			4
<i>Calycophyllum megistocaulum</i> (K. Krause) C.M. Taylor		1			1		1			3
<i>Capirona decorticans</i> Spruce		1					2	2		5
<i>Chimarrhis hookeri</i> K. Schum.							2			2
<i>Chimarrhis indet</i>				1	1	1				3
<i>Dialypetalanthus fuscescens</i> Kuhlm.					1					1
<i>Genipa americana</i> L.				1		1				2
<i>Macrocnemum roseum</i> (Ruiz & Pav.) Wedd.							2			2
<i>Palicourea indet</i>				1						1
<i>Randia indet</i>								1		1
<i>Warszewiczia coccinea</i> (Vahl) Klotzsch		2								2
<i>Warszewiczia indet</i>				1						1
Rutaceae										
<i>Metrodorea flavida</i> K. Krause		4								4
<i>Zanthoxylum acreanum</i> (K. Krause) J.F. Macbr.							2			2
Sabiaceae										
<i>Meliosma herbertii</i> Rolfe	1	5		3	6		3	7		25
Salicaceae										
<i>Casearia indet</i>		1						1	2	4
<i>Casearia javitensis</i> Kunth		1			1					2
<i>Casearia ulmifolia</i> Vahl ex Vent.	1					1				2
<i>Hasseltia floribunda</i> Kunth						1				1
<i>Laetia corymbulosa</i> Spruce ex Benth.						1				1
<i>Laetia procera</i> (Poepp.) Eichler	4	4		4				4	5	21
<i>Laetia suaveolens</i> (Poepp.) Benth.		1								1
<i>Xylosma indet</i>						1				1
Sapindaceae										
<i>Cupania scrobiculata</i> Rich.					1					1
<i>Matayba arborescens</i> (Aubl.) Radlk.				1						1
<i>Matayba indet</i>		1		1			2			4
<i>Matayba purgans</i> (Poepp.) Radlk.					4					4
<i>Talisia carinata</i> Radlk.				2						2
<i>Talisia cerasina</i> (Benth.) Radlk.	5							1		6
<i>Talisia cupularis</i> Radlk.					1		1			2
<i>Talisia indet</i>				1	1			1		3
<i>Talisia mollis</i> Kunth ex Cambess.	1									1
Sapotaceae										
<i>Chrysophyllum indet</i>				1		1		1		3
<i>Chrysophyllum pomiferum</i> (Eyma) T.D. Penn.	3					1				4
<i>Chrysophyllum venezuelanense</i> (Pierre) T.D. Penn.		1						3	1	5
<i>Manilkara bidentata</i> (A. DC.) A. Chev.								2		2
<i>Manilkara indet</i>									2	2
<i>Manilkara inundata</i> (Ducke) Ducke	5	2								7
<i>Micropholis guyanensis</i> (A. DC.) Pierre				1	7		5			13
<i>Micropholis indet</i>				1			2			3
<i>Micropholis melinoniana</i> Pierre					1					1
<i>Micropholis venulosa</i> (Mart. & Eichler) Pierre				1			1		1	3
<i>Pouteria bangii</i> (Rusby) T.D. Penn.	3	1				1				5
<i>Pouteria caimito</i> (Ruiz & Pav.) Radlk.				1	1	2	2			6
<i>Pouteria cladantha</i> Sandwith		1			1	1				3
<i>Pouteria cuspidata</i> (A. DC.) Baehni	2									2
<i>Pouteria durlandii</i> (Standl.) Baehni							1			1

<i>Pouteria indet</i>	2	6		2		7	4		15	36
<i>Pouteria macrophylla</i> (Lam.) Eyma	1	1								2
<i>Pouteria procera</i> (Mart.) K. Hammer				1						1
<i>Pouteria reticulata</i> (Engl.) Eyma				1				1		2
<i>Pouteria tarapotensis</i> (Eichler ex Pierre) Baehni	1					1		1		3
<i>Pouteria torta</i> (Mart.) Radlk.	5	8			2	7	3	2	9	36
<i>Pouteria trilocularis</i> Cronquist	4	3		2					1	10
<i>Sarcaulus brasiliensis</i> (A. DC.) Eyma	1	3			2	1			1	8
<i>Sarcaulus indet</i>									1	1
Simaroubaceae										
<i>Simaba polyphylla</i> (Cavalcante) W.W. Thomas		1								1
<i>Simarouba amara</i> Aubl.		1				2		1	2	6
Siparunaceae										
<i>Siparuna bifida</i> (Poepp. & Endl.) A. DC.		1								1
<i>Siparuna cuspidata</i> (Tul.) A. DC.								2		2
<i>Siparuna decipiens</i> (Tul.) A. DC.	10	22		3	11	2	15	22	13	98
<i>Siparuna indet</i>	2	2		1		1	2		3	11
Staphyleaceae										
<i>Turpinia occidentalis</i> (Sw.) G. Don	1					6			1	8
Strelitziaceae										
<i>Phenakospermum guyannense</i> (Rich.) Endl.							2			2
Ulmaceae										
<i>Ampelocera edentula</i> Kuhlms.				1	3			3	5	12
<i>Ampelocera verrucosa</i> Kuhlms.				1		1	2			4
Urticaceae										
<i>Cecropia engleriana</i> Snethl.								1		1
<i>Cecropia ficifolia</i> Warb. ex Snethl.					2		1			3
<i>Cecropia indet</i>	1							1		2
<i>Cecropia membranacea</i> Trécul							2			2
<i>Cecropia sciadophylla</i> Mart.	3	5				1	3	2		14
<i>Coussapoa trinervia</i> Spruce ex Mildbr.		1			1			2		4
<i>Pourouma cecropiifolia</i> Mart.	8	2			2	9	2	1	2	26
<i>Pourouma cucura</i> Standl. & Cuatrec.				2			1			3
<i>Pourouma guianensis</i> Aubl.	5	1			7	1	8	2		24
<i>Pourouma indet</i>		8		1	3	1	10	4	8	35
<i>Pourouma minor</i> Benoist	13	8		4	44	1	72	17	4	163
<i>Pourouma mollis</i> Trécul								5		5
<i>Pourouma palmata</i> Poepp. & Endl.	3									3
<i>Pourouma substrigosa</i> Mildbr.		2								2
<i>Pourouma tomentosa</i> Mart. ex Miq.	3									3
<i>Urera capitata</i> Wedd.						1				1
Violaceae										
<i>Gloeospermum sphaerocarpum</i> Triana & Planch	1									1
<i>Leonia crassa</i> L.B. Sm. & A. Fernández						1				1
<i>Leonia glycyarpa</i> Ruiz & Pav.	35	17		2	9	13	5	14	27	122
<i>Leonia racemosa</i> Mart.	1	2		1	1	8				13
<i>Rinorea flavescens</i> (Aubl.) Kuntze		2								2
<i>Rinorea indet</i>									9	9
<i>Rinorea lindeniana</i> (Tul.) Kuntze		5								5
<i>Rinorea viridifolia</i> Rusby	14	3				35			9	61
<i>Rinoreocarpus ulei</i> (Melch.) Ducke				7						7
Total general	592	648	355	279	520	638	503	507	515	4557

