

# Potencial de biomasa y carbono del bosque de la llanura aluvial del río Nanay, Perú

## Biomass and carbon potential of an alluvial plain forest in the Nanay River in Peru

Rodil Tello Espinoza<sup>1</sup> y Jorge Flores Franco<sup>2</sup>

Recibido: junio 2010

Aceptado: noviembre 2010

### RESUMEN

El estudio fue realizado en el bosque de la llanura aluvial del río Nanay, Perú, con el objetivo de determinar el potencial de biomasa y carbono usando datos de árboles con DAP  $\geq 10$  cm colectados con el inventario forestal sistemático a 5,7% de intensidad de muestreo. La densidad básica de las especies fue recopilada del Laboratorio de Tecnología de Maderas de la UNAP y de diversos artículos científicos. En este bosque se encontraron 313,23 t/ha de biomasa y 156,62 t/ha de carbono; en las especies para aserrío se registraron 64,63 t/ha de biomasa y 32,31 t/ha de carbono; para leña y carbón 187,47 t/ha de biomasa y 94 t/ha de carbono. Las especies esciófitas junto a las de sotobosque aportaron 157,57 t/ha de biomasa; las heliófitas durables 146,02 y las heliófitas efímeras 8,29. Este bosque es rico en biomasa y carbono que indica el gran potencial que tiene para el manejo sostenible.

**Palabras claves:** biomasa, carbono, llanura aluvial.

### ABSTRACT

The study was done in an alluvial plain forest in the Nanay River in Peru with the objective of determining the potential biomass and carbon using data of trees with DCH  $\geq 10$  cm that were collected in the systematic forest inventory at 5,7% of sample intensity. The species basic density was obtained at the UNAP<sup>1</sup> Wood Technology Laboratory and also from diverse scientifically articles. As a result 313,23 tons per hectare of biomass and 156,62 tons per hectare of carbon were found in the forest and for fire wood 187,47 tons per hectare of biomass and 94 tons per hectare of carbon. The sciophytes together with species from the over-soil forest amounted 157,57 tons per hectare of biomass, while lasting heliophytes 146,02 and ephemeral heliophytes 8,29. This forest is rich in biomass and carbon which means the great potential that this forest has for forest management.

**Key words:** biomass, carbon, alluvial plain.

### INTRODUCCIÓN

En el área de la Amazonía del Perú, las llanuras aluviales inundadas representan más del 12%, con más de 60 000 km<sup>2</sup> (Kvist y Nebel, 2000). Están cubiertas de un bosque exuberante, con suelos muy pobres como los del río Nanay; el agua de este río es de color negro y muy pobre en limo, por lo que

el suministro adicional de nutrientes es casi nulo. La dinámica de los nutrientes minerales es una de las funciones fundamentales del metabolismo vegetal, y determina en gran medida, la productividad y las respuestas de las plantas a los cambios en los factores ambientales. Todos estos aspectos se ven condicionados hoy en día por el cambio global, derivado del

<sup>1</sup> Departamento Académico de Manejo Forestal y Medio Ambiente. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Nacional de la Amazonía Peruana (UNAP). Pevs 584, Iquitos, Perú. Correo electrónico: rteunap@hotmail.com

<sup>2</sup> Departamento Académico de Química. Universidad Nacional de Trujillo (UNT). Trujillo, Perú.

incremento de las concentraciones del dióxido de carbono atmosférico y, que a su vez, determinan las respuestas de las plantas al cambio global (Escudero y Mediavilla, 2003). Según estos autores, la escasez de nutrientes minerales limita la producción vegetal en la mayoría de los ambientes, por eso, en condiciones naturales, la cantidad de nutrientes disponible siempre es limitada y las adiciones externas son escasas, por lo que las plantas necesitan reciclar, reducir las pérdidas y maximizar la eficiencia en el uso de los nutrientes para conseguir una máxima producción de biomasa.

Asimismo, casi todas las reservas de nutrientes exigidas por el bosque, están contenidas en la biomasa encima del nivel del suelo (Higuchi *et al.*, 2005). La biomasa de los árboles es la más representativa del sistema y refleja además, la eficiencia en el aprovechamiento de la energía solar, la que se almacena en forma de compuestos orgánicos de alta energía, que resulta de la naturaleza de los enlaces que unen a los diferentes átomos (Binkley, 1993).

La biomasa es la masa de organismos vivos por unidad de superficie, se diferencia en biomasa aérea y biomasa subterránea (Ribeiro *et al.*, 2002). La biomasa aérea total es el peso seco del material vegetal de los árboles con DAP mayor a 10 cm, incluyendo fustes, corteza, ramas y hojas; el 50% de la madera secada en estufa es carbono (Ribeiro *et al.*, 2002; Higuchi *et al.*, 2005).

