

ANÁLISIS DE RENTABILIDAD ECONÓMICA Y DESARROLLO DE ECUACIONES ALOMÉTRICAS DE LOS BOSQUES ALUVIALES DE *Calycophyllum spruceanum* (BENTHAM) HOOKER F. EX SCHUMANN "CAPIRONA" PARA DETERMINACIÓN DEL VALOR MADERABLE Y DEL CARBONO ALMACENADO PARA SERVICIOS DE REDD¹

ErasmO Otárola Acevedo² Percy Martínez Davila³

RESUMEN

El árbol de capirona crece de manera natural en suelos aluviales de la ribera de los ríos de agua blanca de la Amazonía, formando bosques bastante homogéneos y monoespecíficos. En esta especie se dan dos condiciones que le dan un alto potencial para proveer servicios de almacenamiento de carbono, tales como tener un rápido crecimiento y una alta densidad de madera, ambos factores están positivamente correlacionados con la capacidad de almacenamiento de carbono de este tipo de bosque, por otro lado la madera de esta especie tiene un buen valor y una demanda creciente en el mercado. Por lo tanto este estudio busca valorizar ambos aspectos el bien maderable y servicio ambiental del REDD. Para estimar el potencial maderable de esta especie se desarrolló ecuaciones de volumen total y comercial utilizando información de 92 árboles apeados de *Calycophyllum spruceanum* procedentes de dos bosques capironales ubicados en el distrito de Jenaro Herrera, cuenca del río Ucayali, Loreto. Se ajustaron las ecuaciones y se generaron tablas de doble entrada, que permiten estimar el volumen total con corteza (VTCC), el volumen comercial (VC).

Para estimar los servicios ambientales en términos de almacenamiento de carbono para REDD se calculó la biomasa total de cada componente del bosque que aporta carbono (fuste – diferentes alturas, ramas, ramillas, hojas, raíces, sotobosque, necromasa mayor y menor, suelo – dos profundidades). Para determinar la fracción de carbono de cada componente se tomó muestras de tejido o materia orgánica para su análisis de laboratorio (método de cenizas y análisis de materia orgánica del suelo).

No se encontraron diferencias significativas en la fracción de carbono entre las partes del árbol, obteniéndose un promedio de 45.59 por ciento para ambos bosques. Se encontró en el bosque Tina 407.06 toneladas de biomasa por ha y 690.37 toneladas de CO₂ equivalente por hectárea, en el bosque de Cedro Isla se encontró 225.14 toneladas de biomasa y 384.22 toneladas de CO₂ equivalente por hectárea. El análisis financiero indican que el bosque Tina con manejo es más rentable para la opción de producción de madera y carbono a un turno de 30 años un VAN de US\$ 9505.4, (i=5%). El bosque Cedro isla sin manejo en la producción de madera y carbono a un turno de 40 años (i=5%) es de US\$ 5022.8, a US\$ 40 la tonelada de CO₂ equivalente.

PALABRAS CLAVE: Deforestación Evitada, almacenamiento de carbono, capirona, modelo alométrico, tablas de volumen, servicios ambientales, ecuaciones de volumen, análisis financiero, bosques inundables.

1 Reducción de emisiones derivadas de la deforestación y degradación

2 Director de iniciativa REDD de la World Wildlife Fund Inc WWF – Perú, Trinidad Moran 853, telf: 440 5550 Lince, erasmO.otarola@wwfperu.org.pe

3 Investigador del IIAP, Av. José A. Quiñones km. 2.5–Iquitos, Teléf. 265516 Fax: 265527, pmartinez@iiap.org.pe

RETURN OF THE INVESTMENT ANALYSIS AND DEVELOPMENT OF ALOMETRIC EQUATIONS OF FLOODING FOREST OF *Calycophyllum spruceanum* (BENTHAM) HOOKER F. EX SCHUMANN "CAPIRONA" IN ORDER TO DETERMINE WOOD VALUE AS WELL AS STORED CARBON FOR REDD SERVICE

ABSTRACT

Capirona tree grows naturally on flooding soils next to white river basin in Amazonia, constituting homogeneous and monospecific forest. In this two species two conditions to be considered as potential value tree in order to provide store carbon service, such as its fast growing feature as well as a high wood density. Both factors are positively correlated with carbon store capacity. In the other hand, wood has a very good and high demand in local, national and international markets. In this sense, the present study search for value both aspects wood and environmental services of REDD. In order to estimate the wood potential total volume and commercial equation were developed using information of 92 trees proceeded from two Capirona forest located in the Jenaro Herrera district, by the Ucayali River, Loreto. Equations were fixed and double input tables were generated. These tables let estimate total volume with certainty (VTCC) and commercial volume (VC).

