



Instituto de Investigaciones
de la Amazonía Peruana

SERVICIOS AMBIENTALES DE
ALMACENAMIENTO Y SECUESTRO DE
CARBONO DEL ECOSISTEMA AGUAJAL
EN LA RESERVA NACIONAL PACAYA SAMIRIA,
LORETO - PERÚ

Luis Freitas Alvarado
ErasmO Otárola Acevedo
Dennis del Castillo Torres
Carlos Linares Bensimón
Percy Martínez Dávila
Gustavo Adolfo Malca Salas

DOCUMENTO TÉCNICO N° 29

NOVIEMBRE 2006

IQUITOS - PERÚ



SERVICIOS AMBIENTALES DE ALMACENAMIENTO Y SECUESTRO DE CARBONO DEL ECOSISTEMA AGUAJAL EN LA RESERVA NACIONAL PACAYA SAMIRIA, LORETO - PERÚ

Luis Freitas Alvarado
ErasmO Otárola Acevedo
Dennis del Castillo Torres
Carlos Linares Bensimón
Percy Martínez Dávila
Gustavo Adolfo Malca Salas

DOCUMENTO TÉCNICO N° 29

NOVIEMBRE 2006

IQUITOS - PERÚ

SERVICIOS AMBIENTALES DE ALMACENAMIENTO Y SECUESTRO DE CARBONO DEL
ECOSISTEMA AGUAJAL EN LA RESERVA NACIONAL PACAYA SAMIRIA, LORETO - PERÚ

Luis Freitas Alvarado

Erasmus Otárola Acevedo

Dennis del Castillo Torres

Carlos Linares Bensimón

Percy Martínez Dávila

Gustavo Adolfo Malca Salas

Primera edición: julio 2006

Segunda edición corregida y aumentada: noviembre 2006

© IIAP

Av. José Abelardo Quiñones km 2.5

Aptdo. 784, Iquitos - Perú

Teléfs: +51-(0)-65-265515 / 265516 Fax: +51-(0)-65-265527

Correo Electrónico: preside@iiap.org.pe

Corrección de Estilo:

Atilio Vásquez

Diagramación e Impresión:

Dominius Publicidad E.I.R.L.

Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú N° 2007-00579

ISBN N° 978-9972-667-40-4

ÍNDICE DE CONTENIDO

		Pág.
PRESENTACIÓN		7
RESUMEN		9
SECCIÓN 1:	INTRODUCCIÓN	11
	1.1 Objetivos del proyecto	11
	1.2 Hipótesis de trabajo	11
SECCIÓN 2:	ANTECEDENTES	13
	2.1 Los humedales y su importancia	13
	2.2 Los humedales en la Amazonía	14
	2.3 Los aguajales y su abundancia	15
	2.4 Biomasa y carbono en diferentes ecosistemas	15
	2.5 Evaluación de los datos en gabinete	19
	2.6 Importancia del Aguajal como proveedor de servicios ambientales	20
SECCIÓN 3:	METODOLOGÍA	23
	3.1 Materiales	23
	3.2 Caracterización del Medio Biofísico	23
	3.2.1 Clima	23
	3.2.2 Fisiografía	23
	3.2.3 Vegetación	24
	3.3 Fase de Inventario	24
	3.3.1 Identificación y reconocimiento de los bosques de aguajal	24
	3.3.2 Selección y ubicación de bosques de aguajal	24
	3.3.3 Determinación del tamaño de las parcelas	25
	3.3.4 Inventario de los bosques de aguajal	25
	3.4 Fase de Evaluación de Biomasa	26
	3.4.1 Biomasa de la especie <i>Mauritia flexuosa</i> L.f.	26
	3.4.2 Biomasa de la especie <i>Mauritiella aculeata</i> (Kunth) Burret	30
	3.4.3 Biomasa de otras palmeras	30
	3.4.4 Biomasa de otras especies leñosas	30
	3.4.5 Biomasa del sotobosque	31
	3.4.6 Necromasa	31
	3.4.7 Biomasa del ecosistema aguajal	31
	3.5 Fase de Evaluación de Carbono	31
	3.5.1 Carbono de la especie <i>Mauritia flexuosa</i> L.f.	31
	3.5.2 Carbono de la especie <i>Mauritiella aculeata</i> (Kunth) Burret	32
	3.5.3 Carbono en otras palmeras y otras leñosas	32
	3.5.4 Carbono en sotobosque y necromasa	32
	3.5.5 Carbono orgánico en el suelo	32
	3.5.6 Carbono del ecosistema aguajal	32
	3.5.7 Análisis de absorción y emisión de CO ₂ en la Reserva Nacional Pacaya Samiria	33

SECCIÓN 4:	RESULTADOS	35
	4.1 Del Inventario	35
	4.1.1 Aguajal denso	35
	4.1.2 Aguajal mixto	37
	4.2 Biomasa	39
	4.2.1 Biomasa de <i>Mauritia flexuosa</i> L.f.	39
	4.2.1.1 Apeo de palmeras y distribución por clase de altura	39
	4.2.1.2 Datos procedentes del apeo	40
	4.2.1.3 Análisis de regresión para biomasa de <i>Mauritia flexuosa</i> L.f.	40
	4.2.1.4 Tabla de Biomasa de <i>Mauritia flexuosa</i> L.f. y aporte al ecosistema	41
	4.2.2 Biomasa de <i>Mauritiella aculeata</i> (Kunth) Burret	41
	4.2.2.1 Datos procedentes del apeo	41
	4.2.2.2 Análisis de regresión para biomasa de <i>Mauritiella aculeata</i> (Kunth) Burret	42
	4.2.3 Biomasa de otras palmeras	42
	4.2.4 Biomasa de otras especies leñosas	43
	4.2.5 Biomasa del sotobosque	43
	4.2.6 Necromasa	43
	4.2.7 Biomasa total del ecosistema	43
	4.3 Carbono	44
	4.3.1 Carbono en <i>Mauritia flexuosa</i> L.f.	44
	4.3.1.1 Por componente	44
	4.3.1.2 Tabla de Carbono de <i>Mauritia flexuosa</i> L.f. y aporte al ecosistema	44
	4.3.2 Carbono en <i>Mauritiella aculeata</i> (Kunth) Burret	45
	4.3.2.1 Por componente	45
	4.3.2.2 Carbono como aporte al ecosistema	45
	4.3.3 Carbono en otras especies arbóreas del ecosistema	45
	4.3.4 Carbono en sotobosque y necromasa	46
	4.3.5 Carbono orgánico del Suelo	46
	4.3.6 Carbono total en el ecosistema aguajal.	46
	4.3.7 Balance de absorción y emisión de CO ₂ en la Reserva Nacional Pacaya Samiria	47
SECCIÓN 5:	DISCUSIÓN	49
SECCIÓN 6:	CONCLUSIONES	51
SECCIÓN 7:	RECOMENDACIONES	53
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	55
	AGRADECIMIENTOS	59
	GLOSARIO DE TÉRMINOS	61

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	TÍTULOS	Pág.
Cuadro N° 01	Especies inventariadas, número de individuos y área basal por parcelas en aguajal denso Parcela N° 1	35
Cuadro N° 02	Especies inventariadas, número de individuos y área basal por parcelas en aguajal denso Parcela N° 2	35
Cuadro N° 03	Especies inventariadas, cantidad y área basal promedio en aguajal denso	36
Cuadro N° 04	Índice de Valor de Importancia, Abundancia y Dominancia por especie en bosque de aguajal denso	36
Cuadro N° 05	Especies inventariadas, número de individuos y área basal por parcelas en aguajal mixto Parcela N° 1	37
Cuadro N° 06	Especies inventariadas, número de individuos y área basal por parcelas en aguajal mixto Parcela N° 2	38
Cuadro N° 07	Especies inventariadas, cantidad y área basal promedio en aguajal mixto	38
Cuadro N° 08	Índice de Valor de Importancia, Abundancia y Dominancia por especie en bosque de aguajal mixto	38
Cuadro N° 09	Distribución del número de palmeras por clase de altura	39
Cuadro N° 10	Palmeras apeadas y biomasa por componente del árbol de aguaje	40
Cuadro N° 11	Análisis de regresión: altura total y biomasa total de aguaje	40
Cuadro N° 12	Biomasa de <i>Mauritia flexuosa</i> L.f. por tipo de ecosistema	41
Cuadro N° 13	Palmeras apeadas y biomasa por componente del árbol de aguajillo	42
Cuadro N° 14	Biomasa de <i>Mauritiella aculeata</i> (Kunth) Burret, por tipo de ecosistema	42
Cuadro N° 15	Biomasa de otras palmeras por tipo de ecosistema	43
Cuadro N° 16	Biomasa de especies leñosas por tipo de ecosistema	43
Cuadro N° 17	Biomasa de sotobosque por tipo de ecosistema	43
Cuadro N° 18	Necromasa por tipo de ecosistema	43
Cuadro N° 19	Biomasa total en ecosistemas de aguajal	44
Cuadro N° 20	Carbono de <i>Mauritia flexuosa</i> L.f. por tipo de ecosistema	45
Cuadro N° 21	Carbono de <i>Mauritiella aculeata</i> (Kunth) Burret, por tipo de ecosistema	45
Cuadro N° 22	Carbono de otras especies arbóreas por tipo de ecosistema	46
Cuadro N° 23	Carbono de sotobosque y necromasa por tipo de ecosistema	46
Cuadro N° 24	Contenido de carbono en suelos de aguajal denso	46
Cuadro N° 25	Contenido de carbono en suelos de aguajal mixto	46
Cuadro N° 26	Carbono total en ecosistemas de aguajal	47
Cuadro N° 27	Análisis de entradas y salidas de carbono en ecosistemas de aguajal de la Reserva Nacional Pacaya Samiria	48

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	TÍTULOS	Pág.
Figura N° 01	Ubicación de los bosques de aguajales (denso y mixto)	25
Figura N° 02	Esquema de la parcela de inventario (2500m ²)	25
Figura N° 03	Obtención del peso del estípite del aguaje	27
Figura N° 04	Obtención del peso del pecíolo del aguaje	27
Figura N° 05	Diseño del muestreo para obtener la biomasa de raíces	27
Figura N° 06	Proceso del cavado de la raíz principal de aguaje	28
Figura N° 07	Cortes de la raíz para ser pesadas	28
Figura N° 08	Cortes de la raíz para ser pesadas	28
Figura N° 09	Extracción de la raíz de aguaje usando el molinete	29
Figura N° 10	Extracción de raíz de aguaje usando el tilfor	29
Figura N° 11	Extracción de raíz de aguaje usando el tilfor	29
Figura N° 12	Utilización del instrumento de muestreo de suelo a diferentes profundidades	33
Figura N° 13	Recolección de muestras de suelo	33
Figura N° 14	Composición del bosque de aguajal denso de acuerdo al IVIs	36
Figura N° 15	Composición del bosque de aguajal denso de acuerdo al área basal	37
Figura N° 16	Composición del bosque de aguajal denso de acuerdo a la abundancia de especies	37
Figura N° 17	Composición del bosque de aguajal mixto de acuerdo al IVIs	38
Figura N° 18	Composición del bosque de aguajal mixto de acuerdo al área basal	39
Figura N° 19	Composición del bosque de aguajal mixto de acuerdo a la abundancia de especies	39
Figura N° 20	Histograma de clases de altura	43
Figura N° 21	Biomasa total y altura total de palmeras de aguaje	41
Figura N° 22	Biomasa total y altura total de palmeras de aguajillo	42
Figura N° 23	Distribución porcentual de biomasa de los componentes de aguajal denso	44
Figura N° 24	Distribución porcentual de biomasa de los componentes de aguajal mixto	44
Figura N° 25	Distribución porcentual de carbono de los componentes de aguajal denso	47
Figura N° 26	Distribución porcentual de carbono de los componentes de aguajal mixto	47

ÍNDICE DE TABLAS

Figura	TÍTULOS	Pág.
Tabla N° 01	Biomasa para <i>Mauritia flexuosa</i> L.f.	41
Tabla N° 02	Carbono para <i>Mauritia flexuosa</i> L.f.	45

PRESENTACIÓN

Los “aguajales”, ecosistemas con predominancia de aguaje, *Mauritia flexuosa* L.f., son humedales que juegan un rol importante desde el punto de vista económico, social y ambiental en la Amazonía. Se caracterizan sus tierras inundadas periódicamente como resultado de la topografía, mal drenaje o desborde de los ríos.

El aguaje está estrechamente vinculada a la vida y cultura de los pueblos amazónicos.

Se estima la existencia de cerca a cinco millones de hectáreas de aguajales en el Perú. Solo en el departamento de Loreto, existen 2'893,200 ha de áreas pantanosas y 893,000 ha de aguajales densos. En la Reserva Nacional Pacaya Samiria, cuya extensión alcanza las 2'156,770 ha, existen 598,970 ha de aguajales densos y 372,145.75 ha de aguajales mixtos. Pese a ser considerados como ecosistemas frágiles, son proveedores de beneficios importantes para el poblador amazónico, razón que amerita aprovecharlo sosteniblemente.

Los servicios ambientales de secuestro de carbono que potencialmente, proporcionan los aguajales se evalúan en el presente estudio, encontrando aportes interesantes en los diferentes componentes de los ecosistemas estudiados en la Reserva Nacional Pacaya Samiria.

Es muy importante evaluar con mayor detenimiento la potencialidad y capacidad de secuestro de carbono de los aguajales en un contexto más amplio, interdisciplinario y de compromisos interinstitucionales.

Luis Campos Baca
Presidente del IIAP

RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue cuantificar el almacenamiento y fijación de carbono y establecer los lineamientos básicos de un procedimiento para la determinación de carbono en ecosistemas inundables o aguajales de la Amazonía peruana. El área de estudio fue en dos bosques de aguajales (denso y mixto) ubicados en la Reserva Nacional Pacaya Samiria (RNPS), en el distrito de Parinari, provincia de Loreto, departamento de Loreto.

El estudio consta de tres componentes y los principales resultados de cada uno de ellos son:

I. Inventario florístico de dos tipos de aguajal de la Amazonía peruana

Se efectuó un levantamiento de información en dos parcelas de 2 500 m² cada una, en las que para el estudio se encontró predominancia de aguaje (*Mauritia flexuosa* L.f.) y aguajillo (*Mauritiella aculeata* (Kunth) Burret). Se identificaron 280 individuos/ha de *Mauritia flexuosa* L.f., en el aguajal denso, mientras que en el aguajal mixto se encontraron 72 individuos/ha. En el caso de aguajillo, 152 individuos/ha se identificaron en el aguajal denso, y 380 árboles/ha en el aguajal mixto.

II. Determinación de la biomasa total del ecosistema

El objetivo fue cuantificar la biomasa presente en el ecosistema a partir de la evaluación de cada componente del mismo: especies arbóreas (aguaje, aguajillo, otras palmeras y otras leñosas), sotobosque y necromasa. Se enfatizó el análisis en las especies predominantes (aguaje y aguajillo), para las que se efectuó un muestreo destructivo, es decir, medición directa de la biomasa de 16 y 18 palmeras apeadas, respectivamente; generándose en cada una de ellas una ecuación de regresión, que en ambos casos relaciona altura y biomasa total del árbol, variables dasométricas que mostraron una buena correspondencia. Los demás componentes del ecosistema fueron evaluados por la metodología convencional.

El valor de la biomasa total fue de 235,96 t/ha en el aguajal denso y 179,52 t/ha en el aguajal mixto.

III. Determinación del carbono total del ecosistema

Con los valores de biomasa y las fracciones de carbono determinadas para cada componente del ecosistema se obtuvo el carbono presente.

El suelo fue evaluado para integrar su contenido de carbono al de los otros componentes.

Se estimó en 484,52 t/ha y 424,72 t/ha el contenido de carbono almacenado en los aguajales denso y mixto, respectivamente, destacándose la mayor contribución del carbono del suelo, que representa 76,18% y 79,18% de los totales.

Por otro lado, el carbono de la vegetación asciende a 115,40 t/ha en el aguajal denso y 88,50 t/ha en el aguajal mixto.

Un balance de carbono en los aguajales de la Reserva Nacional Pacaya Samiria dio como resultado que se estaría fijando potencialmente 131 188,76 t/año en los aguajales densos y 81 599,47 t/año en los aguajales mixtos, que son equivalentes en Co₂ a 481 025,44 t/año en aguajales densos y 299 198,05 t/año en los aguajales mixtos.

Sección 1

INTRODUCCIÓN

En el contexto del proyecto “Domesticación y servicios ambientales del aguaje (*Mauritia flexuosa* L.f.) en la Amazonía peruana” se desarrolló el presente componente denominado Servicio Ambiental de Secuestro de Carbono en Ecosistemas de Aguajal en la Amazonía Peruana.

La premisa asumida es el escaso conocimiento sobre la capacidad del ecosistema “Aguajal” como sumidero de carbono, información que traducida en certificados de reducción de carbono para los mecanismos de desarrollo limpio del Protocolo de Kyoto, significaría ingresos adicionales para el manejador del ecosistema “Aguajal” (caracterización del problema).

Asimismo, el conocimiento de la capacidad de secuestro de carbono podría favorecer la mejor valoración económica de estos hábitats frágiles, dinámicos y muy productivos (justificación).

Muchos componentes de los aguajales suministran recursos para consumo directo de los pobladores de la Amazonía: agua de beber, pescado y fruta comestibles, hojas para cobertura de viviendas, madera para construcción, turba y leña. Si los bienes de los humedales se aprovechan respetando el índice de producción y la capacidad de regeneración de cada especie, pueden reportar beneficios apreciables a la sociedad.