Por otro lado, el carbono es el elemento principal del árbol y la captura por las plantas se conceptúa dentro del ciclo del carbono, que es un conjunto cíclico de las transferencias naturales de este elemento de la atmósfera a las plantas verdes, de éstas a los animales, al suelo y de nuevo a la atmósfera (Vickery, 1987; FAO, 2001). La quema de los bosques y de combustibles

fósiles, aumenta la concentración de gases en la atmósfera ( $\text{CO}_2$ ), junto al vapor de agua, al monóxido de carbono, al metano y al óxido de nitrógeno que obstaculizan la salida de una parte de la radiación que entra a ésta, y crean el efecto invernadero (Achard *et al.*, 2002).

Lewis *et al.* (2004) observaron el incremento de la biomasa sobre el suelo y manifiestan que agentes de cambios globales pueden estar causando cambios predecibles en el bosque tropical. La biomasa de los bosques tropicales es un tema de actualidad, el carbono de la vegetación pasó a ser un elemento importante en el cambio climático global (Higuchi *et al.*, 2005). De esta manera, la estimación de la biomasa ayuda a comprender la producción primaria de un ecosistema y evaluar su potencial para la producción de energía. En el ámbito del manejo forestal sostenido, la biomasa es usada para estimar la cantidad de nutrientes que es exportada del sistema vía aprovechamiento de madera y que es devuelta vía ingresos atmosféricos.

Para la estimación de la biomasa con datos de cada árbol ( $\text{DAP} \geq 10$  cm) registrados en el inventario forestal, se aplican factores de expansión (Brown *et al.*, 1989). El área basal (G) se define como el área de la sección transversal del árbol, o como la proyección del DAP al suelo, y el volumen (V) de madera es la resultante de multiplicar el área basal individual por la altura y por el factor de fuste de 0,65 para el Perú (Inrena, 2004). Con estos datos se calcula la biomasa previo conocimiento de la densidad básica de la madera; en Manaus, Brasil, la densidad media fue  $0,704 \pm 0,117$  ( $\mu \pm s$ ); esta densidad es 15% mayor en bosques de la Amazonía central y oriental, comparada con la de la Amazonía del noreste (Nogueira *et al.*, 2005; Baker *et al.*,

2004b). Aún así, no se conoce la densidad de cada especie de madera, pero esto no afecta significativamente la estimación de la biomasa (Baker *et al.*, 2004a; 2004b). Por las razones anteriores, el objetivo fue determinar el potencial de biomasa y carbono del bosque aluvial del río Nanay, Perú.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La población de estudio estuvo conformada por árboles forestales (DAP  $\geq$  10 cm) del bosque de la Llanura aluvial, inundado por aguas negras del río Nanay, sobre suelos de aptitud forestal; ubicada en el Centro de Investigación y Enseñanza Forestal (Ciefor) de la Universidad Nacional de la Amazonía Peruana, de la provincia de Maynas, departamento de Loreto, en las coordenadas  $3^{\circ} 49' 48''$  S y  $73^{\circ} 25' 12''$  W (Pacheco y Torres, 1981). Al lugar se llega por la carretera Zungarococha-Puerto Almendra.

El tamaño de la muestra fue de 4,09 hectáreas, que representa un 5,7% de intensidad de muestreo, y la unidad de muestreo correspondió a una faja rectangular de 10 metros de ancho de longitud variable. El muestreo fue sistemático en una sola etapa. Por cada árbol se registró en el formato de campo el nombre común, especie, altura total y diámetro del árbol (DAP); el DAP fue medido con el calibrador forestal (forcípula).

La densidad básica de las especies fue recopilada del Laboratorio de Tecnología de Maderas de la UNAP y de diversos artículos científicos, y para las especies sin datos se usó el valor promedio de  $0,62 \text{ g/cm}^3$  basado en el criterio empleado por diferentes autores. En el gabinete se calcularon el volumen de cada árbol y la biomasa.