In order to estimate environmental services in terms of carbon store for REDD the total biomass were calculated of each forest component which provide carbon (trunk, different height, branches, little branches, leaves, roots, low forest, major and minor death mass, two deep soil). In order to determine each component of carbon fraction tissue or organic matter were taken as samples to be analyzed in lab (ashes method and organic matter analysis).

No significant differences in the carbon fraction were fund. An average of 45,59% were obtained for both forest sites. In the Tina forest 407,06 tons per hectare of biomass were fund and 690,37 tons of CO₂ which is an equivalent per hectare. In the Cedro Isla forest 225,14 tons of biomass and 384,22 tons of CO₂ per hectare, were fund. The financial analysis indicates that Tina forest with proper management is profitable for wood and carbon production option in a turn of 30 years. A VAN of US\$ 9505,4, (i=5%) was calculated. The Cedro Isla forest without proper management of wood and carbon in a turn of 40 years is possible to perform. A i=5% is equal to US\$ 5022,8, which signify US\$ 40 per ton of CO₂.

1. INTRODUCCIÓN

Desde hace algún tiempo se reconoce la importancia de los bosques como generadores de bienes y servicios tales como productos forestales, conservación de recursos naturales como el suelo y el agua, protección de belleza escénica, reservorios de biodiversidad, fijación y almacenamiento de carbono.

Sobre este último punto se reconoce que las masas forestales juegan un papel importante en los ciclos biogeoquímicos a nivel de la biosfera y en particular en el ciclo global del carbono (Dixon *et al.*, 1994). Dicho ciclo afecta la concentración atmosférica del dióxido de carbono, que se considera un gas clave en el efecto de invernadero. La concentración creciente de CO₂ en la atmósfera contribuye al calentamiento del planeta y por consiguiente, al cambio climático (Brown, 1996).

En este contexto, se reconoce que existe una relación entre la velocidad del crecimiento de los bosques, la densidad de su madera y el servicio ambiental que prestan en términos de fijación y almacenamiento de carbono. Los bosques de capirona son reconocidos por su potencial valor como fijador de CO₂, su alta productividad primaria, su rápido crecimiento, así como la densidad de su madera, impulsan al investigador analizar esta posibilidad, teniendo en cuenta que el mantenimiento de reservas de carbono en los bosques se ha convertido en un servicio ambiental reconocido globalmente, que puede tener un valor económico considerable para países en vías de desarrollo.

Por estas potencialidades, este estudio se avocó a investigar los servicios ambientales de esta especie expresados en términos de almacenamiento de carbono para servicios de reducción de emisiones por deforestación y degradación, probándose metodologías adecuadas y replicables en los bosques aluviales de Loreto.

El presente estudio es pionero en la Amazonía en el análisis de este tipo de servicios y se enmarca en las nuevas negociaciones dentro del protocolo de Kyoto para incorporar los servicios ambientales de REDD en las transacciones de créditos de carbono post 2012, la hoja de ruta planteada en la COP de Bali, refiere a la necesidad de contar con información científica y verificable que respalde estos tipos de proyecto.

El objetivo central del estudio fue elaborar tablas de volumen total, comercial y cuantificar el servicio ambiental en almacenamiento de carbono a fin de contribuir al mejoramiento tecnológico y a la valorización integral del aprovechamiento de capirona en bosques aluviales de la Región Loreto.

2. OBJETIVO GENERAL

Valoración de los bienes y servicios ambientales de almacenamiento de carbono de los bosques de *Calycophyllum spruceanum* (Bentham) Hooker f. ex. Schumann “capirona” en el área aluvial inundable de la cuenca baja del río Ucayali, región Loreto.