1.1 Objetivos del Proyecto

El objetivo general del Proyecto, dice:

“Aumentar la productividad, facilidad de cosecha y rentabilidad de plantaciones de aguaje como alternativa viable a la extracción no sostenible de bosques naturales”.

Los objetivos específicos, con respecto al componente, son:

“Cuantificar y valorizar los servicios ambientales de secuestro de carbono de los aguajales”.

1.2 Hipótesis de Trabajo

El almacenamiento de carbono de los aguajales es alto comparado con otros ecosistemas de la Amazonía peruana.

Sección 2

ANTECEDENTES

2.1 Los humedales y su importancia

Los humedales, según definición de la Convención de Ramsar (1997), son extensiones de marismas, pantanos o turberas cubiertas de agua, sean éstas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluidas las extensiones de agua marina cuya profundidad en marea baja no exceda de seis metros.

La presencia de agua durante períodos lo suficientemente prolongados como para alterar los suelos, sus microorganismos y las comunidades de flora y fauna es característico en los humedales. En estas condiciones el suelo no actúa como en los hábitats acuáticos o terrestres.

Los humedales son ecosistemas críticamente importantes que reportan beneficios sociales, económicos y ambientales apreciables. Se caracterizan por un número elevado de nichos ecológicos y alojan un porcentaje apreciable de la diversidad biológica del mundo. Los humedales dependen en alto grado de los niveles de agua y, por ende, los cambios en las condiciones climáticas que afectan a la disponibilidad de agua influirán fuertemente en el carácter y la función específica de estos ecosistemas, así como en las especies de flora y fauna.

La función de los humedales como fuentes biológicas y sumideros de gases de efecto invernadero, en particular emisiones de dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4) y óxido nitroso (N_2O), es también objeto de examen, así como las posibles opciones para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero mediante prácticas de conservación y uso racional de estas.

Los humedales, en particular las turberas, son importantes 'depósitos' de carbono y, por lo tanto, la función de su conservación debe ser tomada en cuenta en la elaboración de las estrategias de mitigación del cambio climático (Patterson, 1999). Cubren del 8 al 10% de la superficie terrestre y estarían almacenando entre el 10 y el 20% del carbono mundial.

Desempeñan una función importante en el ciclo global del carbono (IPCC, 1996), pues además representan el mayor componente de la acumulación de carbono terrestre (Dixon y Krankina, 1995). Se estima que el carbono acumulado en los humedales se eleva a 230 gigatoneladas (Gt) sobre un total de 1,943 Gt; habiéndose calculado que los depósitos de turba contienen 541 Gt de carbono (Immirizi y Maltby, 1992).

2.2 Los humedales en la Amazonía

Los sistemas de humedales fluviales se caracterizan por tener las tierras inundadas periódicamente como resultado del desborde de los ríos. Por ejemplo, llanuras de inundación, bosques anegados y lagos de meandro. (Scott, 1989).

Los "aguajales", ecosistemas con predominancia de "aguaje" *Mauritia flexuosa* son humedales que juegan un rol importante desde el punto de vista económico, social y ambiental en la Amazonía. *Mauritia flexuosa* está estrechamente vinculada a la vida y cultura de los pueblos amazónicos. (Hiraoka, 1999).

La presencia de aguaje se evidencia en áreas de pantanos y áreas mal drenadas con inundaciones periódicas como en la región de Araracuara, río Caquetá, Colombia, en la que se encuentra asociada principalmente con *Mauritiella aculeata* y *Euterpe precatória*. En el Brasil suele formar poblaciones monoespecíficas denominadas "buritizais" o "miritizais" (Galeano, 1991; Storti, 1993).

Mauritia flexuosa crece en áreas que resultan de la acumulación de materia orgánica poco descompuesta en el agua. Soporta una inundación permanente de su sistema radicular, pudiendo afirmarse que su presencia es característica en las zonas inundables de la Amazonía.

Mauritia flexuosa, como planta hemisumergible, posee estructuras muy especializadas en su sistema radicular que le permiten asimilar los nutrientes en condiciones anaeróbicas. Se caracteriza por el desarrollo de raíces respiratorias de crecimiento vertical ageotrópico denominadas neumatóforos, con una parte en el

agua que produce muchas raíces finas y una parte aérea que tiene anillos de aerénquima o "neumotózonas", que permite captar el oxígeno necesario para la función de absorción, propia de las raíces sumergidas. La descomposición de la biomasa es lenta por deficiencia de O₂ en el sustrato y es acumulada en el sitio formando una densa capa de materia orgánica (Hiraoka, 1999). Debido a este carácter anaeróbico y a la baja disponibilidad de nutrientes, las existencias de carbono de los humedales y en particular en los aguajales, aumentan en forma continua.

En el departamento de Loreto, Perú, existen 2 893 200 ha de áreas pantanosas y 893 000 ha de aguajales densos (Malleux, 1975). En la Reserva Nacional Pacaya - Samiria, cuya extensión alcanza las 2 156 770 ha, existen 598 970 ha de aguajales densos y 372 145,75 ha de aguajales mixtos de acuerdo a lo reportado por Mejía (2000). Pese a ser considerados como ecosistemas frágiles, son proveedores de beneficios importantes para el poblador amazónico, por lo que es necesario considerar su manejo sostenible.

Estudios sobre la vegetación de aguajales en la Amazonía peruana fueron emprendidos desde hace unas dos décadas. Tres tipos de aguajales de la Reserva Nacional Pacaya Samiria (RNPS) fueron evaluados por Freitas (1995). En otras zonas de la Reserva Nacional se realizaron inventarios florísticos en las cuencas de los ríos Pacaya y Samiria.

En un estudio de López Parodi y Freitas (1990) se identificaron once tipos de vegetación en la zona de Jenaro Herrera, que corresponde a otro sector de la Reserva Nacional Pacaya Samiria.

2.3 Los aguajales y su abundancia

Kahn & Mejía (1990) reportan que en una hectárea de un ecosistema de aguajal se identificaron 230 individuos de *Mauritia flexuosa*, con estípites y con alturas alrededor de 10 m a más; habiendo observado muchos miles de plántulas menores a 1 m de altura.

Con relación a su densidad, Malleux (1973) ha reportado 276 aguajes/ha en aguajal denso del tramo Tamishyacu-Itaya, encontrando además en la misma área 214 aguajes/ha en aguajal semidenso, y 84 y 82 aguajes/ha en terrenos de terraza alta y terraza media, respectivamente.

En la región de Araracuara, río Caquetá, Colombia, Urrego (1987) registra la presencia de 275 aguajes/ha.

En un bosque pantanoso del río Ucayali, en el Perú, se han inventariado 230 aguajes/ha (Kahn & Mejía, 1990), mientras que de acuerdo a estudios efectuados por Freitas (1995), en San Miguel se reportan entre 72 y 180 aguajes/ha; y en Parinari entre 182 y 432 aguajes/ha.

Salazar (1967), en evaluaciones efectuadas en la Unidad Técnica de Capacitación en Tingo María, manifiesta haber encontrado 260 aguajes/ha, en tanto que Mejía (2000) ha registrado en Jenaro Herrera, al interior de la Reserva Nacional Pacaya Samiria, entre 230 y 240 individuos/ha.

En la zona de la carretera Iquitos-Nauta se han identificado en la formación vegetal aguajal, principalmente en la cuenca del río Nanay, 120 aguajes/ha (IIAP, 2001).

Una evaluación realizada por Freitas (2002), en parcelas permanentes instaladas en las proximidades de la comunidad de Parinari, reportó la abundancia de *Mauritia flexuosa* con un

promedio de 207 árboles por hectárea en el área de aprovechamiento fuerte y 224 en el área de aprovechamiento moderado de los frutos de la palmera.

2.4 Biomasa y Carbono en diferentes ecosistemas

Parcelas de muestreo

La evaluación de la biomasa para cuantificar el carbono acumulado en un ecosistema se efectúa a través de parcelas de muestreo que pueden ser circulares, cuadradas o rectangulares. También puede variar la extensión que cubren.

De acuerdo con el tamaño del área de estudio y las características de los estratos se decidirá el tipo, tamaño y número de parcelas que pueden establecerse. Los lineamientos que se utilicen para determinar el tipo de parcela dependen de las condiciones del área de estudio y también del personal técnico responsable del mismo.

En sistemas agroforestales Winrock Internacional utiliza parcelas de 500 metros cuadrados de forma circular.

En su experiencia, Winrock ha encontrado que para algunos sistemas agroforestales donde se encuentran árboles de mayor tamaño, dispersos en el sistema, parcelas concéntricas que usen una parcela de mayor extensión para medir los árboles mayores es una buena decisión. En algunos sistemas agroforestales, la tierra productiva se encuentra muy fragmentada y en algunos casos ha sido necesario utilizar parcelas de 250 metros debido al área reducida disponible por unidad productiva. En bosques, el esquema de parcelas que mejor ha funcionado es el de parcelas concéntricas.

Las parcelas concéntricas consisten en parcelas de forma circular con diferentes radios. Las parcelas se diseñan para muestrear la maleza, la hojarasca y el suelo en una parcela de 1 metro cuadrado (radio de 0.56 m), después se miden los diámetros entre 2 y 5 cm de Diámetro a la altura de Pecho (DAP) en una parcela de 25 metros cuadrados (radio de 2.82 m), los árboles con DAP entre 5 y 20 cm en una parcela de 500 metros cuadrados, y posteriormente los árboles con diámetro mayor a 20 cm en una parcela de por lo menos 14 metros de diámetro.

De esta manera se hace eficiente el esfuerzo de muestreo, al contar con áreas acordes con la variable que debe medirse de manera que el muestreo no se vuelve demasiado tedioso o complicado; pero, a la vez, se logran números representativos del área.

La Universidad del Valle de Guatemala también utiliza el esquema de parcelas concéntricas, pero ellos usan parcelas cuadradas en vez de circulares. Con esta diferencia, las parcelas que establecen son de 1 metro cuadrado para maleza, hojarasca y suelo, 25 metros cuadrados para diámetros entre 2 y 5 cm de DAP y una parcela de 625 metros cuadrados para los diámetros de 5 cm en adelante. A diferencia de parcelas circulares, donde los radios de todas las parcelas tienen su origen en un punto en el centro, en el esquema de parcelas cuadradas se busca que todas las parcelas tengan una esquina en común. (Márquez, 2000).

Evaluar los servicios ambientales con énfasis en el secuestro de carbono, involucra plantear la metodología más adecuada que permita cuantificar el carbono, tanto de la biomasa presente en la vegetación superficial, en las

raíces, así como en el suelo y la necromasa.

Para la estimación de la biomasa se puede utilizar tanto un método destructivo como uno no destructivo, dependiendo de las posibilidades del estudio. Como dice su nombre, el método destructivo consiste en la extracción física de los árboles, proceso que consume gran cantidad de tiempo y recursos (Brown, 1992). Por otra parte, el método no destructivo, que no implica el apeo o volteo del árbol es rápido, por lo que un mayor número de árboles puede ser muestreado, reduciendo así el error muestral en comparación al muestreo destructivo (Hairiah et al., 2001).

El Método del Árbol Medio consiste en buscar el árbol que contenga el diámetro promedio, apearlo y estimar su peso seco. Sobre esta base la biomasa total, en una unidad de superficie, se calcula por el producto entre el número de árboles y la biomasa del árbol medio. En general, se utiliza cuando los ejemplares presentan un alto valor económico, ecológico o social (Madgwick, 1973).

El Método Regresional consiste en el apeo de árboles en distintas clases de DAP para extraer submuestras y pesar. Luego estas son secadas y pesadas en laboratorio y se proyectan sobre los árboles apeados. Sobre estos datos se generan relaciones empíricas de biomasa, las que se aplican a cada uno de los árboles del rodal, obteniendo así la biomasa total en función de la suma de la biomasa de los árboles individuales (Teller, 1988).

Los principales compartimentos en un ecosistema boscoso son:

1. La biomasa viva
2. La necromasa
3. El suelo

Cada uno de estos subsistemas puede ser, a su vez, subdividido. Por ejemplo, para la biomasa viva puede identificarse la biomasa aérea (tallos, ramas y hojas) y la subterránea (raíces); la necromasa puede descomponerse en hojarasca fina y gruesa; el suelo, en horizontes orgánicos y minerales (Brown et al, 1999).

Biomasa Aérea. La metodología más frecuentemente usada para determinar el carbono almacenado en árboles consiste en:

1. Determinar el volumen de madera presente;
2. Convertir ese dato en biomasa;
3. Convertir el dato de biomasa en equivalentes de carbono.

Se puede usar ya sea alguna técnica de determinación por árbol o bien la técnica del árbol medio.

El segundo caso sería de aplicación para especies en las cuales no existen ecuaciones alométricas. Ya que estas ecuaciones no son especie-dependientes para árboles jóvenes o de escaso diámetro, la técnica del árbol medio puede ser adecuada para medir biomasa en stands jóvenes en proyectos de reforestación. Todas las mediciones tomadas en los árboles deben ser convertidas a biomasa de carbón. El método más usado para este propósito son las regresiones de biomasa.

La metodología tradicional para elaborar presupuestos de carbono es la conversión de estadísticos forestales en equivalentes de carbón. Las ecuaciones alométricas son generalmente consideradas el método más preciso para estimar biomasa y, por lo tanto, carbono.

Muchas veces, con el fin de reducir costos, existe un incentivo para usar estimaciones de contenidos de carbono basadas en el volumen y/o ecuaciones alométricas existentes desarrolladas fuera de la región donde se lleva a cabo el proyecto forestal (Busch et al., 2000). Los resultados también indican que es apropiado utilizar ecuaciones alométricas desarrolladas para una especie a fin de estimar el contenido de carbono en otra especie que crece en una región diferente, siempre y cuando sean fenotípicamente similares. Tanto la aproximación volumétrica como la alométrica son útiles para estimar el contenido de carbono. Sin embargo, para estudios regionales se prefiere la aproximación volumétrica, ya que es más sencilla de usar. A escala de proyecto, las ecuaciones alométricas son más confiables.

Subsistema suelo. Una proporción substancial del carbono global, entre un 30 y un 50%, se encuentra en bosques boreales (Brown et al., 1994). Esto es particularmente cierto en los bosques boreales en los cuales una amplia proporción del carbono se encuentra almacenado en los suelos (entre un 70 y un 90%).

Los métodos de laboratorio para medir carbono en el suelo son:

1. Walkley-Back: el cual es rápido y fácil pero con algunas limitaciones. Es útil para cuando no es necesario análisis de carbono total.
2. Carbono total: en caso de que los suelos tengan una fracción importante de carbono inorgánico.
3. Combustión seca.

Necromasa u Hojarasca (Litera). Normalmente es un compartimiento pequeño en términos de biomasa. Representa entre un 10 y un 15% del

del total de la biomasa aérea. Esto hace que, comúnmente, su inclusión sea discrecional.

Biomasa Radicular. Estimar la biomasa de las raíces, que representa entre un 10 y un 40% de la biomasa total es, en general, caro. Hay dos formas de efectuar la determinación de biomasa radicular:

1. Utilizando estimaciones conservadoras y poco controvertidas de biomasa radicular basada en la literatura para vegetación;

2. Midiendo la biomasa radicular. La única ventaja de medir la biomasa radicular es que en la mayoría de los casos la biomasa real medida va a ser mayor que los valores de bibliografía.

Biomasa Aérea. La medición de la cantidad de biomasa aérea en cualquier componente de un ecosistema requiere un análisis destructivo directo (*Brown et al.*, 1989) o estimaciones indirectas del material vegetal para hacer las inferencias respectivas; el segundo caso es más práctico cuando se desea estimar la biomasa aérea de los árboles. Para ello, se debe contar con funciones que estimen la biomasa total con base en el tamaño y dimensiones de los árboles, es decir, funciones matemáticas basadas en las relaciones alométricas que ocurren entre los órganos de un individuo (Huxley, 1932).

Las relaciones alométricas se han utilizado en especies forestales para estimar la biomasa aérea total y el área foliar, a partir del diámetro a la altura del pecho (DAP; 1.30 m) o del área de la albura (Grier y Waring, 1974; Geron y Ruark, 1988; Chapman y Gower, 1991; Castellanos *et al.*, 1996).

Las relaciones entre las dimensiones del fuste y la cantidad de biomasa se han empleado también

para estimar la biomasa de los componentes de un árbol (Bartelink, 1996), el carbono presente en diferentes tipos de vegetación (Brown *et al.*, 1989; De Jong *et al.*, 1995 y Deans *et al.*, 1996) y la distribución de biomasa en los árboles (Landsberg y Gower, 1997). Además, constituyen una herramienta importante para construir modelos mecanicistas de crecimiento forestal (Causton, 1985) que han resultado útiles para predecir la captura de carbono por los árboles.

Biomasa en ecosistemas diversos

Según un estudio realizado en bosques maduros de la Amazonía, el incremento de la biomasa es equivalente a una captación neta de $0,62 \pm 0,37$ t/ha/año de carbono (tC/ha/año) (Houghton, 1991 citado por López, 1998; Phillips, 1998, citado por Segura, 1997).

En este contexto un estudio de bosques tropicales en Costa Rica reporta un rango de 150 a 382 t/ha para la biomasa seca (Brown *et al.*, 1993).