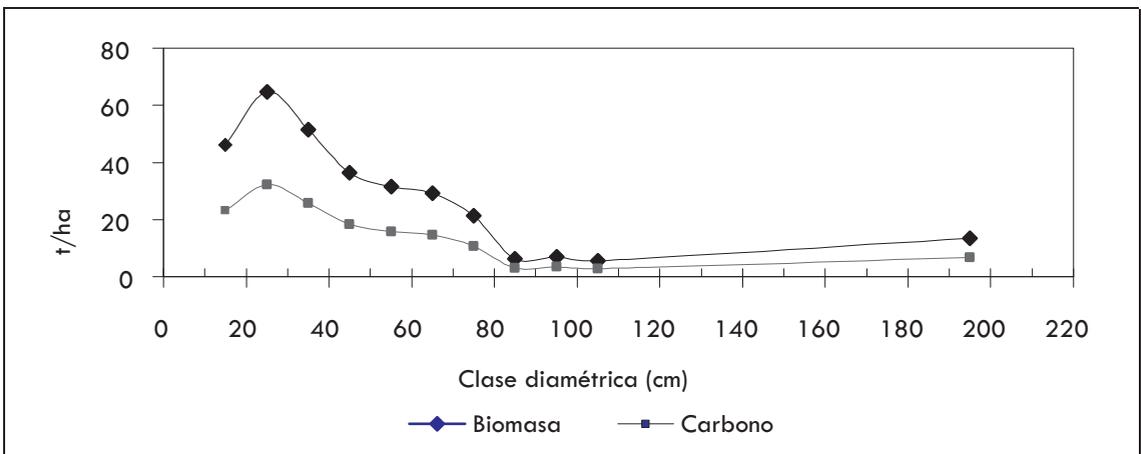
Se usó el método matemático para el

cálculo de la biomasa aérea total de acuerdo a la metodología propuesta por Dauber *et al.* (2005), quienes recomendaron usar factores de expansión cuando se trabaje con datos de inventarios forestales de árboles (DAP  $\geq$  10 cm), que se resume en la fórmula volumen (DAP  $\geq$  10 cm)\*densidad básica\* factor de expansión (2,25). Mientras el contenido de carbono (CC) según el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, 1996) corresponde a la mitad de la biomasa aérea total. Las tablas fueron generadas con la opción tablas dinámicas del Microsoft Excel 2003.

## RESULTADOS Y DISCUSIONES

Los bosques de la Llanura aluvial están constituidos principalmente por árboles, la energía que utilizan en el proceso fotosintético es interceptada por las hojas, y en los cloroplastos se lleva a cabo la transformación de la energía solar a energía química mediante la fotosíntesis (Soplín *et al.*, 1993); con la fotosíntesis el  $\text{CO}_2$  atmosférico es incorporado a los procesos metabólicos de la planta, como resultado, las plantas capturan el  $\text{CO}_2$  atmosférico y lo fijan en sus células como carbono, liberando oxígeno (Rodríguez *et al.*, 2006; Melo y Vargas, 2003), de esta manera las plantas se desarrollan y crecen acumulando biomasa.

Los bosques de la Llanura aluvial muestran un alto valor de biomasa y carbono en las clases diamétricas inferiores, cerca de 45 t/ha de biomasa se concentra en la primera clase diamétrica (DAP: 10 a 19,99 cm), en la segunda clase (20 a 29,9 cm) alcanzó el valor máximo de biomasa (65 t/ha), luego disminuye bruscamente hasta la clase de 70 a 79,9 cm; después, la tendencia se estabiliza hasta los 110 cm de diámetro. También, se observó algunos árboles muy gruesos en la clase de 190 a 199,9 cm (figura 1).



**Figura 1.** Distribución de la biomasa y carbono por clase diamétrica.

La biomasa promedio se estimó en 313,22 t/ha y el carbono en 156,62 t/ha, el mayor aporte se observa en heliófitas durables con 146,02 t/ha de biomasa y 73,01 t/ha de carbono, seguido de las esciófitas con 138,38 t/ha de biomasa y 69,2 t/ha de carbono (tabla 1), juntas aportan 292,69 t/ha de biomasa y 146,35 t/ha de carbono.

De las 17,14 t/ha de biomasa registrada en las especies para madera redonda, casi la tercera parte del total (5,18 t/ha) aportaron *Aspidosperma rigidum*, ésta es una especie heliófita durable con densidad media de árboles por hectárea (tabla 2).

La biomasa total de los árboles es una buena aproximación de la productividad primaria neta de la biomasa aérea (Orrego y Del Valle, 2001). La productividad primaria neta en el bosque inundable del río Ucayali fue estimada entre 2,08 y 2,56 kg/m<sup>2</sup>/ha (Nebel et al., 2000). Las especies por su gremio ecológico se agrupan en esciófitas, heliófitas durables, heliófitas efímeras y esciófitas de sotobosque (Louman et al., 2001; Fredericksen et al., 2001; Palacios, 2004). Se ha observado en cada gremio, diferente número de árboles, con

incidencia directa en los resultados de la biomasa y carbono; así, el carbono almacenado en heliófitas durables fue 73,01 t/ha de carbono y 146,02 t/ha de biomasa, en heliófitas efímeras fue 4,14 t/ha de carbono y 8,29 t/ha de biomasa. Sumando la biomasa de las esciófitas y esciófitas de sotobosque aportaron 156,73 t/ha. Una de las razones de esta gran variabilidad según la DFF (2006), es que las esciófitas pueden establecerse bajo cualquier condición de iluminación (al contrario de las heliófitas) y pueden regenerarse en cualquier fase del ciclo de reconstrucción de un bosque, por lo que los bosques tropicales maduros están dominados por especies esciófitas, y además su crecimiento es más lento y se da una mayor inversión en la producción de estructuras más duraderas (maderas pesadas y muy densas). En las heliófitas efímeras, los sistemas fotosintéticos son muy ineficientes bajo ambientes de sombra, por lo que no tienen la capacidad de regenerarse en estas condiciones (DFF, 2006). Las especies heliófitas durables son de rápido crecimiento, con una capacidad fotosintética intermedia y producen maderas de moderadamente livianas a moderadamente pesadas (DFF, 2006).