ANEXO 13: Matriz de las especies ≥ 10 cm de DAP evaluadas cada remediación desde el 2003 al 2011, cantidad de individuos por año de evaluación y su dinámica en el tiempo. *Solo para TAM-09 instalada el 2010.

Especies	2003	2006	2008	2010*	2011
<i>Abarema indet</i>				2	3
<i>Abarema jupunba</i>	1	1	1		1
<i>Abarema macradenia</i>	1	1	1		1
<i>Acacia indet</i>	2	2	5	1	5
<i>Acalypha indet</i>	2	2	2		2
<i>Aiouea grandifolia</i>	3	4	4		4
<i>Aiouea indet</i>	1	1	1		
<i>Albizia indet</i>	2	2	2		2
<i>Alchornea glandulosa</i>	2	2	2		2
<i>Alchornea indet</i>	2	1	1		2
<i>Alchornea iricurana</i>	2	2	2		2
<i>Alchornea triplinervia</i>	4	4	5		5
<i>Alibertia indet</i>	4	4	4		3
<i>Allophylus floribundus</i>	1	1			
<i>Alseis indet</i>	1				
<i>Alsophila cuspidata</i>	1	1	1		
<i>Amaioua corymbosa</i>	23	21	21	3	22
<i>Amaioua guianensis</i>	6	5	5		5
<i>Amaioua indet</i>	1	2	2		2
<i>Amburana indet</i>	1	1	1		1
<i>Ampelocera edentula</i>	8	8	8	5	12
<i>Ampelocera verrucosa</i>	5	4	4		4
<i>Andira indet</i>	3	3	3		3
<i>Andira inermis</i>	1	1	1		1
<i>Aniba canelilla</i>	1	1	1		1
<i>Aniba guianensis</i>	1	1	1		1
<i>Aniba indet</i>	10	10	12	4	14
<i>Aniba panurensis</i>	1	1	1		1
<i>Aniba taubertiana</i>	5	5	4	1	5
<i>Annona ambotay</i>	8	7	7	1	8
<i>Annona foetida</i>	2	2	2		2
<i>Annona indet</i>	1	1	1	1	2
<i>Anthodiscus klugii</i>	3	3	3		3
<i>Anthodiscus peruanus</i>	2	2	2		2
<i>Apeiba membranacea</i>	16	16	16	2	15
<i>Apuleia leiocarpa</i>	3	3	3	1	3
<i>Aspidosperma cruentum</i>	1				
<i>Aspidosperma excelsum</i>	1	1	1		1
<i>Aspidosperma indet</i>	3	2	2	2	5
<i>Aspidosperma</i>	3	3	3		3

Especies	2003	2006	2008	2010*	2011
<i>macrocarpon</i>					
<i>Aspidosperma marcgravianum</i>	1	1	1		1
<i>Aspidosperma nitidum</i>	2	2	2		2
<i>Aspidosperma parvifolium</i>				5	6
<i>Aspidosperma tambopatense</i>	17	17	17		16
<i>Astrocaryum gratum</i>	20	19	20		21
<i>Astronium lecointei</i>	8	8	8		7
<i>Attalea butyracea</i>	1	1	1		1
<i>Attalea maripa</i>	1	1	1		1
<i>Bathysa peruviana</i>	1	1	1		1
<i>Batocarpus amazonicus</i>	1	1	1		1
<i>Beilschmiedia indet</i>	2	2	3		3
<i>Bellucia indet</i>		1	1		1
<i>Bellucia pentamera</i>	2	2	2		2
<i>Bertholletia excelsa</i>	9	9	9	1	10
<i>Bixa arborea</i>	18	18	18		20
<i>Brosimum alicastrum</i>	4	4	4		4
<i>Brosimum guianense</i>	10	10	10		9
<i>Brosimum indet</i>	2	2	3		2
<i>Brosimum lactescens</i>	22	23	23	1	23
<i>Brosimum rubescens</i>	12	12	11		10
<i>Brosimum utile</i>	2	2	2		2
<i>Buchenavia indet</i>	1	1	1		1
<i>Byrsonima arthropoda</i>	1	1	1		1
<i>Byrsonima indet</i>	2	2	2		3
<i>Byrsonima poeppigiana</i>	2	3	3		1
<i>Cabralea canjerana</i>	3	2	2	1	3
<i>Calophyllum angulare</i>	1	1	1		1
<i>Calophyllum brasiliense</i>	16	16	14		13
<i>Calycophyllum acreanum</i>	4	4	4		4
<i>Calycophyllum megistocaulum</i>	3	3	3		3
<i>Capirona decorticans</i>	4	5	5		5
<i>Capparis amplissima</i>		1	2		2
<i>Capparis sola</i>	2	2	1		1
<i>Caraipa densifolia</i>	1	1	1		
<i>Caraipa indet</i>	3	4	5		6
<i>Caraipa myrcioides</i>	7	8	8		8