Por otro lado, en la Amazonía brasileña se evaluaron bosques de clima húmedo y se encontró que la biomasa representaba 315 t/ha, mientras que en Ecuador, Perú y Bolivia se registraron valores de 182 t/ha, 210 t/ha y 230 t/ha, respectivamente, para la biomasa sobre la superficie (Brown, 1997).

En un estudio de Zonificación Ecológica Económica desarrollado por el IIAP en el área de influencia de la carretera Iquitos Nauta, al procesar un inventario de un aguajal se encontró que este albergaba aproximadamente 245,50 t/ha de biomasa, sobre la base de individuos con DAP mayores a 10 cm. (IIAP, 2001).

Asimismo, en un estudio sobre evaluación de carbono en la cuenca del río Nanay se evaluaron bosques sin intervenir y se reportaron valores que oscilaban entre 208,32 t/ha en varillales y 452,38 t/ha en aguajales, para la biomasa sobre la superficie. (IIAP, 2002).

Carbono en ecosistemas diversos

Dado el relativo mayor volumen de biomasa de los bosques tropicales, se destaca su especial aptitud como sumidero de carbono, pues los bosques amazónicos mantienen entre 155 y 187 tC/ha; 34 veces más en promedio, que las tierras dedicadas a la agricultura (Brown, 1988 citado por Cairns y Meganck, 1994).

Algunos bosques latifoliados de Guatemala fueron evaluados por Castellanos (Citado por Márquez, 2000) y se registraron valores de 176 y 199 tC/ha.

En bosques tropicales de Costa Rica se encontró que el contenido oscilaba entre 67,5 tC/ha y 171 tC/ha.

Otro estudio en Guatemala reporta 340 tC/ha y 410 tC/ha en bosques mixto y latifoliado, respectivamente (Márquez, 2000), mientras que en el Perú, en la zona de Campo Verde (Pucallpa) se reportan alrededor de 300 tC/ha (Barbarán, 1998).

En un estudio sobre evaluación de carbono en la cuenca del río Nanay se reportó para carbono 104,03 tC/ha en varillales y 226,19 tC/ha en aguajales. (IIAP, 2002)

En un trabajo efectuado sobre captura de carbono en aguajales de la Reserva Nacional Pacaya Samiria, (Guzmán, 2003) encontró que el contenido de carbono en la vegetación aérea y

raíz fue de 80,99 tC/ha y 101,59 tC/ha en áreas sin manejo; y valores entre 103,29 tC/ha y 126,42 tC/ha en áreas con manejo, entendiéndose que el manejo se refiere a la forma de aprovechamiento en la cosecha utilizando subidores, y las áreas sin manejo son las que no tienen un control sobre las prácticas de cosecha de los frutos.

2.5 Evaluación de los datos en gabinete

Los datos provenientes del trabajo de campo deben ser procesados adecuadamente, a fin de tener la información referida al contenido de biomasa y carbono.

La tabla de biomasa se confecciona tomando datos directamente de los componentes de la especie en estudio y con el propósito de uniformizarlos deberá, si es que el caso lo amerita, se establece un análisis de regresión entre variables como altura, DAP, edad y la correspondiente biomasa. Se obtendrán entonces ecuaciones alométricas que explicarán esta relación.

En el caso de evaluar un ecosistema, los valores de biomasa tendrán que ser expresados en t/ha considerando todas las especies presentes y los otros componentes que lo conforman (necromasa, sotobosque).

La tabla de carbono se confeccionará para la especie en estudio tomando como referencia los valores proyectados de la biomasa por componentes (fuste, hojas, raíz). La fracción de carbono, determinada por análisis de las muestras tomadas por componente en el campo se multiplica por el respectivo valor de biomasa.

Se tendrá entonces una tabla que explica el contenido de carbono de la especie en estudio en base a uno o dos parámetros estimados.

El contenido de carbono en un ecosistema, al igual que la biomasa, es expresado en t/ha y tomando la contribución de todas las especies presentes y los otros componentes del sistema (sotobosque, necromasa, suelo). Algunos estudios refieren valores para contenido de carbono sobre la base del contenido presente en la vegetación aérea.

2.6 Importancia del Aguajal como proveedor de servicios ambientales

El aumento de la demanda de tierras agrícolas asociada al crecimiento de la población sigue siendo una causa importante de pérdidas de humedales en algunas partes del mundo. El desarrollo de la infraestructura y la regulación del caudal de ríos constituyen otras causas importantes de degradación y pérdida de humedales, como lo son también la invasión de especies no nativas y la contaminación (Barbier, 1989).

Muchos componentes de los ecosistemas de humedales suministran también recursos para consumo directo por el ser humano, incluso agua de beber, pescado y fruta comestibles, madera de construcción, turba y leña. Si los bienes de los humedales se aprovechan respetando el índice de producción y la capacidad de regeneración de cada especie, pueden reportar beneficios apreciables a la sociedad. En muchas zonas la pesca depende fuertemente de unos ecosistemas de humedales sanos. En varias zonas rurales, la cantidad de agua disponible depende en gran medida del agua extraída de pozos poco

profundos o manantiales locales. Si las zonas de recarga se mantienen y protegen, los acuíferos y manantiales pueden aportar una cantidad sostenida de recursos hídricos a las comunidades (Acreman y Hollis, 1996).

Los ecosistemas de humedales también ofrecen posibilidades de recreación, estéticas y de reflexión. Los usos recreativos comprenden la pesca, la caza deportiva, la observación de aves, la fotografía y los deportes acuáticos. Dado que el turismo es una de las principales industrias generadoras de ingresos en todo el mundo, el valor económico de estas posibilidades puede ser apreciable. Mantener los humedales y beneficiarse de estos valores puede representar una alternativa útil a los usos más perturbadores y a la degradación de estos ecosistemas.

Las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) y otros gases como monóxido de carbono (CO), óxido nitroso (N₂O), metano (CH₄), componentes orgánicos volátiles diferentes al metano, entre otros; son originados por la quema de combustibles fósiles, aumento de la actividad industrial, agrícola, y manejo de desechos; y son consideradas la causa principal del efecto invernadero que conduce al incremento de la temperatura global de la tierra, cuyo incremento para mitad de este siglo se estima entre 2,5 y 3°C

Los bosques constituyen ecosistemas que tienen la capacidad de almacenar y fijar carbono, liberando oxígeno como parte de su proceso fotosintético; por esta razón se ha reconocido la gran importancia que tienen estos y el rol que juegan como almacenadores y fijadores de carbono. El carbono secuestrado en el árbol permanece como elemento integral de la biomasa hasta que el árbol muera, se descomponga y se

libere de nuevo el CO₂ a la atmósfera. Sin embargo, cuando son cosechados y convertidos en madera y se utilizan en construcciones y muebles u otros usos perdurables, el CO₂ permanece en ella hasta que esa madera entre en descomposición.

Al evaluar aguajales podemos determinar el carbono almacenado o secuestrado por hectárea en este tipo de ecosistema.

Las investigaciones relacionadas con los flujos y existencias de carbono son relativamente recientes en el país, por lo que existe la necesidad de realizar evaluaciones permanentes para determinar el crecimiento anual de las especies y poder determinar la fijación neta anual de carbono en cada tipo de ecosistema.

Los análisis realizados en esta investigación permiten determinar el valor potencial de los bosques de dos tipos de aguajal (denso y mixto) con respecto a su capacidad de almacenamiento de carbono.

Sección 3

METODOLOGÍA

Se describe a continuación la caracterización del medio biofísico y también las etapas comprendidas en el desarrollo del estudio, es decir, la caracterización de los ecosistemas y el procedimiento para efectuar el inventario florístico y la evaluación de biomasa y carbono, tanto en la etapa de campo, como en la de gabinete.

3.1 MATERIALES

GPS
Brújula
Forcípula
Cinta métrica de 30 m
1 motosierra
50 galones de gasolina lubricada
20 galones de aceite para cadena
6 libretas de campo
Balanza
1 cilindro de 0.9 m largo x 0.1 m de radio
4 palas de corte
4 machetes
2 galones de pintura
10 rollos de rafia
1 m de malla de 5 mm
Bolsas de papel
Engrapadora
4 cajas térmicas
Etiquetas
1 Tilfor

3.2 CARACTERIZACIÓN DEL MEDIO BIOFÍSICO

3.2.1 CLIMA

La zona de estudio está ubicada en la zona de vida Bosque Húmedo Tropical (b-ht), según el Mapa Ecológico del Perú (ONERN, 1976).

El clima se caracteriza por presentar temperaturas elevadas y fuertes precipitaciones. En el área de estudio, la temperatura media mensual varía de 20 a 32 °C, con una media anual que bordea los 27 °C; la precipitación anual promedio varía de 2,000 a 4,000 mm con una media anual que supera los 2,900 mm (COREPASA, 1986; Marengo, 1985).

3.2.2 FISIOGRAFÍA

Dentro del ámbito de la Reserva Nacional Pacaya Samiria se han identificado 15 unidades fisiográficas (CDC, 1993; IIAP-FPCN, 1994). La zona de estudio se caracteriza fisiográficamente por presentar una planicie de inundación, donde se observan principalmente las siguientes unidades:

- Islas
- Meandros con vegetación
- Meandros sin vegetación
- Complejos de orillales reciente
- Complejos de orillales subrecientes
- Complejos de orillales antiguos
- Terrazas bajas de drenaje moderado
- Terrazas bajas de drenaje imperfecto y pobre
- Terrazas bajas de drenaje muy pobre
- Terrazas bajas de pantano

3.2.3 Vegetación

Empleando criterios fisiográficos-florísticos, el Centro de Datos para la Conservación de la Naturaleza (1993) identifica siete tipos de bosque dentro de la llanura aluvial en la zona de la Reserva Nacional Pacaya Samiria, que son característicos de la zona de estudio:

- Bosques ribereños
- Aguajales densos
- Aguajales mixtos
- Pantanos herbáceos
- Bosques inundables casi permanente
- Bosques inundables estacionalmente (vegetación baja)
- Bosques inundables estacionalmente (vegetación alta)

La denominación de "aguajales" deriva del fitónimo dado a un área poblada exclusivamente por palmeras "aguajes" (*Mauritia flexuosa* L.f.), de modo que comprenden los palmales densos o "aguajales de bajal", conformados por comunidades casi puras de palmeras "aguajes" gigantes y monocaulas asociadas con "aguajillo" (*Mauritiella aculeata*), "Copal Caspi" (*Dacryodes peruviana*), "Quinilla" (*Pouteria* spp), "Caupuri" (*Virola pavonis*), "Cetico" (*Cecropia membranacea*), "Renaco" (*Ficus trigona*), entre otras (IIAP-BIODAMAZ, 2002).

Debido al interés de evaluar los ecosistemas de aguajal se consideró la selección de los dos tipos de bosque de aguajal:

- Aguajal denso, que se caracteriza por la abundancia de *Mauritia flexuosa* L.f.
- Aguajal mixto, cuya composición florística es medianamente rica en aguaje y otras palmeras como *Mauritiella aculeata*.

El proyecto contempló la ejecución de tres fases para el cumplimiento de los objetivos:

- Fase de Inventario
- Fase de Evaluación de Biomasa
- Fase de Evaluación de Carbono

3.3 FASE DE INVENTARIO

3.3.1 Identificación y reconocimiento de los bosques de aguajal

En visitas preliminares al área de Parinari, se realizaron observaciones fisonómicas, evaluándose la composición y la estructura de las comunidades de plantas. En un inventario rápido en parcelas de 5 000 m², se identificó la abundancia de la especie aguaje, llegando a identificarse 2 tipos de bosque.

De esta forma, cuando la densidad de las palmeras de aguaje era alta se reconoció como bosque de aguajal denso, y si la densidad era menor, como aguajal mixto.

3.3.2 Selección y ubicación de bosques de aguajal

Tomando como base la información preliminar de campo y habiendo ubicado las áreas probables de estudio con la ayuda del receptor GPS, se localizaron los lugares específicos utilizando complementariamente la información de imágenes satelitales proporcionadas por el Sistema de Información Geográfica (SIG) del IIAP y las condiciones de accesibilidad a la zona.

Se ubicaron, entonces dos bosques de aguajales: aguajal denso y aguajal mixto en el distrito de Parinari, en el ámbito de jurisdicción de la Reserva Nacional Pacaya - Samiria (RNPS). Estos bosques se encuentran a 45 minutos del caño de Parinari

en la estancia denominada Esperanza, y su ubicación en coordenadas UTM es:

- Aguajal denso en X555,953.39, Y9'488,601, y
- Aguajal mixto en X556,123.28, Y9'487,166.

(Figura 1)

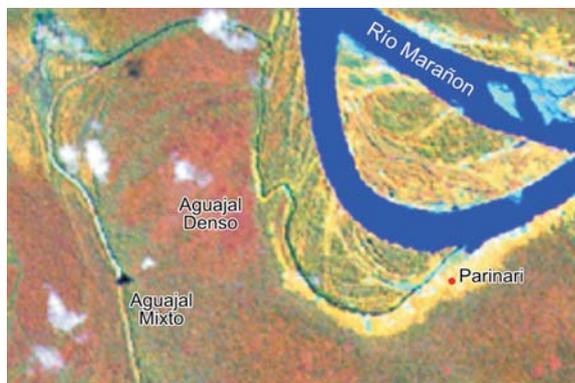


Figura N° 1: Ubicación de los bosques de aguajales (denso y mixto).

3.3.3 Determinación del tamaño de las parcelas

Se tomaron dos parcelas de 2 500 m² cada una, para efectos de la ejecución del inventario florístico de los ecosistemas seleccionados, en estas se efectuó la toma de información para la evaluación de la biomasa y carbono presente.

El diseño corresponde a una adaptación de los transectos propuestos para la evaluación de biomasa en los que el tamaño de parcela oscila entre 250 m² y 500 m².

Para el presente caso los ecosistemas evaluados son humedales o bosques inundables correspondientes a un humedal, y se consideró ampliar el área de evaluación a 2 500 m² divididas en cuatro subparcelas como se muestra en la figura 2.

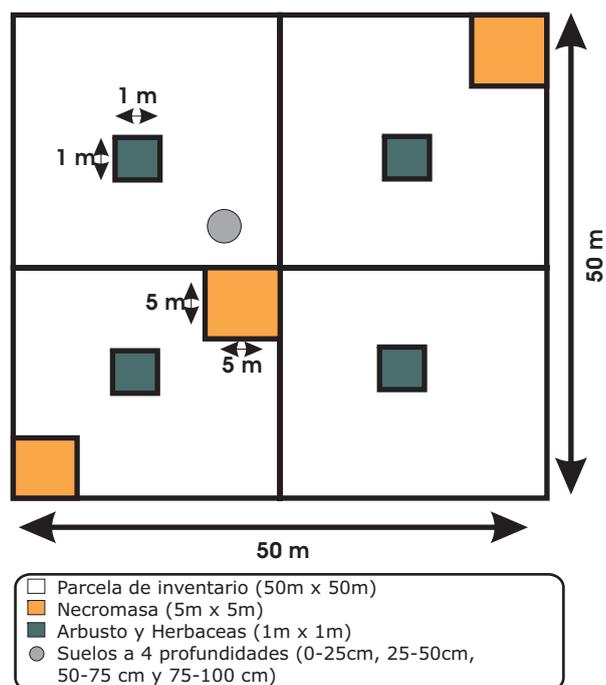


Figura N°2: Esquema de la parcela de inventario (2500m²), con cuatro subparcelas y cuatro miniparcelas utilizadas para el inventario de carbono de cada uno de los componentes del bosque de aguajal. (Shlegel *et al*, 2001), (Martínez, 2001).

3.3.4 Inventario de los bosques aguajales

Fueron medidos todas las palmeras y árboles con diámetros iguales o mayores a 10 cm. Las variables registradas fueron:

- Número de parcela, en este caso se tomaron dos parcelas de 2500 m² para cada tipo de bosque.
- Tipo de bosque, se determinaron dos tipos de bosque de aguajal (denso y mixto).
- Diámetro a la altura del pecho (DAP) en cm.

- Altura total (m), desde el nivel del suelo hasta el ápice del árbol.
- Altura comercial (m) y altura de copa para palmeras (m), corresponde a la distancia vertical desde el nivel del suelo hasta el último punto utilizable de la sección del fuste del árbol (especies leñosas); y en el caso de palmeras se midió hasta la base de la primera hoja funcional.

3.4 FASE DE EVALUACIÓN DE BIOMASA

Para estimar el almacenamiento de carbono en el ecosistema aguajal, se tomó en cuenta que el carbono es almacenado en la biomasa aérea y en el suelo. El carbono generalmente se encuentra distribuido en cuatro componentes: biomasa sobre el suelo, biomasa del sistema radicular, necromasa y carbono orgánico del suelo (Snowdon et al., 2001).

La evaluación se realizó:

- Para la especie *Mauritia flexuosa* a través de muestreo por apeo y,
- En dos parcelas de 2500 m² (50 m x 50 m); cada parcela se dividió en cuatro subparcelas de 25 m x 25 m (I, II, III, IV para la vegetación arbórea) y en las subparcelas se tomaron cuatro miniparcelas de 1 m² cada una (para la vegetación arbustiva y herbácea) (Figura N° 2). Además, se consideró evaluar necromasa en tres áreas de 25 m² cada una dentro de las parcelas. También se evaluó el suelo, para lo cual se tomaron muestras a diferentes profundidades.