**Tabla 1.** Biomasa (B) y carbono (C) por tipo de madera y gremio ecológico.

TIPO DE MADERA	DATOS	GREMIO ECOLÓGICO				ESPECIES ESCASAS	TOTAL t/ha
		Esciófita	Heliófita durable	Heliófita efímera	Esciófita de sotobosque		
Aserrada	B	32,55	23,49	3,35	3,49	1,74	64,62
	C	16,28	11,75	1,68	1,75	0,87	32,33
Leña y carbón	B	93,36	80,00	4,07	9,59	0,44	187,46
	C	46,68	40,00	2,03	4,79	0,22	93,72
Otros	B	11,01		0,87	0,82		12,70
	C	5,51		0,43	0,41		6,35
Postes	B		29,66		1,64		31,30
	C		14,83		0,82		15,65
Redonda	B	1,46	12,87		2,81		17,14
	C	0,73	6,43		1,41		8,57
Total	B	138,38	146,02	8,29	18,35	2,18	313,22
	C	69,20	73,01	4,14	9,18	1,09	156,62

**Tabla 2.** Biomasa y carbono (C) en especies para madera redonda y gremio ecológico.

ESPECIE	GREMIO ECOLÓGICO	DENSIDAD POR ha	BIOMASA t/ha	C t/ha
<i>Aspidosperma rigidum</i> , Rugby	Heliófita durable	Media	5,18	2,59
<i>Zygia</i> sp.	Heliófita durable	Baja	6,01	3,01
Subtotal			11,19	5,60
Otras especies de madera redonda			5,95	2,97
Total			17,14	8,57

De las 64,6 t/ha de biomasa en madera para aserrío, *Caraipa densifolia* aportó 13,99 t/ha de biomasa y 6,99 t/ha de carbono y *Cariniana decandra* aportó 9,88 t/ha de biomasa y 4,94 t/ha de carbono; ambas especies son esciófitas con alta densidad de árboles por hectárea (tabla 3). En las especies para leña y carbón con 187,46 t/ha de biomasa, los mayores aportes se observaron en *Theobroma glaucum* (51,22 t/ha), *Campsiandra angustifolia* (21,95 t/ha), *Eschweilera coriacea* (20,75 t/ha) y *Licania harlingii* (14,82 t/ha) (tabla 4), juntas aportaron 108,74 t/ha de biomasa y 54,36 t/ha de carbono, que representa el 58% del total.

Los resultados de biomasa y carbono de

este estudio, estimado en 313,22 t/ha y 156,62 t/ha respectivamente, es muy alto, y con la escala usada por Dietz (2002) la biomasa aérea total se considera como "rica" (> 200 t/ha). Menor riqueza en biomasa (171 t/ha) y carbono (86 t/ha) fue encontrada en la Amazonía boliviana (Dauber et al., 2005). Otras zonas ricas en biomasa se encontraron en el noreste de la Amazonía incluyendo la costa de Brasil y Guyana, la biomasa varió entre 300 a 400 t/ha en zonas relativamente intactas y baja densidad poblacional (Laurance et al., 1999; Saatchi et al., 2006), lo que indica que la biomasa y carbono de la llanura aluvial del río Nanay fluctúa en los rangos reportados para la Amazonía. Sin embargo, los resultados de este estudio son inferiores al de otros bosques de la Amazonía

peruana, así en los diversos estudios realizados en el Perú, se encontraron bosques ricos en biomasa, que superan las 340 t/ha (Nebel *et al.*, 2000; Chambi, 2001; Callo-Concha *et al.*, 2001). Asumiendo que la biomasa de este estudio, refleje sólo una estimación de la zona de muestreo, se espera que en la cuenca media y alta del bosque aluvial del río Nanay, que está más distante de la ciudad de Iquitos, exista mayor biomasa. Pues, el bosque de la zona de muestreo al estar más cerca de la ciudad de Iquitos, es descremado por los taladores ilegales; los tocones de árboles recientemente cortados, reafirman esta apreciación.