Especies	2003	2006	2008	2010*	2011
<i>Cariniana indet</i>				1	1
<i>Casearia indet</i>	1	1	2	2	4
<i>Casearia javitensis</i>	2	2	2		2
<i>Casearia ulmifolia</i>	2	2	2		2
<i>Castilla ulei</i>	12	11	11	3	14
<i>Cecropia engleriana</i>	1	1	1		1
<i>Cecropia ficifolia</i>	3	3	3		3
<i>Cecropia indet</i>	1	1	2		2
<i>Cecropia membranacea</i>	2	2	2		2
<i>Cecropia obtusifolia</i>	1	1	1		
<i>Cecropia sciadophylla</i>	13	13	16	2	14
<i>Cedrela fissilis</i>	1	1	1		1
<i>Cedrelinga cateniformis</i>	7	7	6		6
<i>Celtis schippii</i>	12	12	14	1	16
<i>Chimarrhis hookeri</i>	2	2	2		2
<i>Chimarrhis indet</i>	3	3	3		3
<i>Chorisia integrifolia</i>	1	1	1		1
<i>Chrysophyllum indet</i>	2	2	2		3
<i>Chrysophyllum pomiferum</i>	5	5	4		4
<i>Chrysophyllum venezuelanense</i>	5	5	4	1	5
<i>Cinnamomum indet</i>	1	1	1		1
<i>Cinnamomum triplinerve</i>	1	1			
<i>Clarisia biflora</i>	13	13	12	1	13
<i>Clarisia racemosa</i>	11	11	11	3	14
<i>Coccoloba densifrons</i>	1	1	1		1
<i>Coccoloba indet</i>				1	1
<i>Conceveiba guianensis</i>	5	5	5		4
<i>Conceveiba indet</i>	1	2	2		2
<i>Conceveiba rhytidocarpa</i>	4	3	2		2
<i>Copaifera reticulata</i>	2	2	2		2
<i>Cordia hebeclada</i>	3	3	3		3
<i>Cordia indet</i>	5	5	8	1	11
<i>Cordia lomato-loba</i>	1	1	1		1
<i>Cordia mexicana</i>	3	2	2		1
<i>Cordia nodosa</i>	2	2	2		3
<i>Cordia ripicola</i>	4	4	4		4
<i>Cordia scabrifolia</i>	1	1	1		1
<i>Cordia toqueve</i>	4	4	4		4
<i>Cordia ucayaliensis</i>	3	2	2		2
<i>Couratari guianensis</i>	1	1	1		1
<i>Couratari indet</i>				3	3
<i>Coussapoa trinervia</i>	4	4	4		4
<i>Crematosperma indet</i>	1	1	1		1

Especies	2003	2006	2008	2010*	2011
<i>Crepidosperrum goudotianum</i>	1	1	1		1
<i>Crepidosperrum indet</i>	1	1	1	1	2
<i>Crudia glaberrima</i>	7	7	8		8
<i>Crudia indet</i>	2	2	2		2
<i>Cupania scrobiculata</i>	1	1	1		1
<i>Dacryodes indet</i>				1	1
<i>Dendroban-gia boliviana</i>	3	3	3		3
<i>Dendropanax indet</i>	1	2	2		2
<i>Dialium guianense</i>	13	13	14	2	16
<i>Dialypetalanthus fuscescens</i>	1	1	1		1
<i>Dilodendron elegans</i>	1	1	1		
<i>Diospyros indet</i>	1	1	1	2	4
<i>Diospyros melinonii</i>	6	6	6		6
<i>Diplo-tropis indet</i>	2	2	2		3
<i>Diplo-tropis purpurea</i>	6	6	6		6
<i>Dipteryx odorata</i>	1	1	1		1
<i>Drypetes amazonica</i>	3	3	3	1	4
<i>Drypetes gentryi</i>	23	23	23		23
<i>Drypetes indet</i>				1	1
<i>Duguetia flagellaris</i>	1	1	1		1
<i>Duguetia indet</i>	1	1	1	1	2
<i>Duguetia lucida</i>	1	1	1		1
<i>Duguetia odorata</i>	1	1	1		1
<i>Duguetia spixiana</i>	4	4	4		4
<i>Dussia indet</i>	1	1	1		1
<i>Ecclinusa indet</i>	1				
<i>Endlicheria formosa</i>	7	6	6		6
<i>Endlicheria indet</i>	8	8	7	1	6
<i>Endlicheria krukovii</i>	1	1	1		1
<i>Endlicheria rufo-ramula</i>	1	1	1		
<i>Enterolobium bamebianum</i>	2	1	1		
<i>Enterolobium schomburgkii</i>	5	5	5		4
<i>Erythroxy-lum citrifolium</i>	1				
<i>Erythroxy-lum indet</i>				1	1
<i>Eschweilera coriacea</i>	34	32	33	1	33
<i>Eschweilera indet</i>	4	4	3	9	13
<i>Eschweilera juruensis</i>	2	2	2		2
<i>Eugenia feijoi</i>	1	1	1		1
<i>Eugenia florida</i>	2	2	1		1
<i>Eugenia indet</i>	12	12	9	2	9
<i>Eugenia ochrophloea</i>	1	1	1		1
<i>Euterpe precatoria</i>	96	99	102	15	122

Especies	2003	2006	2008	2010*	2011
<i>Ferdinandusa loretensis</i>	1	1	1		
<i>Ficus indet</i>	1	1	1	2	3
<i>Ficus insipida</i>			1		
<i>Ficus maxima</i>	2	2	1		1
<i>Ficus schultesii</i>	1	1	1		1
<i>Ficus sphenophylla</i>	1	1	2		1
<i>Gallesia integrifolia</i>	4	4	4		4
<i>Garcinia macrophylla</i>	1	1	1	1	2
<i>Garcinia madruno</i>	1	2	2		2
<i>Geissospermum reticulatum</i>	4	4	4		4
<i>Genipa americana</i>	2	2	2		2
<i>Geonoma brongniartii</i>	1	1	1		1
<i>Gloeospermum sphaerocarpum</i>	1	1	1		1
<i>Glycydendron amazonicum</i>	8	8	8	1	8
<i>Grias indet</i>				3	3
<i>Guapira indet</i>	1	1	1		
<i>Guarea glabra</i>	5	5	5		4
<i>Guarea gomma</i>	18	20	21	8	28
<i>Guarea indet</i>	2	2	2	1	3
<i>Guarea kunthiana</i>	3	3	3		3
<i>Guarea macrophylla</i>	4	4	4		4
<i>Guatteria citriodora</i>	3	3	3		2
<i>Guatteria elata</i>	2	2	2		2
<i>Guatteria indet</i>	12	12	13	6	19
<i>Guatteria pteropus</i>	3	2	2		1
<i>Guatteria scytophylla</i>	2	2	2		1
<i>Guatteria xylopioides</i>	1	1	1		1
<i>Guazuma crinita</i>	1	1	1		
<i>Gustavia augusta</i>	1	1	1		1
<i>Gustavia indet</i>				1	1
<i>Harleyodendron indet</i>	1	1	1		1
<i>Hasseltia floribunda</i>	1	1	1		1
<i>Hebepetalum humiriifolia</i>	9	9	7		6
<i>Hebepetalum humiriifolium</i>	13	14	18		18
<i>Heisteria acuminata</i>	11	11	11		11
<i>Heisteria duckei</i>	1	1	1		1
<i>Heisteria indet</i>	2	2	3	2	4
<i>Heisteria ovata</i>	7	7	7		7
<i>Heisteria spruceana</i>	4	4	4		4
<i>Helicostylis indet</i>	7	7	6	1	7
<i>Helicostylis tomentosa</i>	11	11	13		13
<i>Heliocarpus americanus</i>			1		