3.4.1 Biomasa de *Mauritia flexuosa* L.f.

a) Determinación de clases de altura

A partir de la información del inventario, se escogieron los árboles que serían muestreados, habiéndolos ubicado previamente por rangos o clases de altura. Se consideró la toma de datos de las siguientes variables: altura, número de hojas, DAP.

b) Determinación de la biomasa aérea

Para el muestreo de biomasa se apearon 16 palmeras (aguaje), que fueron las representativas de cada clase de altura. Se determinó el valor de la biomasa por medición de peso directo de los componentes del árbol provenientes del muestreo destructivo de los individuos seleccionados de la especie. Los componentes evaluados fueron: estípite (fuste o tallo), hojas (incluye pecíolo y folíolos) y raíz.

- Evaluación de la biomasa del estípite

Para obtener la biomasa se seccionó el estípite desde su base al nivel del suelo, hasta la primera hoja funcional, y se pesó. Adicionalmente se tomaron 3 muestras al azar de 100 g cada una para el análisis de humedad y de carbono respectivos.

- Evaluación de la biomasa de las hojas (pecíolo y folíolos)

De cada árbol apeado se separaron las hojas, se contaron y pesaron para obtener la biomasa fresca. Se tomaron tres muestras de 100g cada una para los análisis de laboratorio. En las figuras N° 3 y 4 se ilustra lo descrito.



Figura N° 3 : Obtención del peso del estípote del aguaje



Figura N° 4 : Obtención del peso del pecíolo del aguaje

- Determinación de la biomasa de las raíces

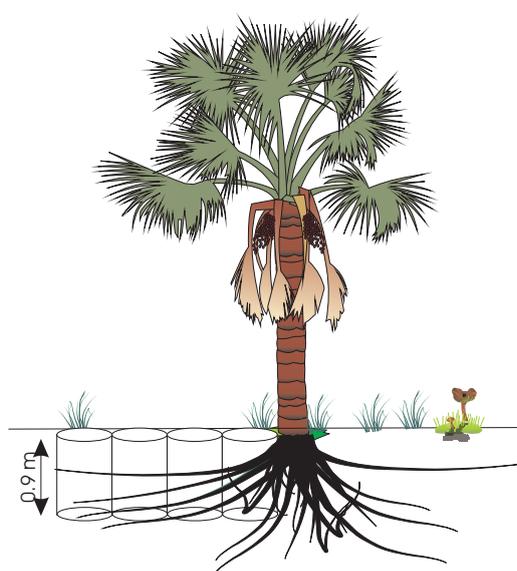
La estimación de almacenamiento de carbono en biomasa bajo el suelo (raíces) es importante, ya que puede representar entre un 10 y 40% de la biomasa total (MacDicken, 1997). En el aguajal puede ser mayor la biomasa de las raíces.

Las biomasa de las raíces (neumatóforas) se evaluó a través del uso de un cilindro de metal (0.9 m largo x 0.1 m de radio), el cual permitió obtener un volumen preciso del suelo con las raíces pequeñas, las que posteriormente fueron separadas para poder ser pesadas (Figura N° 5). Para esta fase se tomó como referencia la metodología seguida por Gallardo (2001) para evaluar raíces.

La raíz principal fue extraída después (Figura N° 6), para lo cual se procedió a cavar

alrededor de la base para poder debilitarla y así extraerla en secciones, tal como se muestra en las figuras N° 7 y 8. Para este propósito emplearon dos herramientas: el molinete, herramienta usada por los extractores de madera, y el tilfor de 3 toneladas, siendo este último el que permitió disminuir el tiempo de extracción (Figuras N° 9, 10 y 11).

VISTA DE FRENTE



VISTA DE PLANTA

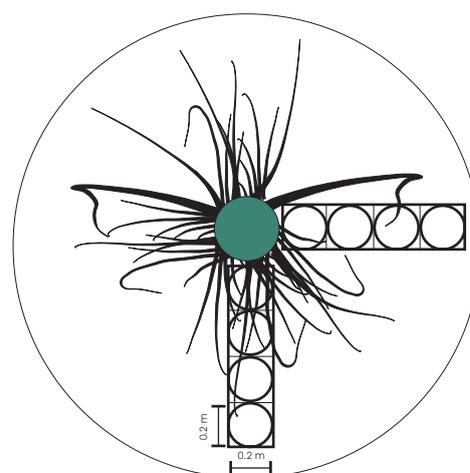


Figura N° 5: Diseño del muestreo para obtener la biomasa de raíces usando el cilindro de metal de muestreo.



Figura N° 6: Proceso de cavado de la raíz principal de aguaje



Figura N° 7-8: Cortes de raíz para ser pesadas



Figura N° 9: Extracción de la raíz de aguaje usando el molinete.



Figura N° 10-11: Extracción de raíz de aguaje usando el tilfor.

C) Los valores de peso de biomasa fueron expresados en base seca (biomasa de la especie sobre la superficie). El cálculo se efectuó a partir las siguientes fórmulas:

(Ecuación 1)

$$\%M.S. = \frac{\text{Peso de muestra sec a}}{\text{Peso de la muestra original}} \times 100$$

(Ecuación 2)

$$B_m = \frac{P_m \times MS(\%)}{100}$$

Donde:

B_m	=	Biomasa de las muestras (t)
P_m	=	Peso de las muestras (t)
MS%	=	Porcentaje de materia seca

d) Análisis de datos

Un análisis de correlación ha permitido efectuar un ajuste por regresión relacionando los valores de biomasa por componente del árbol, a la altura del mismo. En esta fase se tomó el criterio de integrar datos obtenidos de un muestreo efectuado en once individuos de aguaje en la zona del proyecto en el año 2003. (Guzmán, 2004).

La sumatoria de los valores de biomasa de cada componente del árbol proporcionó la biomasa total del árbol, y permitió esbozar una ecuación de regresión para la biomasa de *Mauritia flexuosa* L.f. en función de su altura.

e) La biomasa de *Mauritia flexuosa* L.f. en cada ecosistema de aguajal se estimó para los árboles inventariados, aplicando la ecuación de regresión obtenida, y extrapolando los valores a 1 ha.

3.4.2 Biomasa de la especie *Mauritiella aculeata*

a) Apeo de palmeras

Se apearon 18 individuos. La determinación de la biomasa de los componentes del árbol se realizó de manera similar a la del aguaje.

b) Con los datos obtenidos se efectuó, de igual forma que para el aguaje, un análisis de regresión entre altura y biomasa total (variables que mostraron buena correspondencia) y se obtuvo una ecuación para biomasa de aguajillo.

c) La biomasa de *Mauritiella aculeata* presente en cada ecosistema de aguajal se estimó aplicando, a cada individuo inventariado, la ecuación de regresión obtenida para esta especie.

3.4.3 Biomasa de otras palmeras

Su determinación se realizó aplicando a cada palmera inventariada (diferente de aguaje y aguajillo) la ecuación encontrada para aguajillo.

3.4.4 Biomasa de otras especies leñosas

Se empleó la siguiente ecuación alométrica de Brown (1989):

$$y = e^{[-2,134 + 2,530 \cdot \ln(D)]}$$

Donde:

y	=	Biomasa en Kg
D	=	Diámetro a la altura de pecho en cm

3.4.5 Biomasa del sotobosque

Se determinó de acuerdo al plan de muestreo:

El muestreo del sotobosque se realizó en el centro de los cuatros cuadrantes I, II, III y IV, miniparcelas de 1 m² (Figura N° 2). Para esto se tomaron los tallos leñosos menor a 10 cm de diámetro y muestreo de herbáceas (Schlegel *et al.*, 2001) y realizando el reporte del peso fresco. Luego de ser sometidas a secado se cuantificó la biomasa en base seca y se reportó escalando los valores a 1 hectárea.

3.4.6 Necromasa

Se refiere a hojarasca, ramas, corteza y leños que se encuentran en proceso de descomposición. Las muestras se tomaron en una superficie de 25 m² ubicada en el primer cuadrante de la parcela de inventario de carbono (ver figura 2), se colectó toda la materia muerta encontrada en el suelo (palmeras muertas caídas, hojarasca acumulada, estípites, pecíolos, folíolos, etc.). Se pesó y luego se tomaron tres muestras de 10 gramos para los análisis del contenido de carbono, también se tomaron cinco muestras

de 100 gramos para su respectivo análisis de laboratorio y obtener así la biomasa seca promedio (Ecuación 1 y 2).

3.4.7 Biomasa del ecosistema aguajal

Determinar la biomasa por hectárea de cada ecosistema de aguajal en estudio involucró efectuar la sumatoria de los valores de biomasa de cada uno de los árboles inventariados (aguaje, aguajillo, otras palmeras, otras especies leñosas) expresándolos en t/ha e integrando los valores de sotobosque y necromasa.

$$\text{Biom}_{\text{TOTAL}} = \text{Biom}_{\text{AGUAJE}} + \text{Biom}_{\text{AGUAJILLO}} + \text{Biom}_{\text{OTRAS PALMERAS}} + \text{Biom}_{\text{OTRAS LEÑOSAS}} + \text{Biom}_{\text{SOTOBOSQUE}} + \text{Necromasa}$$

3.5 FASE DE EVALUACIÓN DE CARBONO

El contenido de carbono presente en el ecosistema de aguajal involucra: evaluación del contenido de carbono en cada uno de los componentes del ecosistema, a partir de los valores de biomasa y la respectiva fracción de carbono, considerándose además el carbono presente en el suelo.

3.5.1 Carbono de la especie *Mauritia flexuosa*

Fracción de carbono de los componentes del árbol

Para determinar la fracción de carbono de todos los componentes de *Mauritia flexuosa* se colectaron muestras de los componentes del árbol (estípites, hojas y raíces) y se

sometieron al método de la bomba calorimétrica (Segura, 1997).

Cálculo del carbono

Los valores de biomasa total obtenidos por la ecuación de regresión en cada ecosistema de aguajal fueron convertidos a carbono al multiplicar por la fracción de carbono promedio de los componentes del árbol:

$$f_{C \text{ prom}} = f_{C \text{ (Estip)}} \times \frac{B_{\text{(Estip)}}}{B_{\text{(total)}}} + f_{C \text{ (Hojas)}} \times \frac{B_{\text{(Hojas)}}}{B_{\text{(total)}}} + f_{C \text{ (Raiz)}} \times \frac{B_{\text{(Raiz)}}}{B_{\text{(total)}}}$$

Donde:

$f_{C \text{ prom}}$	=	Fracción de carbono promedio
$f_{C \text{ (Estip)}}$	=	Fracción de carbono del estípite
$f_{C \text{ (Hojas)}}$	=	Fracción de carbono de hojas
$f_{C \text{ (Raiz)}}$	=	Fracción de carbono de raíces
$B_{\text{(Estip)}}$	=	Biomasa del estípite
$B_{\text{(Hojas)}}$	=	Biomasa de hojas
$B_{\text{(Raiz)}}$	=	Biomasa de raíz
$B_{\text{(Total)}}$	=	Biomasa total del árbol

3.5.2 Carbono de la especie

Mauritiella aculeata

Con los datos de fracción de carbono determinados de manera similar que para *Mauritia flexuosa* y con la ecuación de biomasa para aguajillo, se calculó el carbono que los individuos de esta especie aportan al carbono total de cada ecosistema.

3.5.3 Carbono en otras palmeras y otras leñosas

El valor de carbono se obtuvo asumiendo que en promedio la biomasa contiene un 50% de carbono luego de haberse eliminado la humedad (MacDicken, 1997).

3.5.4 Carbono en sotobosque y necromasa

Para la determinación de carbono, se obtuvo la fracción de carbono por análisis de las muestras a través del método de la bomba calorimétrica y se multiplicó por la biomasa correspondiente, expresándose los valores por ha.

3.5.5 Carbono orgánico en el suelo

Para obtener el contenido de carbono en el suelo, se utilizó el método del cálculo de la materia orgánica. Para esto se tomaron muestras con un barreno de suelo a diferentes profundidades, tal como podemos observar en las figuras 12 y 13, la primera de 0-25 cm, la segunda de 25-50 cm, la tercera de 50-75 cm y la cuarta de 75-100 cm. También se tomó la densidad aparente del suelo en las cuatro profundidades.

Para el cálculo del porcentaje de carbono en el suelo se usó la siguiente ecuación:

(Ecuación 3)

$$\%M.O = \%C \times 1.72$$

Donde:

$\%M.O$	=	Porcentaje de materia orgánica
$\%C$	=	Porcentaje de carbono orgánico
1.72	=	Constante

3.5.6 Carbono del ecosistema aguajal

Se obtuvo por la suma de los valores de carbono de cada componente.

$$C_{\text{TOTAL}} = C_{\text{AGUAJE}} + C_{\text{AGUAJILLO}} + C_{\text{OTRAS PALMERAS}} + C_{\text{OTRAS LEÑOSAS}} + C_{\text{SOTOBOSQUE}} + C_{\text{NECROMASA}} + C_{\text{SUELO}}$$



Figura N° 12: Utilización del instrumento de muestreo de suelo a diferentes profundidades.



Figura N° 13: Recolección de muestras de suelo.

3.5.7 Análisis de absorción y emisión de CO₂ en la Reserva Nacional Pacaya Samiria

Tomando como base la información referencial de humedales tropicales que considera la absorción de dióxido de carbono (CO₂) en 0,1 0,35 tC/ha/año equivalentes, y la de emisiones de metano (CH₄) en 0,05 0,21 tC/ha/año equivalentes (Bergkamp, 1999), así como las emisiones netas generadas por apeo de aguaje y huasaí (extracción que se estimó en 50 árboles/100 ha/año para cada especie) (Freitas, 2004, comunicación personal); se efectuó un balance de carbono en los dos tipos de aguajal, considerando solo el carbono de la vegetación, que es el que potencialmente se podría ofertar a mercados alternativos.

Sección 4

RESULTADOS

Los resultados se refieren a los reportes del inventario florístico, la biomasa total y el carbono total contenidos en cada uno de los ecosistemas de aguajal evaluados. Un análisis detallado se llevó a cabo con las especies *Mauritia flexuosa* L.f. y *Mauritiella aculeata*, especies predominantes en los aguajales de la Reserva Nacional Pacaya Samiria.

4.1 DEL INVENTARIO

El inventario se realizó en parcelas de 2500 m², dos para cada tipo de ecosistema de aguajal (denso y mixto). El uso de imágenes de satélite permitió la identificación de dos tipos de bosque de aguajal en el área de estudio, tal como se observa en la figura N° 1. Para el inventario forestal se tomaron datos en especies cuyo DAP fue igual o mayor a 10 cm.

4.1.1 Aguajal denso

En los cuadros 1 y 2 se observa el número total de individuos por especie, distribuidos en 14 especies para cada parcela, contabilizándose un total de 22 especies para este tipo de aguajal.

Por otro lado, se encontraron 137 individuos en la parcela 1 y 138 en la parcela 2. El área basal determinada para cada parcela fue de 6.498 m² y 7.031 m², respectivamente, notándose que la especie aguaje presenta la mayor cantidad de individuos y, por consiguiente, mayor área basal.

Cuadros N° 1-2

Nombre común de las especies inventariadas, número de individuos y área basal por parcelas en aguajal denso

Cuadro N° 1

N°	Especie	Parcela N° 1	
		N° Individuos	Area basal
1	Aguaje	64	5.124
2	Aguajillo	46	0.661
3	Brea caspi	5	0.177
4	Catahua	3	0.105
5	Cashapona	3	0.094
6	Marimari	3	0.067
7	Punga	1	0.062
8	Cumala	2	0.057
9	Renaco	2	0.057
10	Huasai	2	0.025
11	Cetico	1	0.023
12	Machimango	2	0.016
13	Sinamillo	2	0.016
14	Yana bara	1	0.015
Total		137	6.498

Cuadro N° 2

N°	Especie	Parcela N° 2	
		N° Individuos	Area basal
1	Aguaje	76	5.325
2	Aguajillo	29	0.532
3	Copal Caspi	10	0.295
4	Quinilla	7	0.242
5	Caupuri	3	0.170
6	Cacahuillo	1	0.108
7	Machimango	1	0.075
8	Huasai	2	0.054
9	Renaco	2	0.053
10	Añuje cumaceba	1	0.053
11	Shimbillo	2	0.044
12	Cetico	2	0.040
13	Pona	1	0.025
14	Mauva	1	0.013
Total		138	7.031

Fuente: Trabajo de campo

Cuadro N° 3

Nombre común de las especies inventariadas, cantidad y área basal promedio en aguajal denso

N°	Especie	Promedio	
		Ind/sp*	Área Basal/sp
1	Aguaje	70	5.224
2	Aguajillo	38	0.596
3	Añuje cumaceba	1	0.027
4	Brea caspi	3	0.089
5	Cacahuillo	1	0.054
6	Cashapona	2	0.047
7	Catahua	2	0.052
8	Caupuri	2	0.085
9	Cetico	2	0.032
10	Copal Caspi	5	0.148
11	Cumala	1	0.029
12	Huasai	2	0.039
13	Machimango	2	0.046
14	Marimari	2	0.033
15	Mauva	1	0.007
16	Pona	1	0.013
17	Punga	1	0.031
18	Quinilla	4	0.121
19	Renaco	2	0.055
20	Shimbillo	1	0.022
21	Sinamillo	1	0.008
22	Yana bara	1	0.008
Total		138	6.764

Fuente: Trabajo de Gabinete * valor redondeado

En el cuadro N° 3 se puede observar los valores promedio en 0.25 ha, donde el número de individuos es de 138, y el área basal de 6.764 m², valores que se extrapolaron a hectárea para estimar el Índice de Valor de Importancia simple (IVIs).