Por la tala ilegal, al que es sometido el bosque de la llanura aluvial, cada vez se crean más fragmentos, esto sugiere un alto dinamismo en el bosque, que concuerda con Malhi *et al.* (2004) y Baker *et al.* (2004b). La extracción de especies maderables y la fabricación de carbón en el bosque de la llanura aluvial del río Nanay, altera la distribución y dinámica de su biomasa, disminuyéndola; según Nascimento y Lawrence (2004), el almacenamiento de carbón decae porque tienen especies de baja densidad y existe la pérdida de los grandes árboles. A pesar de la pérdida continua de biomasa en el bosque de la llanura aluvial, políticas de manejo forestal adecuadas ayudarían a su recuperación, esta idea se refuerza con la información de Lewis *et al.* (2004) quienes manifiestan que la mayor presencia de CO<sub>2</sub> en la atmósfera aumentaría la productividad primaria neta. Según Conam (2006), la cuenca atmosférica de Iquitos emite 49 449 t/año de monóxido de carbono como consecuencia de la combustión incompleta de los motores. Tomando en cuenta que en los bosques aluviales temporalmente inundables del río Nanay no se realiza agricultura migratoria, que según Hernández *et al.* (2007) se pierde el 81,1% del bosque, explica la actual

riqueza que tiene este bosque.

En este estudio se observó que la biomasa de las especies para leña y carbón constituyeron el 59,8% del total de la biomasa aérea de este bosque, sólo se extrae un volumen menor; según Hernández *et al.* (2007) el consumo de madera de las poblaciones rurales representa el 16,5% del total, y que la extracción de madera con fines industriales y comerciales ocasiona un impacto en volumen del 2,5%. Es decir, se formarían grandes claros en el bosque con alta posibilidad de autorrecuperación. Sin embargo, esta situación está cambiando, la tala ilegal es intensa en los bosques de la llanura aluvial del río Nanay, cuanto más cerca esté el recurso de Iquitos, mayor será la deforestación, y las posibilidades de regeneración natural disminuyen.

Por estos hechos y sobre la base de la información de Baluarte (1995) de que el 81% de la producción controlada de madera rolliza se destina a leña y carbón, es necesario desarrollar políticas de manejo forestal adecuadas para conservar este ecosistema. Para ello es necesario tomar en cuenta las sugerencias de Ruiz (2002) en el sentido de que la selección de especies para ser manejadas no puede desatender la necesidad de combustible, pero se deberá tratar de escoger árboles que sean adecuados también a la producción de otros productos. El uso de la biomasa de la madera para producir energía no es nada nuevo, e Iquitos no escapa de esta realidad, así en el documento de la OEA (1997) se indica que la combustión de la leña, los residuos forestales y otros residuos celulósicos reducidos por la industria rural y urbana, constituyen el más antiguo proceso empleado por el hombre para proveerse de energía tanto para uso doméstico como industrial. Su aprovechamiento sería más eficiente transformándose primero en carbón vegetal, un combustible sólido seco de mayor poder

calorífico. El poder calorífico de la madera entre 25 y 30% de humedad es 3500 kcal/kg y una operación adecuada debe permitir obtener 40 kg de carbón por 100 kg de leña seca (OEA, 1997). Entonces, un programa de reforestación de los bosques secundarios adyacentes a la llanura aluvial ayudaría a disminuir la presión sobre este bosque.

Las especies promisorias para la captura de CO<sub>2</sub> atmosférico según su abundancia, distribución y gremio ecológico son *Aspidosperma rigidum* para madera redonda; *Caraipa densifolia*, *Cariniana decandra*, *Sapium glandulosum*, *Ocotea cernua*, *Vochysia lomatophylla* para madera aserrada; *Theobroma glaucum*, *Campsiandra angustifolia*, *Eschweilera coriacea* y *Licania harlingii* para leña y carbón.

Dentro del ciclo del carbono, la biomasa de las especies usadas para leña y carbón se queman totalmente, de paso se libera CO<sub>2</sub> a la atmósfera, a esto debe añadirse el CO<sub>2</sub> liberado durante la quema de la biomasa proveniente de los desperdicios de la madera aserrada, que según Clark et al. (1974) varía entre 15 y 51%; básicamente se queman

cantoneras y material de rechazo, en maderas blandas el porcentaje de desperdicios es mayor, varía entre 38 y 57% (Guevara et al., 1993; Bellido et al., 2003). El carbono contenido en la biomasa aérea de las demás partes del árbol que no se queman, retorna a la atmósfera, cumpliéndose el ciclo del carbono.

Este escenario implica disminución de la biodiversidad, por eso, según Nepstad et al. (1999) en la vecindad de grandes ciudades cada vez es más difícil encontrar bosques intactos en las áreas inmensas de las zonas inundadas de aguas blancas; o en todo caso muchas especies de árboles usadas comercialmente son desplazadas (Parolin, 2002). Este escenario se repite en los bosques inundados por aguas negras del río Nanay que se encuentran cercanas a Iquitos. Al respecto Achard et al. (2002), indicaron que la acumulación de carbono es afectada por la tasa de deforestación. Con todo, la fijación de carbono es un servicio ambiental que hace posible que los propietarios de los bosques y de plantaciones forestales puedan recibir un beneficio por el pago por servicios ambientales y pueden presentar varios escenarios para su conservación.