Especies	2003	2006	2008	2010*	2011
<i>Hevea brasiliensis</i>	2	3	3		3
<i>Hevea guianensis</i>	14	14	14		14
<i>Hevea indet</i>	1	4	4		4
<i>Hieronima oblonga</i>	3	3	3		3
<i>Himatanthus articulatus</i>	1	1	1		1
<i>Himatanthus indet</i>				1	1
<i>Himatanthus sucuuba</i>	1	2	2		2
<i>Hirtella excelsa</i>	10	10	10		10
<i>Hirtella indet</i>	1	2	4		4
<i>Hirtella racemosa</i>	3	3	3		3
<i>Huberodendron swietenoides</i>	7	7	8		8
<i>Hura crepitans</i>	1	1	1		1
<i>Hymenaea courbaril</i>	3	3	3	1	4
<i>Hymenaea indet</i>				2	2
<i>Hymenaea oblongifolia</i>	4	4	4	1	5
<i>Hymenaea parvifolia</i>	9	9	9		9
<i>Indet indet</i>	26	37	44	43	95
<i>Inga acrocephala</i>	4	3	3		2
<i>Inga acuminata</i>	1	1	1		1
<i>Inga alba</i>	1				1
<i>Inga auristellae</i>	9	9	10	4	16
<i>Inga bourgonii</i>	2	1	1		1
<i>Inga bracteosa</i>	1	1	1		1
<i>Inga capitata</i>	1	1	1		1
<i>Inga chartacea</i>	4	4	6		6
<i>Inga coriacea</i>	1	1	1		1
<i>Inga edulis</i>	7	6	5		3
<i>Inga fagifolia</i>	1	1	1		1
<i>Inga indet</i>	37	44	47	9	56
<i>Inga laurina</i>	1				
<i>Inga leiocalycina</i>	4	4	3		3
<i>Inga nobilis</i>	2	1	1		1
<i>Inga punctata</i>	4	4	4		3
<i>Inga semialata</i>	2	1	1		1
<i>Inga spectabilis</i>	1	1	1		1
<i>Inga splendens</i>	2	2	2		1
<i>Inga striata</i>	1	1			
<i>Inga tenuistipula</i>	10	11	9		8
<i>Inga tessmannii</i>	1	1			
<i>Inga thibaudiana</i>	2	2	1		
<i>Inga umbellifera</i>	1	1			
<i>Iriarteia deltoidea</i>	439	452	447	55	489
<i>Iryanthera indet</i>	1	1	1		13
<i>Iryanthera juruensis</i>	113	120	128	8	132

Especies	2003	2006	2008	2010*	2011
<i>Iryanthera laevis</i>	77	70	66	1	62
<i>Iryanthera olacoides</i>	1	1	1		1
<i>Iryanthera tessmannii</i>	1	1	1		1
<i>Jacaranda copaia</i>	10	8	8	1	7
<i>Jacaranda indet</i>	3	3	3	1	4
<i>Jacaranda obtusifolia</i>	3	3	3		3
<i>Jacaranda spectabilis</i>					1
<i>Jacaratia digitata</i>	1	1	1		1
<i>Lacistema aggregatum</i>	5	6	6	1	8
<i>Lacistema indet</i>			1		1
<i>Lacistema nena</i>	1	1	1		1
<i>Lacmellea arborescens</i>	1	1	1		1
<i>Lacunaria jenmanii</i>	2	2	2		2
<i>Laetia corymbulosa</i>	1	1	1		1
<i>Laetia procera</i>	16	16	16	5	21
<i>Laetia suaveolens</i>	1	1	1		1
<i>Leonia crassa</i>	1	1	1		1
<i>Leonia glycyarpa</i>	97	100	101	27	122
<i>Leonia racemosa</i>	13	13	13		13
<i>Licania apetala</i>	1	1	1		1
<i>Licania britteniana</i>	1	1	1		1
<i>Licania canescens</i>	2	2	2		2
<i>Licania harlingii</i>	1	1	1		1
<i>Licania heteromorpha</i>	36	35	36		35
<i>Licania indet</i>	3	3	3	1	5
<i>Licania octandra</i>	2	2	2		2
<i>Licaria armeniaca</i>	13	14	17		17
<i>Licaria aurea</i>	15	15	15		15
<i>Licaria cannella</i>	2	2	2		2
<i>Lindackeria paludosa</i>	24	24	25	4	27
<i>Lonchocarpus indet</i>	1	1	1		1
<i>Loreya indet</i>	1	1	1		1
<i>Lueheopsis hoehnei</i>	242	235	233		230
<i>Mabea indet</i>		2	2		2
<i>Mabea nitida</i>	19	20	19		19
<i>Macoubea guianensis</i>	1	1	1		1
<i>Macrocnemum roseum</i>	2	2	2		2
<i>Manilkara bidentata</i>	3	3	2		2
<i>Manilkara indet</i>				2	2
<i>Manilkara inundata</i>	7	7	7		7
<i>Maquira calophylla</i>	5	5	5		5
<i>Maquira coriacea</i>	11	11	14		18
<i>Maquira guianensis</i>	5	6	5	1	7
<i>Maquira indet</i>	1				