Los valores comprendidos en el cuadro N° 4, muestran la composición cuantitativa y cualitativa del aguajal denso en términos de abundancia, Dominancia e IVIs de aguaje. Los valores muestran una riqueza florística sustentada por su IVI simplificado de 200% con una abundancia de 519 individuos distribuidos en 22 especies, donde *Mauritia flexuosa* L.f. es la predominante, seguido por

Aguajillo (*Mauritiella aculeata*), copal caspi (*Protium decandrum*), quinilla (*Pouteria* spp) y brea caspi (*Symphonia globulifera*).

Mauritia flexuosa L.f. con un IVIs de 131,15 aporta el 67% del IVIs total, con respecto a las demás especies. En la figura N° 14 se muestra la distribución porcentual de las especies en función de su IVIs.

Cuadro N° 4

Índice de Valor de Importancia, Abundancia y Dominancia

N°	ESPECIE	ABUNDANCIA		DOMINANCIA		IVIs
		Arb/ha	%	M ² /ha	%	
1	Aguaje	280	54	20,90	77,20	131,15
2	Aguajillo	152	29	2,38	8,81	38,10
3	Copal caspi	20	4	0,59	2,18	6,04
4	Quinilla	16	3	0,48	1,79	4,87
5	Brea caspi	12	2	0,35	1,31	3,62
6	Caupuri	8	2	0,34	1,25	2,80
7	Renaco	8	2	0,22	0,82	2,36
8	Cacahuillo	8	2	0,22	0,79	2,34
9	Otras	15	3	1,57	5,80	8,69
	TOTAL	519	100	27,06	100	200,00

Fuente: Trabajo de Gabinete

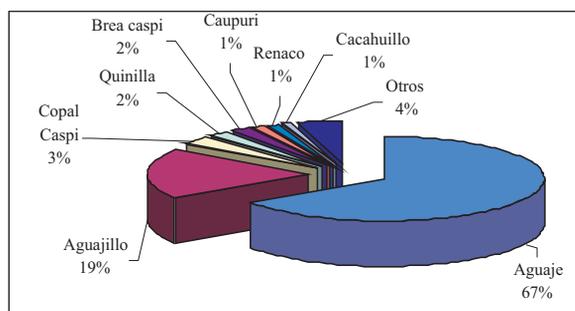


Figura N° 14: Composición del bosque de aguajal denso de acuerdo al IVIs.

En la figura N° 15 se observa la distribución porcentual de las especies por su área basal, donde aguaje ocupa el 77%, seguido por aguajillo con 9%. Esto se explica por la mayor presencia de palmeras de aguaje cuyos diámetros son mayores respecto a los de las otras especies.

En la figura N° 16 se observa que el número de palmeras de aguaje es mayor respecto a otras especies, con una abundancia de 53% seguido por aguajillo con 29%, copal caspi con 4%, entre otras.

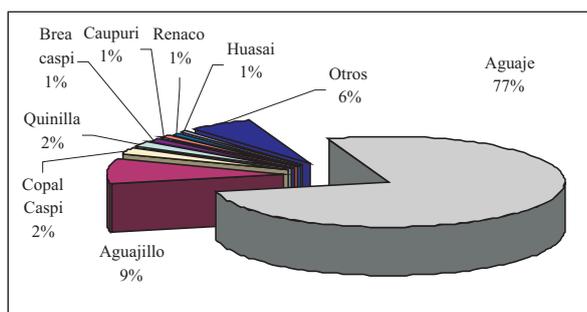


Figura N° 15: Composición del bosque de aguajal denso de acuerdo al área basal.

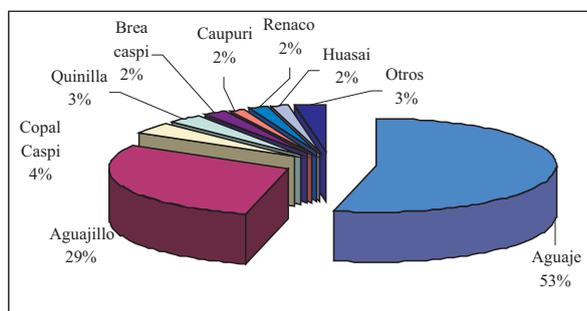


Figura N° 16: Composición del bosque de aguajal denso de acuerdo con la abundancia de especies.

4.1.2 Aguajal mixto

Este tipo de bosque representa al aguajal con una mediana densidad de aguajes, notándose la dominancia de otras especies. En los cuadros N° 5 y 6, se observa que la especie que predomina es el aguajillo.

De las once especies inventariadas en cada parcela, se identificaron 14 especies en este tipo de bosque de aguajal.

En el cuadro N° 7 se observan los valores promedio en 0.25 ha, donde el número de individuos es de 151, y el área basal de 5.032 m², valores que se extrapolaron a hectárea para estimar el IVIs.

Cuadros N° 5-6

Nombre común de las especies inventariadas, número de individuos y área basal por parcelas en aguajal mixto

Cuadro N° 5:

N°	Especie	Parcela N° 1	
		N° Individuos	Area basal
1	Aguaje	20	1.705
2	Aguajillo	106	1.379
3	Renaco	3	0.480
4	Azufre caspi	5	0.189
5	Charichuelo	5	0.076
6	Cetico	1	0.042
7	Cashapona	2	0.035
8	Pashaco	1	0.025
9	Mari mari	2	0.023
10	Quinilla	1	0.020
11	Huasai	1	0.015
Total		147	3.989

Fuente: Trabajo de campo

Cuadro N° 6:

N°	Especie	Parcela N° 2	
		N° Individuos	Area basal
1	Renaco	9	1.543
2	Aguaje	15	1.292
3	Aguajillo	84	1.092
4	Cumala	10	1.004
5	Azufre caspi	17	0.561
6	Mari mari	6	0.265
7	Machimango	2	0.204
8	Charichuelo	3	0.060
9	Pashaco	2	0.031
10	Quinilla	1	0.015
11	Sinamillo	1	0.010
Total		150	6.075

Fuente: Trabajo de campo

Cuadro N° 7

Nombre común de las especies inventariadas, cantidad y área basal promedio en aguajal mixto

N°	Especie	Promedio	
		Ind/sp	Área Basa/sp
1	Aguajillo	95	1.236
2	Aguaje	18	1.498
3	Renaco	6	1.012
4	Cumala	5	0.502
5	Azufre caspi	11	0.375
6	Mari mari	4	0.144
7	Machimango	1	0.102
8	Charichuelo	4	0.068
9	Pashaco	2	0.028
10	Cetico	1	0.021
11	Quinilla	1	0.018
12	Cashapona	1	0.018
13	Huasai	1	0.008
14	Sinamillo	1	0.005
Total		151	5.032

Fuente: Trabajo de Gabinete

En el cuadro N° 8 se muestra la composición cuantitativa y cualitativa del aguajal mixto en términos de abundancia, dominancia e IVIs por hectárea. Se reportan 604 individuos, donde aguajillo es la especie predominante,

seguido por aguaje, renaco, cumala, azufre caspi, entre otras. En la figura N° 17 se muestra la distribución porcentual de las especies por su IVIs, donde destaca aguajillo que aporta el 44% con respecto a las demás especies. En la figura N° 18 se observa la distribución por dominancia, donde aguaje representa el 30% y aguajillo 25%; esto indica que no siempre el mayor número de individuos por especie representa el de mayor porcentaje del área basal en estos bosques como se aprecia en la figura N° 19. Se explica por una mayor presencia de árboles y palmeras con diámetros entre 10 y 20 cm, especialmente aguajillo, que proporciona un menor valor de área basal.

Cuadro N° 8

Índice de Valor de Importancia, Abundancia y Dominancia por especie en bosque de aguajal mixto

N°	ESPECIE	ABUNDANCIA		DOMINANCIA		IVI
		Arb/ha	%	m ² /ha	%	
1	Aguajillo	380	63	4,942	24,55	87,55
2	Aguaje	72	12	5,994	29,77	41,77
3	Renaco	24	4	4,046	20,10	24,07
4	Cumala	20	3	2,007	9,97	13,24
5	Azufre caspi	44	7	1,499	7,45	14,73
6	Mari mari	16	3	0,575	2,86	5,51
7	Machimango	4	1	0,407	2,02	2,69
8	Charichuelo	16	3	0,272	1,35	4,00
9	Otras	28	5	0,388	1,93	6,50
TOTAL		604	100	20,130	100	200,00

Fuente: Trabajo de Gabinete

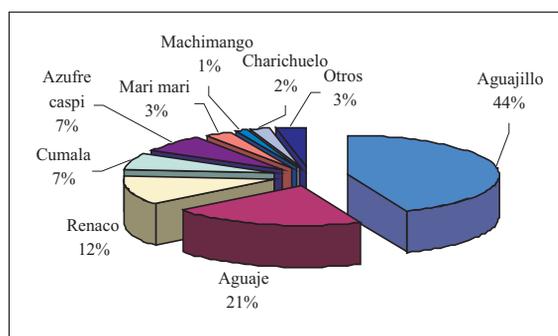


Figura N° 17: Composición del bosque de aguajal mixto de acuerdo al IVIs

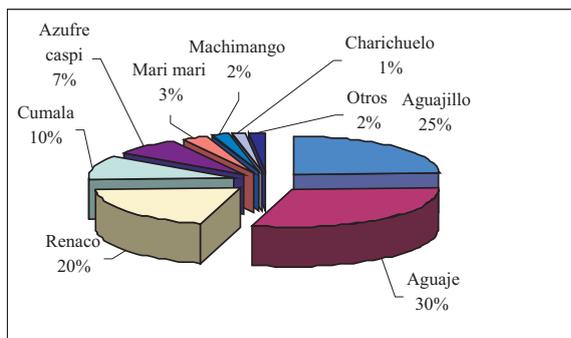


Figura N° 18: Composición del bosque de aguajal mixto de acuerdo al área basal.

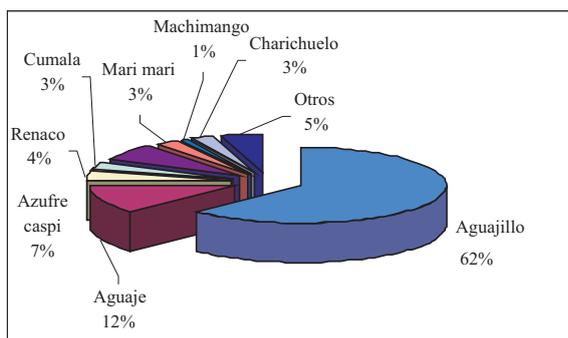


Figura N° 19: Composición del bosque de aguajal mixto de acuerdo a la abundancia de especies.

4.2 BIOMASA

La biomasa contenida en cada ecosistema en estudio contempló la evaluación de todos los componentes del ecosistema.

4.2.1 Biomasa de *Mauritia flexuosa*

Se efectuó por medición directa a través de muestreo destructivo o apeo. La información obtenida se ajustó mediante análisis de regresión para las variables biomasa y altura total.

4.2.1.1 Apeo de *Mauritia flexuosa* y distribución por clase de altura

En el cuadro N° 9 se encuentra el número total de agujajes tomado del inventario,

distribuidos por clase de altura y número de palmeras, con un rango de 3 m. En la figura N° 20 se puede apreciar el histograma por clase de altura, donde las alturas más representativas están en la clase de 12 -14 m y 18-20 m; donde las clases de altura 36-38 m a 39-41 m, son menos representativas, debido a la intervención que sufrió este bosque al aperearse palmeras para cosechar el fruto.

Cuadro N° 9

Distribución del número de palmeras por clase de altura

Clase de Altura (m)	Número Palmeras	%
6-8	6	4.29
9-11	15	10.71
12-14	23	16.43
15-17	20	14.29
18-20	23	16.43
21-23	11	7.86
24-26	14	10.00
27-29	11	7.86
30-32	8	5.71
33-35	5	3.57
36-38	3	2.14
39-41	1	0.71
Total	140	100.00

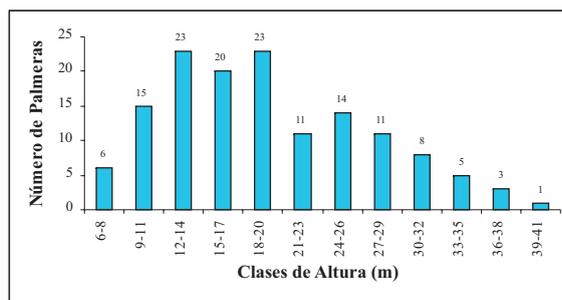


Figura N° 20: Histograma de clase de altura.

4.2.1.2 Datos procedentes del apeo

En el cuadro N° 10 se muestran los valores de biomasa obtenidos del apeo, expresados en base seca por cada componente del árbol. La fracción de peso seco promedio fue de 0,367 para estípites, 0,517 para hojas y 0,402 para raíces.

Cuadro N° 10

Palmeras apeadas y biomasa por componente de aguaje

N°	Altura (m)		DAP (cm)	N° Hojas	Peso seco de BIOMASA (t)			
	Total	Estípites			Estípites	Hojas	Raíz	Total
1	9,1	5,1	31,0	5,0	0,091	0,006	0,015	0,1120
2	12,0	6,9	19,0	7,0	0,081	0,023	0,039	0,1436
3	14,9	11,0	27,0	8,0	0,165	0,067	0,047	0,2795
4	16,5	9,0	35,0	15,0	0,258	0,085	0,080	0,4229
5	18,2	10,4	30,0	15,0	0,308	0,137	0,088	0,5325
6	21,0	17,0	30,0	13,0	0,542	0,226	0,189	0,9570
7	22,0	13,5	31,0	13,0	0,427	0,169	0,149	0,7449
8	26,0	20,5	30,3	17,0	0,658	0,245	0,324	1,2280
9	27,0	21,3	24,0	12,0	0,452	0,185	0,554	1,1904
10	29,8	25,0	29,0	14,0	0,668	0,225	0,498	1,3902
11	30,0	23,5	36,0	18,0	0,724	0,439	0,261	1,4237
12	32,0	25,3	34,5	14,0	0,730	0,183	0,307	1,2189
13	32,9	27,9	31,0	16,0	0,905	0,114	0,592	1,6105
14	34,6	30,2	24,0	12,0	0,977	0,155	0,588	1,7197
15	35,0	30,5	36,0	17,0	1,097	0,134	0,558	1,7894
16	38,4	26,4	34,0	13,0	0,771	0,179	0,780	1,7298

Fuente: Trabajo de campo

4.2.1.3 Análisis de regresión para biomasa de *Mauritia flexuosa* L.f.

Una evaluación preliminar de los datos de campo permitió establecer una inicial dependencia entre la biomasa reportada y la altura total de la especie, por lo que se ensayó un análisis de regresión entre estas variables usando el programa estadístico SYSTAT, para lo cual se decidió integrar a los datos de este estudio la información de 11 individuos de aguaje reportados en un estudio realizado en un aguajal de la misma RNPS, y excluyéndose la información de 03 individuos

por presentar inconsistencia en la relación biomasa/altura.

A partir del cuadro N° 11 se efectuó el análisis de biomasa total en peso seco respecto a la altura total. Con 6 modelos matemáticos se determinó que la curva con mejor ajuste para los datos es una del tipo polinomial de tercer orden con un R² de 0,985. Para la biomasa estimada por regresión la desviación estándar fue de 0,62.

Cuadro N° 11

Análisis de regresión: Altura total y biomasa total de aguaje

N°	Altura total (m)	BIOMASA (t)					Diferencia B1-B2
		Estípites	Hojas	Raíz	Total (B1)	Total x Regres (B2)	
1	7.4	0.0081	0.0186	0.0091	0.0358	0.0353	0.0005
2	9.1	0.0910	0.0057	0.0153	0.1120	0.0703	0.0417
3	11.0	0.0382	0.0388	0.0266	0.1036	0.1296	-0.0261
4	12.0	0.0815	0.0228	0.0394	0.1436	0.1686	-0.0250
5	14.9	0.1648	0.0672	0.0474	0.2795	0.3080	-0.0285
6	15.1	0.1479	0.0755	0.0621	0.2855	0.3161	-0.0307
7	16.5	0.2576	0.0848	0.0804	0.4229	0.3992	0.0236
8	18.2	0.3075	0.1365	0.0884	0.5325	0.5053	0.0272
10	21.0	0.3259	0.2917	0.1527	0.7703	0.6958	0.0744
11	22.0	0.4272	0.1686	0.1491	0.7449	0.7674	-0.0225
12	23.9	0.5248	0.2731	0.2165	1.0144	0.9067	0.1078
14	26.4	0.5597	0.1329	0.2833	0.9759	1.0927	-0.1168
15	27.0	0.4518	0.1846	0.5540	1.1904	1.1373	0.0530
16	29.8	0.6676	0.2250	0.4977	1.3902	1.3417	0.0486
17	29.9	0.7597	0.1303	0.3966	1.2866	1.3488	-0.0621
18	30.0	0.7237	0.4391	0.2609	1.4237	1.3559	0.0678
19	30.6	0.7366	0.1820	0.4222	1.3408	1.3982	-0.0574
22	32.1	0.9652	0.2224	0.4805	1.6681	1.5009	0.1672
23	32.9	0.9050	0.1138	0.5917	1.6105	1.5536	0.0569
24	34.6	0.9766	0.1546	0.5884	1.7197	1.6597	0.0599
25	35.0	1.0966	0.1345	0.5584	1.7894	1.6834	0.1060
26	38.4	0.7711	0.1789	0.7798	1.7298	1.8603	-0.1305
27	39.5	1.2412	0.0465	0.8388	2.1265	1.9048	0.2217

Fuente: Trabajo de Gabinete

La ecuación generada fue la siguiente:

$$Y = -6E - 05 * H^3 + 0,0046 * H^2 - 0,043 * H + 0,1259$$

La figura N° 21 muestra la proyección de la biomasa total por regresión.