**Tabla 3.** Biomasa y carbono (C) en especies para aserrío por gremio ecológico.

ESPECIE	GREMIO ECOLÓGICO	DENSIDAD POR ha	BIOMASA	C
			t/ha	t/ha
<i>Caraipa densifolia</i> Mart.	Esciófita	Alta	13,99	6,99
<i>Cariniana decandra</i> Ducke	Esciófita	Alta	9,88	4,94
<i>Vochysia lomatophylla</i> Standl.	Heliófita durable	Media	8,77	4,39
<i>Hymenaea courbaril</i> L.	Heliófita durable	Baja	6,10	3,05
<i>Vatairea erythrocarpa</i> (Ducke) Ducke	Heliófita durable	Media	5,63	2,82
<i>Sapium glandulosum</i> (L.) Moroni	Esciófita	Alta	5,20	2,60
<i>Ocotea cernua</i> (Nees) Mez	Esciófita	Alta	3,49	1,74
<i>Iryanthera tricornis</i> Ducke	Heliófita efímera	Alta	2,21	1,10
Total biomasa ≥ 1t/ha			55,27	27,63
Total biomasa < 1t/ha			9,37	4,68
Total			64,64	32,31

**Tabla 4.** Biomasa (B) y carbono (C) de especies para leña y carbón (t/ha) por gremio ecológico y densidad de árboles (D/ha).

ESPECIE	GREMIO ECOLÓGICO	D/ha	B	C
<i>Theobroma glaucum</i> Karst.	Heliófito durable	Alta	51,22	25,61
<i>Campsiandra angustifolia</i> Spruce ex Benth	Esciófito	Alta	21,95	10,97
<i>Eschweilera coriacea</i> (A.DC.) S. Mori	Esciófito	Alta	20,75	10,37
<i>Licania harlingii</i> Prance	Esciófito	Alta	14,82	7,41
<i>Inga</i> sp.	Esciófito	Alta	15,56	7,78
<i>Couepia ulei</i> Pilger	Esciófito	Alta	7,95	3,98
<i>Hevea nitida</i> Mart. Ex Müll. Arg.	Esciófito	Alta	7,86	3,93
<i>Terminalia amazonica</i> (J. F. Gmel.) Exell	Heliófito durable	Media	7,63	3,82
<i>Mabea elata</i> Steyerl.	Esciófito	Alta	5,40	2,70
<i>Brosimum guianense</i> (Aubl.) Huber	Heliófito durable	Baja	4,58	2,29
<i>Perebea glabrifolia</i> (Ducke) Berg	Heliófito durable	Baja	3,87	1,94
<i>Sterculia</i> sp.	Esciófito	Alta	3,77	1,88
<i>Licania longistyla</i> (Hook. f) Fritsch	Heliófito durable	Baja	3,40	1,70
<i>Perebea guianensis</i> Aubl.	Heliófito durable	Baja	3,15	1,58
<i>Pouteria procera</i> (Mart.) T. D. Penn.	Soto bosque	Media	2,54	1,27
<i>Mabea subsessilis</i> Pax & Hoffm.	Heliófito durable	Baja	2,10	1,05
<i>Symphonia globulifera</i> L.f.	Heliófito efímera	Baja	2,01	1,01
Total biomasa $\geq$ 1t/ha			178,56	89,29
Total biomasa < 1t/ha			8,90	4,44
Total			187,46	93,73

## CONCLUSIONES

1. Los bosques de la llanura aluvial inundada del río Nanay son ricos en biomasa y carbono, con 313,22 t/ha y 156,62 t/ha respectivamente; las especies heliófitas durables aportaron 146,02 t/ha de biomasa y 73,01 t/ha de carbono; las especies esciófitas 138,38 t/ha de biomasa y 69,2 t/ha de carbono. La biomasa y carbono de las especies para aserrío representó 64,62 y 32,33 t/ha respectivamente; la biomasa en especies para postes fue 31,30 t/ha y en madera redonda fue 17,14 t/ha.
2. Por su abundancia, distribución y gremio ecológico las especies promisorias para la captura de CO<sub>2</sub> atmosférico son: *Aspidosperma rigidum* Rugby para

madera redonda; *Caraipa densifolia* Mart., *Cariniana decandra* Ducke, *Sapium glandulosum* (L.) Moroni, *Ocotea cernua* (Nees) Mez, *Vochysia lomatophylla* Standl para madera aserrada; *Theobroma glaucum* Karst, *Campsiandra angustifolia* Spruce ex Benth, *Eschweilera coriacea* (A.DC.) S.Mori y *Licania harlingii* Prance en maderas para leña y carbón.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Achard F, Eva HD, Stibig H, Mayaux JP, Gallego J, Richards T, Malingreau JP. 2002. Determination of deforestation rates of the world's humid tropical forests. *Science*. 297: 999-1002.
- Baker TR, Phillips OL, Malhi Y, Almeida S,