Especies	2003	2006	2008	2010*	2011
<i>Marila laxiflora</i>	4	4	4		4
<i>Matayba arborescens</i>	1	1	1		1
<i>Matayba indet</i>	4	4	4		4
<i>Matayba purgans</i>	5	5	4		4
<i>Matisia indet</i>	1	1	1		3
<i>Matisia ochrocalyx</i>	13	13	12		12
<i>Mauritia flexuosa</i>	52	52	60		53
<i>Mayna amazonica</i>	1	1			
<i>Meliosma herbertii</i>	29	28	27		25
<i>Metrodorea flavida</i>	4	4	4		4
<i>Mezilaurus indet</i>	1	1	1		1
<i>Mezilaurus subcordata</i>	2	2	2		1
<i>Miconia bubalina</i>	1	1			
<i>Miconia centrodesma</i>	2	2	2		2
<i>Miconia chrysophylla</i>	4	3	2		1
<i>Miconia dolichorrhyncha</i>	2	2	2		2
<i>Miconia indet</i>	16	15	13	5	16
<i>Miconia punctata</i>	4	5	2		3
<i>Miconia pyrifolia</i>	1	1	1		1
<i>Miconia trinervia</i>	2	1	1		1
<i>Miconia triplinervis</i>	6	6	4		2
<i>Micropholis guyanensis</i>	18	17	16		13
<i>Micropholis indet</i>	3	3	3		3
<i>Micropholis melinoniana</i>	1	1	1		1
<i>Micropholis venulosa</i>	4	4	3	1	3
<i>Minuartia guianensis</i>	7	7	8	5	12
<i>Mollinedia caudata</i>	4	3	3		3
<i>Mollinedia indet</i>				1	
<i>Mollinedia killipii</i>				1	1
<i>Mosannonna indet</i>	1	1	1		
<i>Mouriri apiranga</i>	2	2	2		2
<i>Mouriri indet</i>	3	3	3	1	4
<i>Mouriri nigra</i>	2	2	2		2
<i>Myrcia guianensis</i>	1	1	1		1
<i>Myrciaria indet</i>	1				
<i>Myroxylon balsamum</i>	8	8	8	1	9
<i>Naucleopsis glabra</i>	1	1	1		1
<i>Naucleopsis indet</i>	1	1	1	2	3
<i>Naucleopsis temstroemiiflora</i>	3	3	3		3
<i>Nectandra cissiflora</i>	1	1	1		1
<i>Nectandra cuspidata</i>			1		1
<i>Nectandra indet</i>	8	9	7	2	10
<i>Nectandra longifolia</i>	1				
<i>Nectandra pulverulenta</i>	8	9	9	1	10

Especies	2003	2006	2008	2010*	2011
<i>Nectandra viburnoides</i>	7	6	6		5
<i>Neea altissima</i>	1	1	1		1
<i>Neea chlorantha</i>	2	2	2		2
<i>Neea divaricata</i>	13	13	13		12
<i>Neea floribunda</i>	1	1			
<i>Neea indet</i>	5	7	8	11	20
<i>Neea macrophylla</i>	7	7	7		6
<i>Neea ovalifolia</i>	4	3	3		2
<i>Neea spruceana</i>	1	1			
<i>Neea verticillata</i>	5	4	4		4
<i>Ocotea bofo</i>	26	25	24		21
<i>Ocotea indet</i>	17	20	22	3	26
<i>Ocotea longifolia</i>	1	1			
<i>Ocotea rubrinervis</i>	6	6	6		6
<i>Oenocarpus bataua</i>	33	29	34	1	31
<i>Oenocarpus indet</i>	3	2	2		2
<i>Oenocarpus mapora</i>	19	17	16	2	17
<i>Ormosia amazonica</i>	1	1	1		1
<i>Ormosia bopiensis</i>	1	1	1		1
<i>Ormosia indet</i>	3	3	3		3
<i>Ormosia panamensis</i>	2	2	2		1
<i>Otoba parvifolia</i>	6	6	6		7
<i>Ouratea indet</i>	30	30	29	1	30
<i>Ouratea iquitosensis</i>	1	1	1		1
<i>Oxandra acuminata</i>	3	3	5		4
<i>Oxandra indet</i>	3	2	2		1
<i>Oxandra polyantha</i>	1	1	1		1
<i>Oxandra riedeliana</i>	19	19	19	19	37
<i>Oxandra xylopioides</i>	13	12	12	5	16
<i>Pachira indet</i>	2	3	3		3
<i>Pachira insignis</i>	2	2	2		2
<i>Palicourea indet</i>	1	1	1		1
<i>Parkia indet</i>	6	6	6	1	8
<i>Parkia multijuga</i>	1	1	1		1
<i>Parkia nitida</i>	2	2	2		1
<i>Peltogyne floribunda</i>	1	1	1		1
<i>Pera indet</i>	1	1	1		1
<i>Pera tomentosa</i>	1	1	1		1
<i>Perebea angustifolia</i>	3	3	3		3
<i>Perebea indet</i>				1	1
<i>Persea indet</i>	2	2	2		1
<i>Phenakospermum guyannense</i>					2
<i>Physocalymma scaberrimum</i>	1	1	1		1

Especies	2003	2006	2008	2010*	2011
<i>Picramnia juniniana</i>	1	1	1		1
<i>Piper indet</i>		1	1		1
<i>Pithecellobium corymbosum</i>	2	2	2		2
<i>Pithecellobium latifolium</i>	1	1	1		1
<i>Platymiscium pinnatum</i>	1	1	1		1
<i>Pleurothyrium cuneifolium</i>	2	1	1		
<i>Pleurothyrium indet</i>	11	10	10	1	10
<i>Pleurothyrium vasquezii</i>	6	6	5		5
<i>Plinia indet</i>	2	2	3		2
<i>Pourouma bicolor</i>	2	2	2		
<i>Pourouma cecopiifolia</i>	21	21	20	2	26
<i>Pourouma cucura</i>	4	4	3		3
<i>Pourouma guianensis</i>	35	33	31		24
<i>Pourouma indet</i>	4	7	16	8	35
<i>Pourouma minor</i>	164	161	163	4	163
<i>Pourouma mollis</i>	9	7	6		5
<i>Pourouma palmata</i>	4	3	3		3
<i>Pourouma substrigosa</i>	4	4	3		2
<i>Pourouma tomentosa</i>	4	3	3		3
<i>Pouteria bangii</i>	7	5	5		5
<i>Pouteria caimito</i>	6	6	6		6
<i>Pouteria cladantha</i>	3	3	3		3
<i>Pouteria cuspidata</i>	2	2	2		2
<i>Pouteria durlandii</i>	1	1	1		1
<i>Pouteria indet</i>	16	17	18	15	36
<i>Pouteria macrophylla</i>	2	2	2		2
<i>Pouteria procera</i>	1	1	1		1
<i>Pouteria reticulata</i>	2	2	2		2
<i>Pouteria tarapotensis</i>	3	3	3		3
<i>Pouteria torta</i>	26	27	27	9	36
<i>Pouteria trilocularis</i>	8	8	8	1	10
<i>Protium aracouchini</i>	5	4	4		4
<i>Protium glabrescens</i>	1	1	1		1
<i>Protium indet</i>				4	4
<i>Protium pallidum</i>	1	1	1		1
<i>Protium paniculatum</i>	1	1	1		1
<i>Protium puncticulatum</i>	1	1	1		1
<i>Protium spruceanum</i>	1	1	1		1
<i>Prunus detrita</i>	1	1	1		1
<i>Prunus indet</i>				2	2
<i>Pseudolmedia indet</i>	1	1			
<i>Pseudolmedia laevigata</i>	44	44	43	2	48
<i>Pseudolmedia laevis</i>	65	66	68	24	91