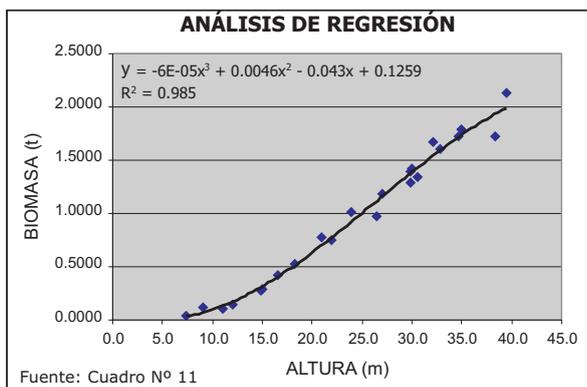


Figura N° 21: Biomasa total y altura total de palmeras de aguaje

Se ensayó un análisis semejante entre otras variables dasométricas como Altura y N° de Hojas, Biomasa y N° de Hojas, encontrándose que no había una buena correlación entre estas variables.

4.2.1.4 Tabla de biomasa de *Mauritia flexuosa* L.f. y su aporte al ecosistema

La ecuación generada por la regresión permitió confeccionar la tabla N° 01, que explica el comportamiento de la biomasa total de *Mauritia flexuosa* con respecto a la altura total de la palmera.

Asimismo, esta relación ha permitido estimar el valor de la biomasa de *Mauritia flexuosa* en cada tipo de aguajal estudiado como aporte a la biomasa total del ecosistema.

Tabla N° 1

TABLA DE BIOMASA PARA <i>Mauritia flexuosa</i>			
Altura Total (m)	Biomasa (t/árbol)	Altura Total (m)	Biomasa (t/árbol)
1	0,0874	21	0,6958
2	0,0578	22	0,7674
3	0,0367	23	0,8403
4	0,0237	24	0,9141
5	0,0184	25	0,9884
6	0,0205	26	1,0629
7	0,0297	27	1,1373
8	0,0456	28	1,2112
9	0,0678	29	1,2842
10	0,0959	30	1,3559
11	0,1296	31	1,4260
12	0,1686	32	1,4942
13	0,2125	33	1,5601
14	0,2609	34	1,6233
15	0,3134	35	1,6834
16	0,3697	36	1,7401
17	0,4295	37	1,7931
18	0,4924	38	1,8420
19	0,5580	39	1,8864
20	0,6259	40	1,9259

Fuente: Trabajo de Gabinete

La información reportada en el inventario fue procesada a fin de estimar la biomasa de todos los componentes de cada ecosistema de aguajal en estudio. El valor de la biomasa de *Mauritia flexuosa* en cada tipo de aguajal se muestra en el cuadro N° 12.

Cuadro N° 12

Biomasa de *Mauritia flexuosa* L.f. por tipo de ecosistema

Tipo de ecosistema	BIOMASA DE <i>Mauritia flexuosa</i> (t/ha)		
	Parcela 1	Parcela 2	Promedio
Aguajal denso	142,1245	215,5774	178,8510
Aguajal mixto	42,8481	27,1177	34,9829

Fuente: Trabajo de Gabinete a partir de Datos de Inventario y ecuación de regresión.

4.2.2 Biomasa de *Mauritiella aculeata*

4.2.2.1 Datos procedentes del apeo

Los valores de biomasa obtenidos del apeo y expresados en base seca por cada

componente del árbol se muestran en el cuadro N° 13. La fracción de peso seco promedio fue de 0,269 para estípites, 0,320 para hojas y 0,297 para raíces.

Cuadro N° 13

Palmeras apeadas y biomasa por componente del árbol de aguajillo

N°	Altura (m)		DAP (cm)	N° Hojas	BIOMASA peso seco (t)			
	Total	Estípites			Estípites	Hojas	Raíz	Total
1	5.3	3.5	8	4	0.0065	0.0016	0.0035	0.0116
2	13.5	10.3	13	6	0.0216	0.0019	0.0092	0.0327
3	21.0	16.3	13	8	0.0561	0.0077	0.0219	0.0857
4	21.0	18.5	13	7	0.0534	0.0147	0.0219	0.0901
5	22.3	20.3	13.5	8	0.0443	0.0045	0.0255	0.0743
6	21.9	19.4	14	11	0.0426	0.0102	0.0244	0.0772
7	21.0	18.8	13	10	0.0518	0.0077	0.0219	0.0814
8	16.9	13.0	12.5	7	0.0281	0.0090	0.0136	0.0506
9	26.1	20.6	12	7	0.0524	0.0125	0.0397	0.1045
10	22.2	20.1	13	8	0.0410	0.0045	0.0252	0.0707
11	19.4	16.4	13	7	0.0416	0.0080	0.0182	0.0678
12	15.5	11.2	15	9	0.0305	0.0077	0.0116	0.0497
13	20.3	18.1	13	8	0.0432	0.0061	0.0202	0.0695
14	22.3	19.3	13	9	0.0367	0.0083	0.0255	0.0705
15	22.5	20.6	14	10	0.0486	0.0096	0.0261	0.0843
16	15.3	11.6	14	7	0.0281	0.0083	0.0113	0.0477
17	11.8	7.0	13.5	6	0.0200	0.0058	0.0075	0.0333
18	19.9	16.8	12	9	0.0335	0.0058	0.0193	0.0585

Fuente: Información de campo

4.2.2.2 Análisis de regresión para biomasa de *Mauritiella aculeata*

Al evaluar de manera preliminar los datos de campo se estableció la existencia de una relación entre la biomasa total y la altura total de la especie, por lo que se ensayó un análisis de regresión entre estas variables utilizando el programa estadístico SYSTAT, para ello se efectuó el análisis a partir de los datos del cuadro N° 13. Se probaron 6 modelos matemáticos, encontrándose que la curva con mejor ajuste para los datos es una del tipo potencial con un R² de 0,959. La ecuación generada fue la siguiente:

$$y = 0.0011 * H^{1.3827}$$

La figura N° 3 muestra la proyección de la biomasa total por regresión.

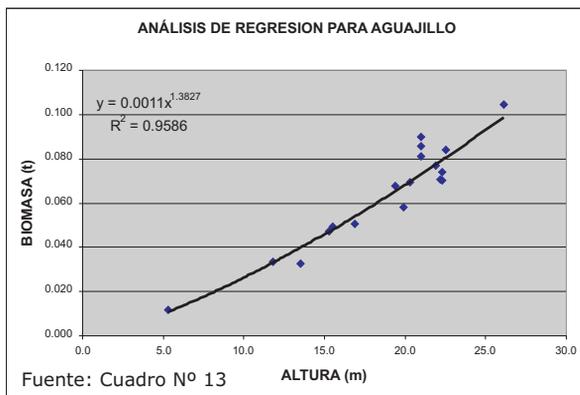


Figura N° 22: Biomasa total y altura total de palmeras de aguajillo

Al evaluar los datos del inventario en los dos ecosistemas en estudio se obtuvieron valores de biomasa que se muestran en el cuadro N° 14.

Cuadro N° 14

Biomasa de *Mauritiella aculeata* por tipo de ecosistema

Tipo de ecosistema	BIOMASA DE <i>Mauritiella aculeata</i> (t/ha)		
	Parcela 1	Parcela 2	Promedio
Aguajal denso	5.058	3.973	4.516
Aguajal mixto	9.295	6.654	7.975

Fuente: Trabajo de Gabinete a partir de Datos de Inventario y ecuación de regresión.

4.2.3 Biomasa de otras palmeras

Para el cálculo se utilizó la ecuación alométrica desarrollada para aguajillo. Los resultados se muestran por tipo de ecosistema en el cuadro N° 15.

Cuadro N° 15

Biomasa de otras palmeras por tipo de ecosistema

Tipo de ecosistema	BIOMASA DE OTRAS PALMERAS (t/ha)		
	Parcela 1	Parcela 2	Promedio
Aguajal denso	11.5449	6.8957	9.2203
Aguajal mixto	19.4445	13.6867	16.5656

Fuente: Trabajo de Gabinete a partir de Datos de Inventario y ecuación de regresión.

4.2.4 Biomasa de otras especies leñosas

En el caso de estas especies arbóreas la ecuación alométrica de Brown (1989) permitió obtener los valores de biomasa que se presentan en el cuadro N° 16.

Cuadro N° 16

Biomasa de especies leñosas por tipo de ecosistema

Tipo de ecosistema	BIOMASA DE ESPECIES LEÑOSAS (t/ha)		
	Parcela 1	Parcela 2	Promedio
Aguajal denso	19.2823	34.7739	27.0281
Aguajal mixto	36.3213	169.4667	102.8940

Fuente: Trabajo de Gabinete a partir de Datos de Inventario y ecuación de regresión.

4.2.5 Biomasa del sotobosque

La biomasa de este componente se muestra en el cuadro N° 17, habiéndose determinado los valores en peso seco a partir de la fracción en peso seco correspondiente, es decir, 0,2523 para aguajal denso y 0,4843 para aguajal mixto.

Cuadro N° 17

Biomasa de sotobosque por tipo de ecosistema

Tipo de ecosistema	SOTOBOSQUE (t/ha)
Aguajal denso	7,300
Aguajal mixto	9,840

Fuente: Trabajo de Gabinete a partir de Datos de Inventario

4.2.6 Necromasa

En el cuadro N° 18 se muestran los valores de la necromasa expresados en peso seco, habiéndose determinado una fracción de peso seco de 0,4843 para ambos ecosistemas.

Cuadro N° 18

Necromasa por tipo de ecosistema

Tipo de ecosistema	NECROMASA (t/ha)
Aguajal denso	13,560
Aguajal mixto	15,240

Fuente: Trabajo de Gabinete a partir de Datos de Inventario

4.2.7 Biomasa total del ecosistema

El resultado de integrar el valor de la biomasa de cada componente del ecosistema en estudio constituye la biomasa total y se muestra en el cuadro N° 19. De igual modo, se presenta en las figuras N° 23 y 24 la contribución porcentual de la biomasa de cada componente, a la biomasa total.

Cuadro N° 19

Biomasa total en ecosistemas de aguajal

Componente del ecosistema		BIOMASA PROMEDIO (t/ha)		
		AGUAJAL DENSO	AGUAJAL MIXTO	
4.2.1	Especies arbóreas	Aguaje	178.85	34.98
4.2.2		Aguajillo	8.13	16.32
4.2.3		Otras palmeras	1.09	0.24
4.2.4		Otras leñosas	27.03	102.89
4.2.5		Sotobosque	7.30	9.84
4.2.6		Necromasa	13.56	15.24
BIOMASA TOTAL			235,96	179,52

Fuente: Cuadros N° 12, 14, 15, 16, 17 y 18

4.3 CARBONO

Al igual que para la biomasa, el carbono presente en cada ecosistema fue determinado evaluando su valor en cada uno de los componentes que lo integran. Se evaluó el carbono de *Mauritia flexuosa* L.f. y *Mauritella aculeata*, otras palmeras, el de otras especies leñosas, el presente en el sotobosque, necromasa y suelo.

4.3.1 Carbono en *Mauritia flexuosa* L.f.

El contenido de carbono en la especie se estimó a partir de los valores de biomasa medidos en el campo y los valores de fracción de carbono correspondientes.

4.3.1.1 Fracción de carbono por componente

Muestras de cada componente del árbol (estípote, hojas y raíz) fueron analizadas para determinar la fracción de carbono, encontrándose los valores siguientes: 0,48141 para estípote, 0,49442 en hojas y 0,49098 en raíces.

La fracción de carbono promedio de los componentes del árbol fue de 0,48633.

4.3.1.2 Tabla de carbono de *Mauritia flexuosa* L.f. y aporte al ecosistema

La variación del contenido de carbono total en función de la altura total se consigna en la tabla N° 02, confeccionada a partir de la ecuación modificada de biomasa generada para *Mauritia flexuosa* L.f. Esta tabla permite estimar rápidamente en el campo el carbono fijado por esta palmera a partir de la altura

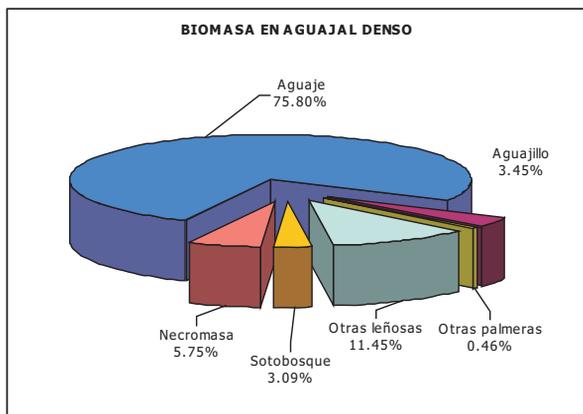


Figura N° 23: Distribución porcentual de biomasa de los componentes de aguajal denso.

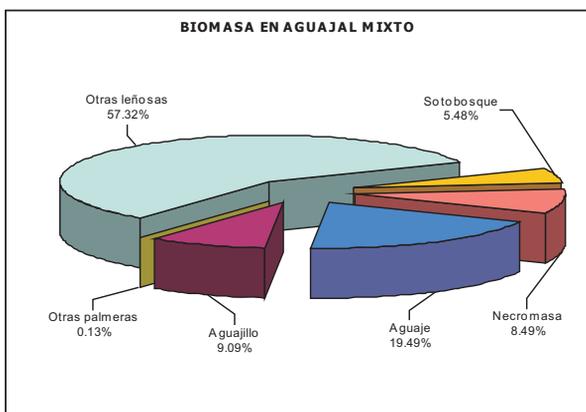


Figura N° 24: Distribución porcentual de biomasa de los componentes de aguajal mixto.

$$\text{Carbono}_{\text{Total de una palmera}} = \text{Biomasa}_{\text{Total}} \times F_c$$

Para el cálculo del carbono total de *Mauritia flexuosa* L.f. en el ecosistema se utilizó esta relación y se consigna el aporte en cada tipo de aguajal estudiado.

A partir de los datos de inventario se estimó el carbono y se consignan en el cuadro N° 20.

Tabla N° 2

TABLA DE CARBONO PARA <i>Mauritia flexuosa</i> L.f.			
Altura Total (m)	Carbono (t/árbol)	Altura Total (m)	Carbono (t/árbol)
1	0,0425	21	0,3384
2	0,0281	22	0,3732
3	0,0178	23	0,4087
4	0,0115	24	0,4445
5	0,0089	25	0,4807
6	0,0100	26	0,5169
7	0,0145	27	0,5531
8	0,0222	28	0,5890
9	0,0330	29	0,6245
10	0,0466	30	0,6594
11	0,0630	31	0,6935
12	0,0820	32	0,7267
13	0,1033	33	0,7587
14	0,1269	34	0,7894
15	0,1524	35	0,8187
16	0,1798	36	0,8463
17	0,2089	37	0,8720
18	0,2395	38	0,8958
19	0,2714	39	0,9174
20	0,3044	40	0,9366

Fuente: Trabajo de gabinete

Cuadro N° 20

Carbono de *Mauritia flexuosa* L.f. por tipo de ecosistema

Tipo de ecosistema	CARBONO DE <i>Mauritia flexuosa</i> L.f. (T/ha)		
	Parcela 1	Parcela 2	Promedio
Aguajal denso	69,158	104,900	87,029
Aguajal mixto	20,850	13,196	17,023

Fuente: Trabajo de gabinete a partir de datos de inventario

4.3.2 Carbono en *Mauritiella aculeata*

El cálculo se efectuó a partir de los datos de biomasa medidos en el campo y los valores de fracción de carbono correspondientes.

4.3.2.1 Fracción de carbono por componente

Muestras de cada componente del árbol (estípote, hojas y raíz) se analizaron para determinar la fracción de carbono, encontrándose los valores siguientes: 0,4804 para estípote, 0,5289 en hojas y 0,4853 en raíces.

La fracción de carbono promedio de los componentes del árbol fue de 0,4885.

4.3.2.2 Carbono como aporte al ecosistema

A partir de los datos de inventario se estimó el carbono y se consignan en el cuadro N° 21.

Cuadro N° 21

Carbono de *Mauritiella aculeata* por tipo de ecosistema

Tipo de ecosistema	CARBONO DE <i>Mauritiella aculeata</i> (t/ha)		
	Parcela 1	Parcela 2	Promedio
Aguajal denso	5.058	3.973	4.516
Aguajal mixto	9.295	6.654	7.975

Fuente: Trabajo de gabinete a partir de datos de inventario

4.3.3 Carbono en otras especies arbóreas del ecosistema

Tanto para las palmeras diferentes a aguaje y aguajilo como para otras especies arbóreas, se aplicó a la biomasa encontrada el factor de 0,5 para la obtención del carbono, tal como se muestra en el cuadro N° 22.