- Arroyo L, Di Fiore A, Erwin T, Higuchi N, Killeen TJ, Monteagudo A, Neill DA, Núñez PV, Pitman NCA, Silva JNM, Martínez RV. 2004a. Increasing biomass in amazonian forest plots. *The Royal Society. Phil. Trans. R. Soc. Lond. B*: 359:353-365.
- Baker TR, Phillips OL, Malhi Y, Almeida S, Arroyo L, Di Fiore A, Erwin T, Killeen TJ, Laurance SG, Laurance WF, Lewis SL, Lloyd J, Monteagudo A, Neill DA, Patino S, Pitman NCA, Silva JNM, Martínez RV. 2004b. Variation in wood density determines spatial patterns in Amazonian forest biomass. *Global Change Biology* 10(5): 545-562.
- Baluarte VJ. 1995. Diagnóstico del sector forestal en la región amazónica. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana. Documento técnico. IIAP. Iquitos, Perú. 13:1-22.
- Bellido M, Egoavil-Cueva G, Gonzales E. 2003. Tableros de fibras de la madera de "tornillo" (*Cedrelinga cateniformis* Ducke). *Bosque*. 24(3):39-44.
- Binkley D. 1993. Nutrición forestal. Prácticas de manejo. Ed. Limusa. México. 340 pp.
- Brown S, Guillespie A, Lugo A. 1989. Biomass estimation methods for tropical forest with application to forest inventory data. *Forest Science* 35(4):881-902.
- Callo-Concha D, Krishnamurthy L, Alegre J. 2001. Cuantificación del carbono secuestrado por algunas SAF'S y testigos, en tres pisos ecológicos de la Amazonía del Perú. Simposio internacional medición y monitoreo de la captura de carbono en ecosistemas forestales. 18 al 20 octubre 2001. Valdivia, Chile. 20 pp.
- Chambi CPP. 2001. Valoración económica de secuestro de carbono mediante simulación aplicada a la zona boscosa de río Inambari y Madre Dios. Pp. 45-70. En valoración económica de la diversidad biológica y servicios ambientales en el Perú. LIB-02246. Inrena/Biofor. Pp. 1-474.
- Clark A, Taras AM, Shroeder GJ. 1974. Predicted green lumber and residue yields from the merchantable stem of yellow-poplar. USDA. For. Ser. Res. Pap. SE-119. 1-15.
- Conam. 2006. Plan "A limpiar el aire" de la cuenca atmosférica de Iquitos. Gesta Zonal de Iquitos. Fondo Editorial del Conam. 100 pp.
- Dauber E, Terán J, Guzmán R. 2005. Estimaciones de biomasa y carbono en bosques naturales de Bolivia. *Revista Forestal Iberoamericana*. 1(1): 10 pp.
- DFD-Dirección de Fomento Forestal. 2006. Manejo Forestal: Elaboración de planes de manejo y planes operativos de aprovechamiento en bosques húmedos latifoliados. Departamento de Fomento Forestal. Nicaragua. 165 pp.
- Dietz J. 2002. Variation and distribution of forest types on the southern foothills of the cordillera Cahuapanas, Alto Mayo, Peru. University of Bayreuth. Department of Biogeography. Germany. Pp. 1-127.
- Escudero A, Mediavilla S. 2003. Dinámica interna de los nutrientes. *Ecosistemas. Revista científica y técnica de ecología y medio ambiente*. 12(1):1-8.
- FAO. 2001. Situación de los bosques del mundo. Depósitos de documentos de la FAO. Departamento de Montes. En [www.fao.org/docrep/003/y0900s/y0900s06.htm](http://www.fao.org/docrep/003/y0900s/y0900s06.htm). 16p
- Fredericksen T, Contreras F, Pariona W. 2001.