Especies	2003	2006	2008	2010*	2011
<i>Pseudolmedia macrophylla</i>	42	42	42	8	51
<i>Pseudolmedia murure</i>	1	1	1		1
<i>Pseudolmedia rigida</i>	5	5	5		5
<i>Pseudomalmea diclina</i>	1	1	1		
<i>Pseudopiptadenia indet</i>	1	1	1		1
<i>Pseudopiptadenia suaveolens</i>	2	2	2		2
<i>Pseudoxandra indet</i>			1		1
<i>Pseudoxandra polyphleba</i>	1	1	1		1
<i>Pterocarpus amazonicus</i>	1	1	1		1
<i>Pterocarpus indet</i>	5	5	5		5
<i>Pterocarpus rohrii</i>	5	5	5		5
<i>Pterocarpus ulei</i>	1	1	1		1
<i>Quararibea guianensis</i>	1	1	1		1
<i>Quararibea indet</i>	1	2	3	13	18
<i>Quararibea ochrocalyx</i>	3	3	3		3
<i>Quararibea wittii</i>	8	8	8		8
<i>Quiina amazonica</i>	1				
<i>Quiina florida</i>	2	2	2		2
<i>Quiina indet</i>	2	2	2	3	7
<i>Quiina nitens</i>	2	2	2		2
<i>Quiina peruviana</i>	1	1	1		1
<i>Randia indet</i>	1	1	1		1
<i>Rhodostemonodaphne grandis</i>	3	3	3		3
<i>Rhodostemonodaphne kunthiana</i>	2	2	1		1
<i>Rinorea flavescens</i>	2	3	3		2
<i>Rinorea indet</i>				9	9
<i>Rinorea lindeniana</i>	4	3	4		5
<i>Rinorea viridifolia</i>	47	48	50	8	61
<i>Rinoreocarpus ulei</i>	6	6	7		7
<i>Rollinia centrantha</i>	2	2	2		2
<i>Rollinia indet</i>		2	3	4	7
<i>Rollinia pittieri</i>	3	3	3		4
<i>Roucheria columbiana</i>				1	2
<i>Roucheria punctata</i>	40	40	37		28
<i>Ruizodendron ovale</i>	4	4	3		3
<i>Sacoglottis mattogrossensis</i>	6	6	6		6
<i>Sagotia racemosa</i>	25	24	24		22
<i>Salacia indet</i>					1
<i>Salacia macrantha</i>	1	1	2		2
<i>Sapium glandulosum</i>	1	1	1		1

Especies	2003	2006	2008	2010*	2011
<i>Sapium indet</i>	1	1	1		1
<i>Sapium marmieri</i>	1	1	1	2	3
<i>Sarcaulus brasiliensis</i>	9	8	8	1	8
<i>Sarcaulus indet</i>					1
<i>Scheelea butyracea</i>	1				
<i>Scheelea cephalotes</i>	6	6	6		6
<i>Schizolobium parahyba</i>	1	1	1		1
<i>Sclerolobium bracteosum</i>	16	14	14		8
<i>Sclerolobium rugosum</i>	4	4	1		1
<i>Simaba polyphylla</i>	1	1	1		1
<i>Simarouba amara</i>	3	3	3	2	6
<i>Siparuna bifida</i>	3	3	1		1
<i>Siparuna crassiflora</i>	1	1	1		
<i>Siparuna cuspidata</i>	2	2	2		2
<i>Siparuna decipiens</i>	79	77	81	13	98
<i>Siparuna indet</i>	7	7	8	3	11
<i>Sloanea durissima</i>	2	2	2		2
<i>Sloanea eichleri</i>	2	2	2		2
<i>Sloanea fragrans</i>	6	6	7		7
<i>Sloanea guianensis</i>	6	5	4		4
<i>Sloanea indet</i>	4	4	5	5	11
<i>Sloanea macrophylla</i>	2	2	2		2
<i>Sloanea obtusifolia</i>	1	1	1		1
<i>Sloanea robusta</i>	1	1	1		1
<i>Sloanea stipitata</i>	1	1	1		1
<i>Sloanea terniflora</i>	15	14	13		13
<i>Socratea exorrhiza</i>	94	97	97	11	107
<i>Sorocea indet</i>				1	1
<i>Sorocea pileata</i>	7	7	7	2	9
<i>Spondias mombin</i>				1	1
<i>Sterculia apeibophylla</i>	2	2	2		2
<i>Sterculia apetala</i>	2	2	2		2
<i>Sterculia indet</i>	6	7	8	1	9
<i>Sterculia tessmannii</i>	7	7	7		7
<i>Stryphnodendron indet</i>	1	1	1		1
<i>Stryphnodendron pulcherrimum</i>	2	2	2		2
<i>Swartzia amplifolia</i>	1	1	1		1
<i>Swartzia arborescens</i>	4	4	4		4
<i>Swartzia dipetala</i>	1	1	1		1
<i>Swartzia indet</i>	4	4	4		4
<i>Swartzia leptopetala</i>	1	1	1		1
<i>Swartzia macrostachya</i>	1				
<i>Symphonia globulifera</i>	31	37	40	3	46
<i>Tabebuia incana</i>	1	1	1		