Cuadro N° 22

Carbono de otras especies arbóreas por tipo de ecosistema

COMPONENTE DEL ECOSISTEMA	Tipo	CARBONO DE Otras especies (t/ha)		
		Parcela 1	Parcela 2	Promedio
OTRAS PALMERAS	Aguajal denso	0.595	0.544	0.569
	Aguajal mixto	0.208	0.032	0.120
ESPECIES LEÑOSAS	Aguajal denso	9.641	17.387	13.514
	Aguajal mixto	18.161	84.733	51.447

Fuente: Trabajo de Gabinete

4.3.4 Carbono en sotobosque y necromasa

Se tomó el mismo criterio que para las otras especies del ecosistema, osea, al valor de la biomasa de estos componentes se multiplicó por su correspondiente fracción de carbono, es decir, 0,4355 y 0,4629 para sotobosque de aguajal denso y mixto, respectivamente; y 0,4860 y 0,4844 para necromasa de los ecosistemas en estudio. Los valores de carbono se aprecian en el cuadro N° 23.

Cuadro N° 23

Carbono en sotobosque y necromasa por tipo de ecosistema

COMPONENTE DEL ECOSISTEMA	Tipo	CONTENIDO DE CARBONO (t/ha)
		Parcela 1
OTRAS PALMERAS	Aguajal denso	3,179
	Aguajal mixto	4,555
ESPECIES LEÑOSAS	Aguajal denso	6,590
	Aguajal mixto	7,382

Fuente: Trabajo de Gabinete

4.3.5 Carbono orgánico del suelo

En los cuadros N° 24 y 25 se muestra el contenido de carbono por hectárea en los suelos de los ecosistemas de aguajal denso y mixto, destacándose el alto contenido de

carbono orgánico, característico en humedales como los aguajales materia de estudio.

Cuadro N° 24

Contenido de carbono en suelos de aguajal denso

PROFUNDIDAD (cm)	MUESTRAS (g)	Frac. Carb. (%)	Dens/Apar (g/cm ³)	tC/ha
0 - 25	30,900	0,274	0,130	89,227
25 - 50	31,900	0,281	0,134	94,261
50 - 75	30,200	0,270	0,127	85,912
75 - 100	31,900	0,297	0,134	99,726
TOTAL				369,127

Fuente: Información de campo y laboratorio

Cuadro N° 25

Contenido de carbono en suelos de aguajal mixto

PROFUNDIDAD (cm)	MUESTRAS (g)	Frac. Carb. (%)	Dens/Apar (g/cm ³)	tC/ha
0 - 25	29,500	0,282	0,124	87,531
25 - 50	25,300	0,285	0,106	75,843
50 - 75	28,900	0,298	0,122	90,701
75 - 100	27,800	0,281	0,117	82,146
TOTAL				336,220

Fuente: Información de campo y laboratorio

4.3.6 Carbono total en el ecosistema aguajal

Al igual que para la biomasa, la suma de los valores de carbono de los diferentes componentes de cada ecosistema de aguajal representa el carbono total, tal como se muestra en el cuadro N° 26.

En las figuras N° 25 y 26 se puede observar la distribución del carbono por componente de cada ecosistema de aguajal.

Cuadro N° 26

Carbono total de los ecosistemas de aguajal

Componente del ecosistema		CARBONO PROMEDIO (t/ha)		
		AGUAJAL DENSO	AGUAJAL MIXTO	
4.3.1	Especies arbóreas	Aguaje	87.03	17.02
4.3.2		Aguajillo	4.52	7.97
4.3.3		Otras palmeras	0.57	0.12
		Otras leñosas	13.51	51.45
4.3.4	Sotobosque	3.18	4.55	
	Necromasa	6.59	7.38	
Carbono en la vegetación del ecosistema		115.40	88.50	
4.3.5	Suelo	369.13	336.22	
Carbono total		484.52	424.72	

Fuente: Cuadros N° 20, 21, 22, 23, 24 y 25

Se observa que el suelo contiene la mayor cantidad de carbono (76,18% en aguajal denso y 79,16 % en aguajal mixto). En el ecosistema de aguajal denso *Mauritia flexuosa* L.f. almacena 17,96%, mientras que en el aguajal mixto destacan otras leñosas con 12,11%.

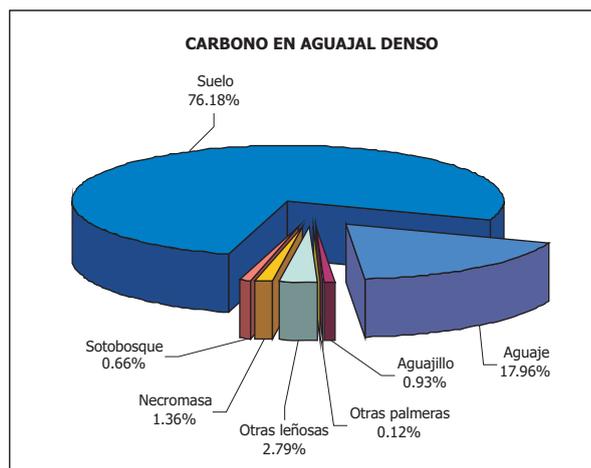


Figura N° 25: Distribución porcentual del carbono de los componentes de aguajal denso.

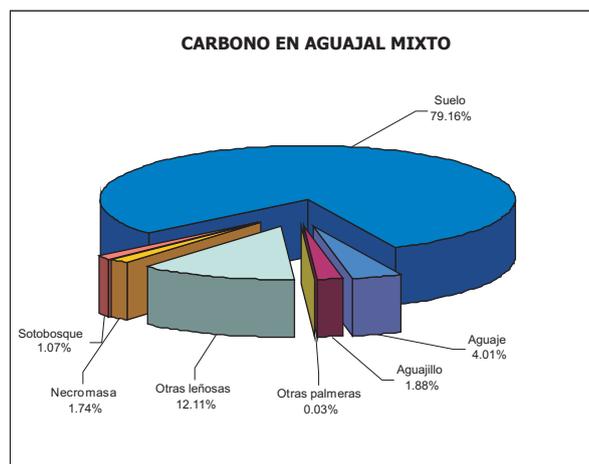


Figura N° 26: Distribución porcentual del carbono de los componentes de aguajal denso.

4.3.7 Balance de absorción y emisión de CO₂ en la Reserva Nacional Pacaya Samiria

Un balance de entradas y salidas de carbono en los ecosistemas de aguajal de la RNPS se efectuó y sus resultados se muestran en el cuadro N° 27.

Cuadro N° 27

Análisis de Entradas y Salidas de Carbono en Ecosistemas de Aguajal de la Reserva Nacional Pacaya Samiria

Parametro de referencia	Unidad	ECOSISTEMA	
		Aguajal denso	Aguajal mixto
Biomasa	t/ha	235.96	179.52
Carbono total	t/ha	484.52	424.72
Carbono en suelo	t/ha	369.13	336.22
Carbono en vegetación	t/ha	115.40	88.50
RNPS Área ⁽¹⁾	ha	598,970.00	372,145.00
Biomasa	t	141,333,810.49	66,806,129.81
Carbono total	t	290,215,468.72	158,058,315.69
Carbono en suelo	t	221,095,985.40	125,122,766.71
Carbono en vegetación	t	69,119,483.31	32,935,548.98
ENTRADAS			
Fijación de C (0.1-0.35) ⁽²⁾	t/ha/año	0.35	0.35
Fijación de C	t/año	209,639.50	130,250.75
SALIDAS			
C emitido X extracción ⁽³⁾	t/ha/año	0.000976	0.000732
CH ₄ emitido como C (0.05-0.21) ⁽²⁾	t/ha/año	0.13	0.13
C emitido X extracción ⁽³⁾	t/año	584.64	272.43
CH ₄ emitido como C (0.05-0.21) ⁽²⁾	t/año	77,866.10	48,378.85
Emisión de C	t/año	78,450.74	48,651.28
Balance anual estimado en C	t/año	131,188.76	81,599.47
Balance anual estimado en Co ₂	t/año	481,025.44	299,198.05
⁽¹⁾ Mejía (2000)			
⁽²⁾ Bergkamp (1999), se asumió 0,35 para fijación y 0,13 para emisión de CH ₄			
⁽³⁾ Freitas, L. Comunicación personal			

El carbono acumulado en la vegetación de los aguajales densos y mixtos de la RNPS asciende a 69 119 483,31 t en aguajales densos y 32 935 548,98 t en aguajales mixtos. La fijación se estaría estimando en aproximadamente 209 639,50 tC/año y 130 250,75 tC/año, equivalentes a 780 223,49 tCO₂/año.

Si se toman en cuenta las emisiones estimadas de metano y las producidas por la actividad extractiva de palmeras en términos de carbono equivalente (78 450,74 tC/año y 48 651,28 tC/año para ambos aguajales), se estaría fijando 212 788,49 tC/año equivalentes a 780 223,49 tCO₂/año.

Sección 5

DISCUSIÓN

En el desarrollo del componente Biomasa y Carbono del estudio se identificaron en promedio 280 árboles/ha de *Mauritia flexuosa* L.f. En el ecosistema de aguajal denso, valor similar a los reportados por Malleux (1973) y Urrego (1987), quienes encontraron 276 y 275 árboles/ha en Tamshiyacu (Amazonía peruana) y Araracuara (Amazonía colombiana), respectivamente.

Por otro lado, el reporte de inventario para aguajal denso de este estudio es superior a lo registrado por Mejía (2000) en 235 árboles/ha en promedio, en la zona de Jenaro Herrera, al interior de la Reserva Nacional Pacaya Samiria; y también es superior a los 120 individuos/ha encontrados en la cuenca del río Nanay por el IIAP (2001), así como a los 204 y 224 árboles/ha inventariados por Freitas (2002) en Parinari, zona próxima al área del presente estudio.

Los 72 individuos/ha para aguajal mixto evaluados en este estudio, son semejantes a los 72 reportados por Freitas (1995) en otro aguajal de Parinari, y ligeramente inferiores a los referidos por Malleux (1973) en 84 y 82 árboles/ha.

Con respecto a la biomasa evaluada, se ha determinado que la cantidad correspondiente al ecosistema de aguajal denso asciende a 235,96 t/ha, valor que es menor al registrado en un estudio del IIAP (2002) en 452,38 t/ha en la cuenca del río Nanay. Este último valor fue calculado aplicando una ecuación alométrica de Brown (1997) en la que se considera a todas las especies como latifoliadas, debiendo indicarse

que los ajustes a las ecuaciones de regresión al determinar la biomasa deben particularizarse de acuerdo a las especies presentes y su relación de dependencia con sus variables dasométricas. De ahí la importancia de este Estudio que debe permitir evaluar palmeras en ecosistemas de aguajal con una ecuación alométrica particularizada.

Para corroborar lo indicado, resulta conveniente afirmar que al estimar la biomasa de *Mauritia flexuosa* L.f de este estudio mediante la ecuación de Lugo y Frangi (1981), se obtuvieron valores de biomasa 4 veces menores que los obtenidos en este componente al aplicar la ecuación de regresión desarrollada para aguaje.

Con relación al contenido de carbono, si se parte de lo indicado por el IPCC (1996) que considera que el 50% de la biomasa evaluada corresponde al carbono presente, entonces los bosques de la Amazonía tendrían un valor aproximado de 160 tC/ha (Barbarán, 1998).

En esta investigación se reporta para aguajal denso 484,52 tC/ha, valor superior a lo reportado en otros ecosistemas; 410 tC/ha (Márquez, 2000), 300 tC/ha (Barbarán, 1998) y 226,19 tC/ha (IIAP, 2002), explicándose esta diferencia por las elevadas concentraciones de materia orgánica de los suelos de aguajales debido a su acidez y condición anaeróbica, situación característica de estos humedales.

En el ecosistema de aguajal mixto se reportan 424,72 tC/ha, valor menor a lo encontrado por Guzmán (2003), quien reportó 543,77 y 622,12

tC/ha en promedio para aguajales con manejo o sin él, respectivamente. Esta diferencia se explicaría por la metodología asumida, puesto que en el presente estudio se aumentó la muestra para la evaluación de las medidas dasométricas y las de la raíz.

Cabe indicar además que en el seguimiento que se podría hacer de las metodologías aplicadas debe plantearse las adecuaciones pertinentes en cada lugar de evaluación, pues en el caso de los aguajales resulta dificultosa la evaluación de raíces, por ejemplo, y que deben permitir obtener valores más precisos, tanto de biomasa como de carbono.

Un análisis final del suelo permite establecer que en este componente de los ecosistemas existe

una alta concentración de carbono, que al comparar con los otros componentes del bosque alcanza valores de 75,13% en el aguajal denso, y 76,81% en el aguajal mixto, corroborándose la importancia de los aguajales al proporcionar el servicio ambiental de secuestro de carbono.

De acuerdo a un balance efectuado de entradas y salidas, los aguajales de la Reserva Nacional Pacaya Samiria se estarían comportando como un sumidero de CO₂ con una acumulación por absorción neta de 780 223,29 tC/año, equivalentes a 0,90 tC/ha/año.

Sección 6

CONCLUSIONES

Existen propuestas y criterios para el aprovechamiento sostenible de los bosques en el país; sin embargo, sobre los aguajales, que son ecosistemas frágiles, deben tenerse particulares disposiciones respecto a su aprovechamiento sostenible, considerando que proveen de muchos beneficios a los pobladores de la Amazonía peruana. Un reto es conseguir la adaptación de los criterios generales de sustentabilidad a las condiciones particulares de los bosques amazónicos. No es posible aplicar las mismas disposiciones para un bosque de coníferas que para un aguajal.

Los valores de carbono acumulado en estos ecosistemas de la Reserva Nacional Pacaya Samiria corroboran lo anteriormente descrito. Estos bosques tropicales cumplen también funciones vitales a escala global, en términos de la regulación climática, proceso de reciclaje de agua y nutrientes, los cuales dependen de grandes bloques de cobertura boscosa intacta.

La Reserva Nacional Pacaya Samiria, con sus 598 970 ha de aguajales densos y 372 145 ha de aguajales mixtos, tiene acumuladas 448 273 384,40 toneladas de carbono total; de esta cantidad, 102 055 032,29 toneladas (23%) corresponden al acumulado en la biomasa y 346 218 752,11 toneladas (77%) al que contiene el suelo.

Los suelos de los aguajales son un almacén neto de carbono y, a la vez, fuente potencial de emisiones de CO₂ a la atmósfera, ya que al desaparecer la superficie boscosa por cambio de

uso de la tierra y/o deforestación, los residuos orgánicos acumulados en el suelo y en la superficie de la tierra quedan desprotegidos y expuestos a un proceso químico de oxidación con liberación de CO₂.

Lo anterior se confirma al comparar la captura anual de carbono por estos bosques, estimada en 339 890,25 tC/año, con las emisiones equivalentes de metano y actividades extractivas ascendentes a 127 102,02 tC/año. Los aguajales de la RNPS se estarían comportando como sumideros de CO₂ con una absorción neta de 212 788,23 tC/año, equivalentes a 780 223,29 tCO₂/año que se pueden ofertar a mercados alternativos.

En áreas como las de la Amazonía, un manejo sustentable de los ecosistemas de aguajal no solo permitirá conservar y mejorar los sumideros y almacenes de carbono, sino que además tendría efectos benéficos en lo referente a la conservación de la biodiversidad, creación de fuentes de empleo e ingreso y reactivación productiva.

Los aguajales de la Reserva Nacional Pacaya Samiria contienen biomasa aérea igual o ligeramente mayor (235,9 t/ha) que los ecosistemas de bosques primarios (210,0 t/ha), lo que demuestra su parecido en términos de productividad primaria, es decir, a pesar de las limitaciones al desarrollo de una alta diversidad florística, la capacidad productiva del ecosistema no se ve disminuida.

Sección 7

RECOMENDACIONES

En términos generales se recomienda emprender acciones que reviertan la tendencia de la desaparición y la degradación de los ecosistemas de aguajal, como propiciar el uso sostenible de los recursos de los humedales en beneficio principalmente de las poblaciones locales y/o aledañas, e implementar mecanismos de participación en el manejo de recursos de los aguajales.

Se debe trabajar en la identificación y recuperación de tecnología tradicional de uso de los recursos en los aguajales, así como en nuevas alternativas tecnológicas y otras posibles de beneficio económico y social. De igual modo en el establecimiento de programas de capacitación relacionados principalmente con la gestión de los humedales.

Es necesario propiciar mayores investigaciones a fin de obtener más información de las variables dasométricas que caracterizan a

las especies por evaluar: altura DAP y en el caso de palmeras el peso de la raíz, y contrastarlas con la de otros estudios realizados en ecosistemas inundables. Deberá considerarse la evaluación de otras palmeras presentes en los aguajales, como pona y huasaí, que actualmente son sometidas a fuerte presión de cosecha por los pobladores locales.