3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

1. Desarrollar ecuaciones alométricas específicas para Capirona para determinar con mayor precisión el potencial maderable, la biomasa acumulada y el carbono almacenado por esta especie.
2. Determinar el valor maderable y el valor de los servicios ambientales de REDD por unidad de área de los bosques capironales de la planicie aluvial inundable de la cuenca baja del río Ucayali, Loreto.

4. MATERIALES Y METODOS

Se desarrolló ecuaciones de volumen total y comercial utilizando información de 92 árboles apeados de *Calycophyllum spruceanum* procedentes de dos bosques capironales. Se probaron quince modelos de regresión escogiéndose el de mejor ajuste en base al coeficiente de determinación e índice de furnival. Se ajustaron las ecuaciones y se generaron tablas de doble entrada, que permiten estimar el volumen total con corteza y el volumen comercial.

Para estimar los servicios ambientales en términos de almacenamiento de carbono se realizó un inventario de stock de carbono en 2 bosques capironales; el bosque de Tina con cierto manejo y bosque de Cedro Isla, sin manejo. Se instalaron en cada uno de ellos una parcela de 5000 m² (50 m x 100 m), donde se calcularon la biomasa total de cada componente que aporta carbono (fuste – diferentes alturas, ramas, ramillas, hojas, raíces, sotobosque, necromasa mayor y menor, suelo – dos profundidades) (ver figura 1). Para determinar la fracción de carbono de cada componente se tomó muestras de tejido o materia orgánica para su análisis en laboratorio (método de cenizas y análisis de materia orgánica del suelo). Se realizó un análisis de sensibilidad de la rentabilidad de ambas opciones probando las opciones de sólo madera y madera mas carbono a diferentes precios de mercado para la tonelada de CO₂.

5. RESULTADOS Y DISCUSIONES

Para volumen total con corteza el modelo logarítmico resulto el de mejor ajuste con R² ajustado de 98 por ciento e índice de furnival de 0.368 para

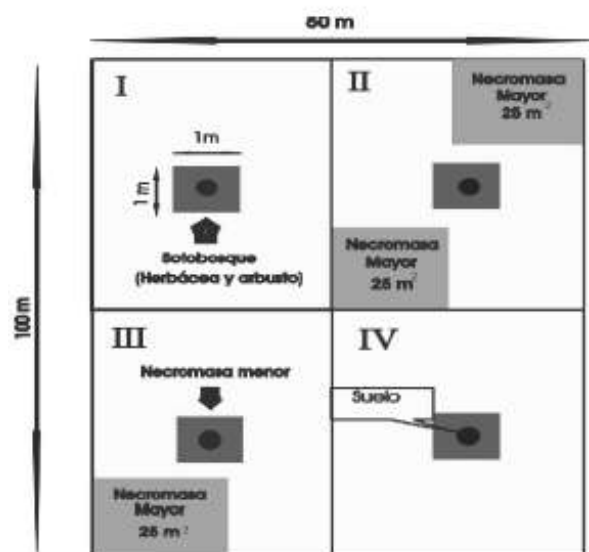


Figura 1. Esquema de la muestra de 5000 m², con cuatro sub parcelas y cuatro mini parcelas utilizadas para el inventario de carbono de cada uno de los componentes del bosque capironales.

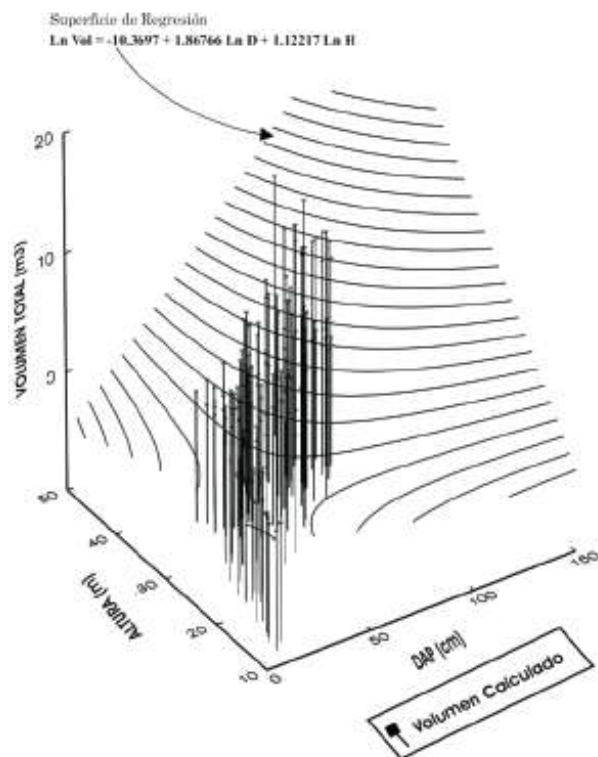


Figura 2. Volumen comercial sin corteza versus la superficie de regresión con modelo logarítmico de *Calycophyllum spruceanum* "capirona".