Especies	2003	2006	2008	2010*	2011
<i>Tabebuia indet</i>				1	1
<i>Tabebuia serratifolia</i>	2	2	2		2
<i>Tabernaemontana arcuata</i>	1	1	1		
<i>Tabernaemontana sananho</i>	1	1	1		1
<i>Tachigali bracteosa</i>	14	17	15		13
<i>Tachigali indet</i>	1	1	2	1	11
<i>Tachigali polyphylla</i>	46	46	46	3	47
<i>Tachigali rugosa</i>	1	1			
<i>Tachigali vasquezii</i>	3	3	3		3
<i>Talisia carinata</i>	2	2	2		2
<i>Talisia cerasina</i>	7	7	7		6
<i>Talisia cupularis</i>	3	2	2		2
<i>Talisia indet</i>	2	2	3		3
<i>Talisia mollis</i>	1	1	1		1
<i>Tapirira guianensis</i>	7	7	7		7
<i>Tapirira obtusa</i>	1	1	1		1
<i>Tapirira retusa</i>	1		1		1
<i>Tapura acreana</i>	2	2	2		2
<i>Tapura coriacea</i>	1	1	1		1
<i>Tapura juruana</i>	4	4	4		4
<i>Terminalia amazonia</i>	2	2	2		2
<i>Terminalia indet</i>	2	2	3	1	4
<i>Terminalia oblonga</i>	1	1	1	1	2
<i>Tetragastris altissima</i>	26	27	27	1	28
<i>Tetragastris indet</i>					1
<i>Tetragastris panamensis</i>	21	21	20		21
<i>Theobroma cacao</i>	8	8	9	4	13
<i>Theobroma speciosum</i>	6	7	8		9
<i>Thyrsodium bolivianum</i>	1	1	1		
<i>Thyrsodium indet</i>	1	1	1		1
<i>Thyrsodium spruceanum</i>	3	3	3		3
<i>Tontelea attenuata</i>	1	1	1		1
<i>Trattinnickia aspera</i>	3	2	2		2
<i>Trattinnickia peruviana</i>	2	2	2		2
<i>Trichilia indet</i>	4	4	4		5
<i>Trichilia pleeana</i>	2	2	2		2
<i>Trichilia quadrijuga</i>	4	3	2		2
<i>Trichilia rubra</i>	1	1	1		1
<i>Trichilia septentrionalis</i>	2	2	2		2

Especies	2003	2006	2008	2010*	2011
<i>Trigynaea duckei</i>	12	12	12	17	31
<i>Trigynaea ecuadorensis</i>	1	1	1		1
<i>Trigynaea indet</i>	2	3	3		4
<i>Triplaris cumingiana</i>	1	1			
<i>Triplaris indet</i>	1	1			1
<i>Triplaris peruviana</i>	2	2	2		1
<i>Triplaris poeppigiana</i>	1				
<i>Triplaris setosa</i>	2	2	2		2
<i>Trophis scandens</i>	1	1	1		1
<i>Turpinia occidentalis</i>	7	7	7	1	8
<i>Unonopsis floribunda</i>	3	3	3		3
<i>Unonopsis indet</i>			1	8	9
<i>Unonopsis matthewsii</i>	5	5	5		5
<i>Unonopsis veneficiorum</i>	2	1	1		1
<i>Urera capitata</i>	2	2	1		1
<i>Urera indet</i>	1	1			
<i>Virola calophylla</i>	11	13	12	2	14
<i>Virola decorticans</i>	1	1	1		1
<i>Virola elongata</i>	2	2	2		2
<i>Virola flexuosa</i>	2	2	2		2
<i>Virola indet</i>		1	5	6	12
<i>Virola loretensis</i>	4	3	3		3
<i>Virola multiflora</i>	1	1	1		
<i>Virola multinervia</i>	5	5	5		4
<i>Virola sebifera</i>	30	26	28	1	27
<i>Virola surinamensis</i>	13	12	13		10
<i>Vismia indet</i>		1	1		1
<i>Vitex triflora</i>	1	1			
<i>Warszewiczia coccinea</i>	2	2	2		2
<i>Warszewiczia indet</i>	1	1	1		1
<i>Xylopia calophylla</i>	2	2	2		
<i>Xylopia indet</i>	2	1	1		1
<i>Xylopia ligustrifolia</i>	1	1	1		1
<i>Xylopia trichostemon</i>	3	3	3		3
<i>Xylosma indet</i>	1	1	1		1
<i>Zanthoxylum acreanum</i>	2	2	2		2
<i>Zygia indet</i>	2	2	2		2
<i>Zygia latifolia</i>	11	10	9		9
Total general	4122	4127	4168	556	4652

ANEXO 14: Tabla de especies que cambiaron del sistema de clasificación de Cronquist a la nueva clasificación APG III presentes en las parcelas permanentes evaluadas de la Reserva Nacional Tambopata.