Teniendo en cuenta la potencialidad de los ecosistemas de aguajal de la Reserva Nacional Pacaya Samiria, resulta imperativo emprender acciones que conlleven un manejo sostenible de estas áreas frágiles, en un escenario más amplio, interdisciplinario y de compromisos interinstitucionales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acreman, M.C. y Hollis, G.E. (compiladores), 1996. Water management and wetlands in sub-Saharan Africa. UICN, Gland (Suiza), 249 pp.
- Bartelink, H. H. 1996. Allometric relationships on biomass and needle area of Douglas-fir. *For. Ecol. Manag.* 86: 193-203.
- Barbarán, G. 1998. Determinación de biomasa y carbono en los principales sistemas de uso del suelo en la zona de Campo Verde. Tesis profesional. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Ucayali. Pucallpa, Ucayali, Perú. 54 pp.
- Barbier, E.B. 1989. *Economic Evaluation of Tropical Wetland Resources: Applications in Central America*. Preparado para la IUCN y el CATIE. London Environmental Economics Centre, Londres.
- Bergkamp, G. 1999. Los humedales y el cambio climático: Examen de colaboración entre la Convención sobre los Humedales (Ramsar, Irán 1971) y la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. www://ramsar.org/
- Brown, S.; Guillespi, A.; Lugo, A. 1989. Biomasa estimation methods for Tropical Forest with applications to Forest Inventories Data. *Forest Science*. Vol 35. 881-902 pp.
- Brown S., 1992. Biomasa en bosques de Lengua en la provincia de Última Esperanza, XII Región. Memoria de Título. Santiago, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Forestales. 63 p.
- Brown, S.; Hall, C.; Knabe, W.; Raich, J.; Trexler, M.; Woomey, P. 1993. Tropical forests: their past, present and future potential role in the terrestrial carbon budget. *Water, Air and Soil Pollution* 70:71-94.
- Brown, S.; Dixon, R.; Houghton, R.; Solomon, A.; Trexler, M. & Wisniewski, J. (1994): "Carbon pools and flux of global forest ecosystems", *Science* 263:185-190.
- Brown, S. 1997. Estimating biomass and biomass change of tropical forests. A primer. A Forest Resources Assessment publication. FAO Forestry. Paper N° 134.
- Brown, S.; Calmon, M.; Delaney, M. (1999): "Carbon Inventory and Monitoring Plan for the Guaraqueçaba Climate Action Project, Brazil". Prepared by Winrock International for The Nature Conservancy.
- Busch, C.; Sánchez-Azofeifa, A. & Sathaye, J. (2000): "Estimating the greenhouse gas Benefits of forestry projects: a Costa Rican case study", Report LBNL 42289. Ernest Orlando Lawrence Berkeley National Laboratory.
- Cannell, M. G. R. and J. E. Jackson (eds). *Inst. Terrestrial Ecology*, Huntingdon. pp: 137-159.
- Cairns, M.; Meganck, R. 1994. Carbon sequestration, biological diversity and sustainable development: Integrated Forest Management. *Environmental management*. 18(1): 13-22.
- Castellanos, B. J., A. Velásquez M., J. Vargas H., C. Rodríguez F. y A. Fierros G. 1996. Producción de biomasa en un rodal de *Pinus patula*. *Agrociencia* 30: 123-128.
- Causton, D. R. 1985. Biometrical, structural and physiological relationships among tree parts. In: *Attributes of trees as crop plants*.
- Centro de Datos para la Conservación. UNALM. 1993. Evaluación ecológica de la Reserva Nacional Pacaya Samiria. Fase I. Informe presentado a la Fundación Peruana para la Conservación de la Naturaleza.
- Chapman, J. W. and S. T. Gower. 1991. Aboveground production and canopy dynamics in sugar maple and red oak trees in southwestern Wisconsin. *Can. J. For. Res.* 21: 1533-1543.
- Convención de Ramsar. 1997. Convención sobre los humedales- Ramsar, Irán, 1971, sitio web: <http://www.ramsar.org>.
- COREPASA, 1986. Plan maestro de la Reserva Nacional Pacaya Samiria. Edición imprenta DESA (239).
- Deans, J. D., J. Mora., and J. Grace. 1996. Biomass relationships for tree species in regenerating semi-deciduous tropical moist forest in Cameroon. *For. Ecol. Manag.* 88: 215-225.
- De Jong, B. H. J., G. Montoya-Gómez, K. Nelson, L. Soto-Pinto, and R. Tipper. 1995. Community forest management and carbon sequestration: A feasibility study from Chiapas, México. *Interciencia* 20(6): 409-416.
- Dixon, R.K. y Krankina, O.N. 1995. Can the terrestrial biosphere be managed to conserve and sequester carbon? En: *Carbon sequestration in the biosphere: Processes and products*. NATO ASI Series. Series 1. Global Environmental Change, 33, 153-179.

- Freitas, L. 1996. Caracterización florística y estructural de cuatro comunidades boscosas de la llanura aluvial inundable en la zona de Jenaro Herrera. IIAP. Documento técnico N° 21.
- Freitas, L. 2002. Impacto del aprovechamiento convencional sobre la densidad y regeneración de aguajes. Informe Sobre Inventario de aguajales en la zona La Punga Documento de trabajo.
- Galeano, G. 1991. Las palmas de la región de Araracuara. En: Estudios en la Amazonía Colombiana. V 1 Tropenbos. Colombia.
- Gallardo, J. 2001. Root carbon and nutrient stocks in central amazonian abandoned pastures and agroforestry systems. INPA. Brasil.
- Geron, C. D., and G. A. Ruark. 1988. Comparison of constant and variable allometric ratios for predicting foliar biomass of various tree genera. Can. J. For. Res. 18(10): 1298-1304.
- Grier, C. C., and R. H. Waring. 1974. Conifer foliage mass related to sapwood area. For. Sci. 20:205-206.
- Guzmán, W. 2004. Valoración económica de beneficios ambientales en el manejo sostenible de humedales: Estudio del caso del Manejo Sostenible de Sistemas de "Aguajal" en la Comunidad de Parinari, Reserva Nacional Pacaya Samiria (RNPS). En: Valoración Económica de los Bienes y Servicios Ambientales: Resultados del Segundo Programa de Becas 2002-2003. Roger Loyola Gonzáles y Eduardo García Zamora (Editores). INRENA-USAID. Lima, Perú. 269-302 pp.
- Hairiah, K.; Sitompul, Van Noodwick, M.; Palm, Ch. 2001. Methods for sampling carbon stocks above and below ground. International Centre for Research in Agroforestry. Southeast Asian Regional Research Programme. Bogor, Indonesia, en línea: <http://www.icraf.cgiar.org/sea>.
- Hiraoka, M. 1999. Miriti (*Mauritia flexuosa*) Palms and their uses and management among the ribeirinhos of the amazon estuary. 169-193, In: Várcea diversity, development and conservation of amazonas withwater floodplains. Padoch, C Ayres, J.; Pinedo-Vásquez, M; e Henderson, A. (Ed). The New Cork Botanical Garden. 407 pp.
- Huxley, J. S. 1932. Problems of Relative Growth. The Dial Press, New York. 276 pp.
- IIAP, 1994. Evaluación de la capacidad de la tierra y de los recursos naturales de la Reserva Nacional Pacaya Samiria. Informe presentado a la Fundación Peruana para la Conservación de la Naturaleza.
- IIAP. 2001. Zonificación Ecológico-Económica del Área de Influencia de la carretera Iquitos-Nauta. Iquitos, Perú.
- IIAP. 2002. Estudio de Línea Base de secuestro de carbono en la cuenca del río Nanay. Iquitos Perú.
- IIAP-BIODAMAZ, 2002. Diversidad de vegetación de la Amazonía peruana. Documento técnico.
- Immirzy, C.P. y Maltby, E. 1992. The global status of peatlands and their role in carbon cycling. Citado en: Patterson, J. 1999. Wetlands and climate change. Feasibility investigation of giving credit for conserving wetlands as carbon sinks. Wetlands International Special Publication 1, pág. 35.
- IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change 1996. Climate Change 1995 - Impacts, Adaptations and mitigation of climate change: scientific technical analysis. Contribution of Working Group II to the Second Assessment Report of the IPCC. Cambridge University Press, Cambridge.
- Kahn, F.; Mejía, K. 1990. Palm communities in wetland forest ecosystem of Peruvian Amazonia. Forest Ecology and Management 33-34: 169-179.
- Landsberg, J. J., and S. T. Gower. 1997. Applications of Physiological Ecology to Forest Management. Academic Press. San Diego, U.S.A. 354 p.
- López, A.. 1998. Aporte de los Sistemas Silvopastoriles al secuestro de carbono en el suelo. Tesis de Maestría. Escuela de Postgrado. Programa de Enseñanza para el Desarrollo y la Conservación, CATIE. Turrialba, Costa Rica. pp: 3-15.
- López, P.; Freitas, D. 1990. Geographical aspects of forestad wetlands in the lower Ucayali. Peruvian Amazonia. For. Ecol. Manage, 33-34: 157-168.
- Lugo, A.; Frangi, J. 1998. Prestoea Montana (R. Graham) Nichols. Sierra Palm. SO-ITF-SM-82. New Orleans, LA: US. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station. 9 pp.
- MacDicken, K. 1997. A Guide to Monitoring Carbon Storage in Forestry and Agroforestry Projects. Winrock International Institute for Agricultural Development, Arlington.
- Madgwick, H. 1973. Biomasa and productivity models of forests canopies. En Analysis of temperate forests ecosystems. Springer Verlag, Berlin. RFA.
- Malleux, J. 1975. Mapa Forestal del Perú. Memoria explicativa. Universidad Nacional Agraria La Molina. Departamento de Manejo Forestal. Lima, Perú. 161 pp.

- Malleux, J., Ojeda, O., Lombarda, I.; Neyra, R.; Gonzales, R.; Lao, M.; Salazar, C. 1973. Informe del avance de estudio de factibilidad de aprovechamiento de huasaí en la zona de Tamshiyacu, río Amazonas (Iquitos). Universidad Nacional Agraria. Lima. 61 pp.
- Marengo, J. 1985. Estudio agroclimático en la zona de Jenaro Herrera (Requena/Loreto) y climático en la selva norte del Perú. Tesis ingeniero meteorólogo. UNALM.
- Márquez, L. (ed.). 2000. Elementos técnicos para inventarios de carbono en uso del suelo. Fundación Solar. Guatemala.
- Martínez, P. 2001. Tablas de volumen y almacenamiento de carbono de *Calycophyllum spruceanum* (Bentham) Hooker f. ex Schumann Capirona en bosques aluviales, Jenaro Herrera, Loreto. Tesis para optar el título de ingeniero forestal. UNAP.
- Mejía, K. 2000. Palmerales de la reserva Nacional Pacaya Samiria. Informe final. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana, 38 pp.
- ONERN 1976. Inventario, evaluación e integración de los recursos naturales de la Selva: zona Iquitos-Nauta, Requena y Colonia Angamos. Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales, Lima. 269 p.
- Patterson, J. 1999. Wetlands characteristics and boundaries. National Academy Press, Washington, 307 pp.
- Salazar, C. 1967. El aguaje (*Mauritia vinifera*) recurso forestal potencial. Revista Forestal del Perú, V1: N° 2: 65-68.
- Schlegel, B.; Gayoso, J.; Guerra, J. 2001. Manual de procedimientos para inventarios de carbono en ecosistemas forestales. Universidad Austral de Chile. Proyecto FONDEP D98I1076. Valdivia, Chile.
- Scott, D. 1989. Design of wetland data sheet for database on Ramsar sites. Informe mimeografiado para la Oficina de la Convención de Ramsar, Gland, Suiza. 41 p.
- Segura M., M.A. 1997. Almacenamiento y fijación de carbono en *Quercus costaricensis*, en un bosque de altura en la cordillera de Talamanca, Costa Rica. Tesis licenciatura. Escuela Ciencias Ambientales. Facultad de Ciencias de la Tierra y el Mar. Universidad Nacional. Costa Rica, Heredia. 147 pp.
- Storti, E. 1993. Biología floral de *Mauritia flexuosa* Lin. Fil. na regio de Manaus, Am, Brasil, *Acta amazónica* 23(4):371-381.
- Teller A., 1988. Biomass, productivity and wood waste evaluation in a spruce forest (Strainchamps, 1983). Commonwealth Forest Review 67(2):129-147.
- Urrego, L. 1987. Estudio preliminar de la fenología de la canaguca (*Mauritia flexuosa* L.f.). Colombia Amazónica. V2:2 (57-81).

AGRADECIMIENTOS

Al Ministerio de Agricultura a través del Proyecto de Investigación y Extensión Agrícola para la Innovación y Competitividad para el Agro Peruano (INCAGRO), por el apoyo financiero para la ejecución de los trabajos de campo y publicación del presente documento.

A la Unión Europea, a través del proyecto Fortalecimiento de Capacidades para el Manejo Forestal Sostenible y Rentable en Loreto - FOCAL BOSQUES, por su apoyo técnico y financiero que ha permitido la elaboración del presente documento.

A los pobladores de la Comunidad Nativa de Parinari, Reserva Nacional Pacaya Samiria, con quienes compartimos las experiencias sobre manejo de sus aguajales y por haber participado en la ejecución de los trabajos de campo.

GLOSARIO DE TÉRMINOS

Biomasa: peso (o estimación equivalente) de la materia orgánica, por encima y por debajo del suelo (Aird P., 1994).

Bosque: ecosistema compuesto predominantemente por árboles y otra vegetación leñosa que crecen juntos de manera más o menos densa (Society Of American Foresters 1971, 1983 en Aird P., 1994).

Bosques naturales: Áreas forestales en las que están presentes las características principales y los elementos clave de los ecosistemas naturales, tales como la complejidad, estructura y diversidad. (FSC, 1996)

Bosques primarios: Un ecosistema caracterizado por la abundancia de árboles maduros, relativamente no afectados por actividades humanas. Los impactos humanos en estas áreas forestales han sido normalmente limitados a niveles bajos de caza artesanal, pesca y cosecha de productos forestales y, en algunos casos, a niveles bajos de densidad, de agricultura migratoria con períodos de descanso prolongados. Tales ecosistemas son llamados "maduros," "viejos," o bosques "vírgenes." (FSC, 1996).

Bosques secundarios: Los ecosistemas que se regeneran luego de disturbios sustanciales (inundaciones, fuegos, cambios en el uso del suelo o extracciones de madera extensivas e intensivas), caracterizados por la escasez de árboles maduros y por la abundancia de especies pioneras, al igual que por rebrotes en el subpiso densos y plantas herbáceas. Aunque los bosques secundarios generalmente llegan a su punto máximo de acumulación de biomasa dentro de un ciclo de aprovechamiento, la transición hacia un bosque primario usualmente requiere varias rotaciones de distintas duraciones, dependiendo de la severidad del disturbio original. La transformación irreversible de los suelos subyacentes y del ciclo de nutrientes ocasionados por el uso crónico o intenso pueden hacer imposible el retorno del bosque primario original. (FSC, 1996).

Carbono potencial: Se refiere al carbono máximo o carbono real que pudiera contener un determinado tipo de vegetación, asumiendo una cobertura total y original. (Alpízar W., 1996). (**Por extensión se denomina carbono primario**).

Carbono real: Se refiere al carbono almacenado considerando las condiciones actuales de cobertura en cuanto al área y el estado sucesional: bosque primario, bosque secundario, potrero (Alpízar W., 1996).

Carbono fijado: Se refiere al flujo de carbono de la atmósfera a la tierra producto de la recuperación de zonas (regeneración) previamente deforestadas, desde pastizales, bosques secundarios hasta llegar a bosque clímax. El cálculo, por lo tanto, está definido por el crecimiento de la biomasa convertida a carbono. (Alpízar W., 1996) (**Por extensión se denomina carbono incremental**).

Carbono no emitido: Se refiere al carbono salvado de emitirse a la atmósfera por un cambio de cobertura. Se fundamenta en un supuesto riesgo que se tiene de

eliminación de los bosques y, por ende, de emisión de carbono. El valor estimado considerando el carbono real y una tasa de deforestación. (Alpizar W., 1996).

Cubierta forestal: Conjunto de árboles y otras plantas que ocupan el suelo de un bosque, incluida la vegetación herbácea (Society Of American Foresters 1971, 1983).

Cuenca hidrográfica: Área drenada por un río o una red hidrográfica subterránea o de superficie (Aird P., 1994).

Deforestación: Acción de eliminar el bosque de forma permanente para un uso no forestal. Si la cosecha (incluso con extracción del tocón) va seguida de una reforestación para fines forestales no se considera deforestación (Society Of American Foresters 1971, 1983 en Aird P., 1994).

Forestería análoga: Es una manera de diseñar la tierra que pretende establecer un ecosistema dominado por árboles, análogo en estructura arquitectónica y función ecológica a la comunidad clímax o subclímax original que en algún tiempo existía en el área de tratamiento. Los bosques análogos copian la forma y función del bosque original, pero adicionalmente pueden comprender especies exóticas; usualmente requieren altos niveles de manejo humano: la intervención humana es una característica clave de tal sistema.

Integridad del bosque: La composición, la dinámica, las funciones y los atributos estructurales de un bosque natural. (FSC, 1996).

Manejo forestal: De manera general, aplicación de los principios científicos, económicos y sociales a la administración y a la explotación de un bosque para fines determinados; de forma más particular, rama del sector forestal que se ocupa de las cuestiones administrativas, económicas, jurídicas y sociales globales, así como por las actividades esencialmente científicas y técnicas, especialmente la silvicultura, la protección y la reglamentación del bosque (Society Of American Foresters 1971, 1983 en Aird P., 1994).

Plantación: Áreas forestales que carecen de las características principales y los elementos clave de los ecosistemas naturales, como resultado de la plantación o de los tratamientos silviculturales. (FSC, 1996).

Productos forestales nomaderables: Todos los productos forestales, excepto la madera. Estos incluyen aquellos materiales obtenidos de los árboles, tales como la resina y las hojas, así como cualquier otro producto de las plantas y animales. (FSC, 1996).

Reforestación: Acción de repoblar con árboles una tierra forestal (Society Of American Foresters 1971, 1983 en Aird P., 1994).

Zona o área protegida: Zona protegida por legislación, regulación o principios que tienden a limitar la presencia o la actividad del hombre (World Conservation Unión, 1991 en Aird P., 1994).