- Guía de silvicultura para bosques tropicales de Bolivia. Bolfor. Santa Cruz, Bolivia. Pp. 1-81p.
- Guevara SL, Reyes IP, Bocanegra DL. 1993. Evaluación de residuos de aserrío. *Folia Amazónica*. 5(1-2):205-215.
- Hernández TTA, Baldoceda AR, Valdivieso GL, Portocarrero LL, Arroyo SN. 2007. Caracterización del departamento de Ucayali, con fines de ordenamiento territorial. Pucallpa, Perú. Pp. 1-375.
- Higuchi N, Dos Santos J, Tribuzy ES, Lima NA, Teixeira LM, Carneiro VMC, Felseburgh CA, Pinto FR, Da Silva RP, Pinto ACM. 2005. Noções básicas sobre manejo florestal. INPA, Manaus-AM. 306 pp.
- Instituto Nacional de Recursos Naturales (Inrena). 2004. Planes de manejo en concesiones forestales con fines maderables. Lima, Perú. 107 pp.
- IPCC. 1996. Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Workbook and Referente Manual Revised Version 1996. UNEP, WMO, Module 1, 4, 5.
- Kvist LP, Nebel G. 2000. Bosque de la llanura aluvial del Perú: ecosistemas, habitantes y uso de los recursos. *Folia Amazónica*. 10 (1-2):5-56.
- Laurance WF, Fearnside PM, Laurance SG, Delamonica P, Lovejoy TE, Rankin-De Merona JM, Jeffrey Q, Chambers JQ, Gascon C. 1999. Relationship between soils and Amazon forest biomass: a landscape-scale study. *Forest Ecology and Management*. 118(1-3):127-138.
- Lewis SL, Malhi Y, Phillips OL. 2004. Fingerprinting the impacts of global change on tropical forest. *The Royal Society*. 359:437-462.
- Louman B, Quirós D, Nilsson M. 2001. Silvicultura de bosques latifoliados húmedos con énfasis en América Central. Serie Técnica. Turrialba, C.R.: Catie. 46:1-265.
- Malhi YR, Baker TR, Phillip OL, Almeida S, Alvarez E, Arroyo L, Chave J, Czimczik CI, Difiore A, Higuchi N, Killeen TJ, Laurance SG, Laurance WF, Lewis SL, Maria L, Montoya M, Monteagudo A, Neill DA, Núñez Vargas P, Patiño S, Pitman NA, Quesada CA, Salomão R, Silva JNM, Torres AL, Vásquez RM, Terborgh J, Vinceti B, Lloyd J. 2004. The above-ground coarse wood productivity of 104 neotropical forest plots. *Global Change Biology* 10(5): 563-591.
- Melo Cruz OA, Vargas Ríos R. 2003. Evaluación ecológica y silvicultural de ecosistemas boscosos. Universidad del Tolima. Ibagué. 235 pp.
- Nascimento HEM, Lawrence WF. 2004. Biomasa dynamics in amazonian forest fragments. Ecological applications. *Ecological Society of America*. 14(4) 127-138.
- Nebel GJ, Gradsted, Salazar VA. 2000. Depósito de detrito, biomasa y producción primaria neta en los bosques de la llanura aluvial inundable de la Amazonía peruana. *Folia Amazónica*. 11 (1-2): 41-63.
- Nepstad DC, Veríssimo A, Alencar A, Nobre C, Lima E, Lefebvre P, Schlesinger P, Potter C, Moutinho P, Mendoza E, Cochrane M, Brooks V. 1999. Large scale impoverishment of amazonian forest by logging and fire. *Nature* 398:505-508.
- Nogueira ME, Nelson WB, Fearnside MF.

2005. Wood density in dense forest in central amazonian. *Forest Ecology and Management*. 208:261-286.
- OEA. 1997. Estudios de casos de manejo ambiental: Desarrollo integrado de un área en los trópicos húmedos - Selva Central del Perú. Washington, D.C. 301 pp.
- Orrego SA, Del Valle JI. 2001. Existencia y tasas de incremento de la biomasa y del carbono en bosques primarios y secundarios de Colombia. En: Simposio internacional medición y monitoreo de la captura de carbono en ecosistemas forestales, 18 al 20 de octubre de 2001. Valdivia, Chile. 31 pp.
- Pacheco T, Torres J. 1981. Análisis de dispersión de doce especies forestales del Ciefor-Puerto Almendra. UNAP. Documento Técnico. Iquitos, Perú. 51 pp.
- Palacios WA. 2004. Forest species communities in tropical rain forests of Ecuador. *Lyonia*, 7(1):33-40.
- Parolin P. 2002. Bosques inundados en la Amazonía central: su aprovechamiento actual y potencial. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú. *Ecología Aplicada*, 1(1):111-114.
- Ribeiro N, Siteo AA, Guedes BS, Staiss C. 2002. Manual de silvicultura tropical. Universidade Eduardo Mondlane. Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal. Maputo. 123 pp.
- Rodríguez LR, Jiménez PJ, Aguirre COA, Treviño GEJ. 2006. Estimación del carbono almacenado en un bosque de niebla en Tamaulipas, México. *Ciencia UANL*. 12(002):179-188.
- Ruiz IB. 2002. Manual de reforestación para América tropical. San Juan, Puerto Rico. Pp. 1-209.
- Saatchi SS, Houghton RA, Dos Santos Alvalá RC, Soares JV, Yu Yifan. 2006. Distribution of aboveground live biomass in the amazon basin. *Global Change Biology*. Brazil. Pp. 1-48.
- Soplín RJ, Rengifo A, Chumbe J. 1993. Análisis de crecimiento en *Zea mays* L. y *Arachis hypogaea* L. *Folia Amazónica*. 5 (1-2):183-204.
- Vickery LM. 1987. *Ecología de plantas tropicales*. Editorial Limusa S.A. Impreso en México. 230 pp.