N°	Especie	Sistema de Clasificación de Cronquist (1981)		Sistema de Clasificación de APG III (2009)	
		Orden	Familia	Orden	Familia
1	<i>Dendrobangia boliviana</i> Rusby	Boraginales	Icacinaceae	Aquifoliales	Cardiopteridaceae
2	<i>Salacia</i> <i>indet</i>	Celastrales	Hippocrateaceae	Celastrales	Celastraceae
3	<i>Salacia macrantha</i> A.C. Sm.		Hippocrateaceae		Celastraceae
4	<i>Tontelea attenuata</i> Miers		Hippocrateaceae		Celastraceae
5	<i>Siparuna bifida</i> (Poepp. & Endl.) A. DC.	Laurales	Monimiaceae	Laurales	Siparunaceae
6	<i>Siparuna cuspidata</i> (Tul.) A. DC.		Monimiaceae		Siparunaceae
7	<i>Siparuna decipiens</i> (Tul.) A. DC.		Monimiaceae		Siparunaceae
8	<i>Siparuna</i> <i>indet</i>		Monimiaceae		Siparunaceae
9	<i>Calophyllum angulare</i> A.C. Sm.	Malpighiales	Clusiaceae	Malpighiales	Calophyllaceae
10	<i>Calophyllum brasiliense</i> Cambess.		Clusiaceae		Calophyllaceae
11	<i>Caraipa</i> <i>indet</i>		Clusiaceae		Calophyllaceae
12	<i>Caraipa myrcioides</i> Ducke		Clusiaceae		Calophyllaceae
13	<i>Marila laxiflora</i> Rusby		Clusiaceae		Calophyllaceae
14	<i>Vismia</i> <i>indet</i>		Clusiaceae		Hypericaceae
15	<i>Drypetes amazonica</i> Steyerm.		Euphorbiaceae		Putranjivaceae
16	<i>Drypetes gentryi</i> Monach.		Euphorbiaceae		Putranjivaceae
17	<i>Drypetes</i> <i>indet</i>		Euphorbiaceae		Putranjivaceae
18	<i>Casearia</i> <i>indet</i>		Flacourtiaceae		Salicaceae
19	<i>Casearia javitensis</i> Kunth		Flacourtiaceae		Salicaceae
20	<i>Casearia ulmifolia</i> Vahl ex Vent.		Flacourtiaceae		Salicaceae
21	<i>Hasseltia floribunda</i> Kunth		Flacourtiaceae		Salicaceae
22	<i>Lacistema aggregatum</i> (P.J. Bergius) Rusby		Flacourtiaceae		Lacistemataceae
23	<i>Lacistema</i> <i>indet</i>		Flacourtiaceae		Lacistemataceae
24	<i>Lacistema nena</i> J.F. Macbr.		Flacourtiaceae		Lacistemataceae
25	<i>Laetia corymbulosa</i> Spruce ex Benth.		Flacourtiaceae		Salicaceae
26	<i>Laetia procera</i> (Poepp.) Eichler		Flacourtiaceae		Salicaceae
27	<i>Laetia suaveolens</i> (Poepp.) Benth.		Flacourtiaceae		Salicaceae
28	<i>Lindackeria paludosa</i> (Benth.) Gilg		Flacourtiaceae		Achariaceae
29	<i>Xylosma</i> <i>indet</i>		Flacourtiaceae		Salicaceae
30	<i>Lacunaria jenmanii</i> (Oliv.) Ducke		Quiinaceae		Ochnaceae
31	<i>Quiina florida</i> Tul.		Quiinaceae		Ochnaceae
32	<i>Quiina</i> <i>indet</i>		Quiinaceae		Ochnaceae
33	<i>Quiina nitens</i> J.F. Macbr.		Quiinaceae		Ochnaceae
34	<i>Quiina peruviana</i> Engl.		Quiinaceae		Ochnaceae

N°	Especie	Sistema de Clasificación de Cronquist (1981)		Sistema de Clasificación de APG III (2009)			
		Orden	Familia	Orden	Familia		
35	<i>Chorisia integrifolia</i> Ulbr.	Malvales	Bombacaceae	Malvales	Malvaceae		
36	<i>Huberodendron swietenoides</i> (Gleason) Ducke		Bombacaceae		Malvaceae		
37	<i>Matisia</i> <i>indet</i>		Bombacaceae		Malvaceae		
38	<i>Matisia ochrocalyx</i> K. Schum.		Bombacaceae		Malvaceae		
39	<i>Pachira</i> <i>indet</i>		Bombacaceae		Malvaceae		
40	<i>Pachira insignis</i> (Sw.) Sw. ex Savigny		Bombacaceae		Malvaceae		
41	<i>Quararibea guianensis</i> Aubl.		Bombacaceae		Malvaceae		
42	<i>Quararibea</i> <i>indet</i>		Bombacaceae		Malvaceae		
43	<i>Quararibea ochrocalyx</i> (K. Schum.) Vischer		Bombacaceae		Malvaceae		
44	<i>Quararibea wittii</i> K. Schum. & Ulbr.		Bombacaceae		Malvaceae		
45	<i>Sterculia apeibophylla</i> Ducke		Sterculiaceae		Malvaceae		
46	<i>Sterculia apetala</i> (Jacq.) H. Karst.		Sterculiaceae		Malvaceae		
47	<i>Sterculia</i> <i>indet</i>		Sterculiaceae		Malvaceae		
48	<i>Sterculia tessmannii</i> Mildbr.		Sterculiaceae		Malvaceae		
49	<i>Theobroma cacao</i> L.		Sterculiaceae		Malvaceae		
50	<i>Theobroma speciosum</i> Spreng.		Sterculiaceae		Malvaceae		
51	<i>Apeiba membranacea</i> Spruce ex Benth.		Tiliaceae		Malvaceae		
52	<i>Lueheopsis hoehnei</i> Burret		Tiliaceae		Malvaceae		
53	<i>Mouriri apiranga</i> Benth.		Myrtales		Memecylaceae	Myrtales	Melastomataceae
54	<i>Mouriri</i> <i>indet</i>				Memecylaceae		Melastomataceae
55	<i>Mouriri nigra</i> (DC.) Morley	Memecylaceae		Melastomataceae			
56	<i>Cecropia engleriana</i> Sneath.	Rosales	Cecropiaceae	Rosales	Urticaceae		
57	<i>Cecropia ficifolia</i> Warb. ex Sneath.		Cecropiaceae		Urticaceae		
58	<i>Cecropia</i> <i>indet</i>		Cecropiaceae		Urticaceae		
59	<i>Cecropia membranacea</i> Trécul		Cecropiaceae		Urticaceae		
60	<i>Cecropia sciadophylla</i> Mart.		Cecropiaceae		Urticaceae		
61	<i>Coussapoa trinervia</i> Spruce ex Mildbr.		Cecropiaceae		Urticaceae		
62	<i>Pourouma cecropiifolia</i> Mart.		Cecropiaceae		Urticaceae		
63	<i>Pourouma cucura</i> Standl. & Cuatrec.		Cecropiaceae		Urticaceae		
64	<i>Pourouma guianensis</i> Aubl.		Cecropiaceae		Urticaceae		
65	<i>Pourouma</i> <i>indet</i>		Cecropiaceae		Urticaceae		
66	<i>Pourouma minor</i> Benoist		Cecropiaceae		Urticaceae		
67	<i>Pourouma mollis</i> Trécul		Cecropiaceae		Urticaceae		
68	<i>Pourouma palmata</i> Poepp. & Endl.		Cecropiaceae		Urticaceae		
69	<i>Pourouma substrigosa</i> Mildbr.		Cecropiaceae		Urticaceae		
70	<i>Pourouma tomentosa</i> Mart. ex Miq.		Cecropiaceae		Urticaceae		
71	<i>Celtis schippii</i> Standl.		Ulmaceae		Cannabaceae		
72	<i>Picramnia juniniana</i> J.F. Macbr.		Sapindales		Simaroubaceae	Picramniales	Picramniaceae