todos los sitios. Para el volumen comercial también el modelo logarítmico resultó el de mejor ajuste, con un R² ajustado de 98 por ciento e índice de furnival de 0.169 (Ver Figura 2).

Las ecuaciones desarrolladas fueron:

a) volumen total en metros cúbicos:

$$\ln(V_{total}) = -10.00761 + 1.86549 \times \ln(D) + 1.06278 \times \ln(H)$$

R² Ajustado: 0.9849

C.V.: 21.398

Índice de Furnival: -0.368554

Donde:

Ln(V_{total}): Volumen total

D: Diámetro Altura del Pecho

H: Altura total

b) volumen comercial en metros cúbicos:

$$\ln(V_{Csc}) = -10.03697 + 1.86766 \times \ln(D) + 1.12217 \times \ln(H)$$

R² Ajustado: 0.9850

C.V.: 24.010

Índice de Furnival: -0.34220

Donde:

V_{total}: Volumen total

D: Diámetro altura del pecho

H: Altura total

No se encontraron diferencias significativas en la fracción de carbono entre las partes del árbol y entre bosques (manejado y sin manejo), obteniéndose un promedio de 45.59 por ciento para ambos bosques. Entre componentes del bosque si se encontraron diferencias, la necromasa mayor y la necromasa menor presentan una fracción de carbono del orden de 44 por ciento y 41 por ciento respectivamente, arbustos 42 por ciento y herbáceas 41 por ciento. En el análisis de suelo se encontraron diferencias entre los bosques; el bosque de Tina contiene 0.31 por ciento de carbono (0-20 cm) y 0.29 por ciento (20-24 cm) y el bosque de Cedro Isla contiene 0.26 por ciento (0-20 cm) y 0.25 por ciento (20-40 cm) (ver Tabla 01).

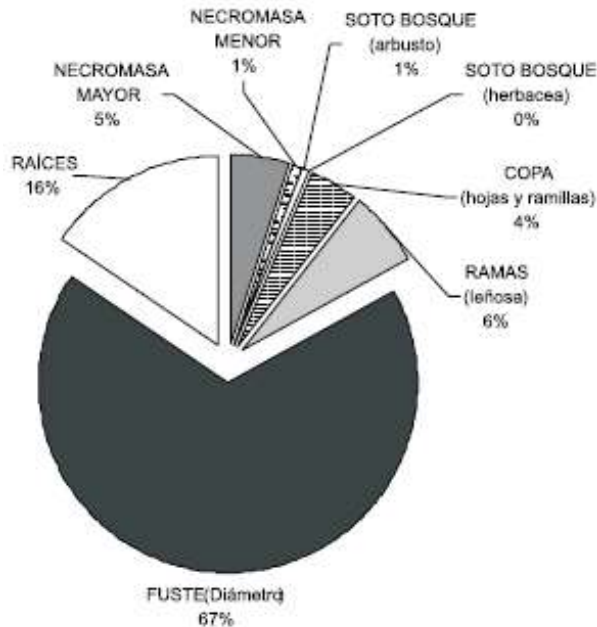


Figura 2. Aporte relativo en carbono para cada componente del bosque Tina.

En la figura 3 y 4 contiene el aporte relativo en porcentaje de las toneladas de carbono por hectárea para cada componente del bosque, encontrando que el componente herbáceo es el que tiene el menor porcentaje con respecto a los demás, y el componente con mayor porcentaje de carbono es el fuste

Entre los bosques Tina y Cedro Isla, se encontró diferencias respecto a la biomasa, esto puede explicarse porque en el bosque Tina, durante sus 30 años de existencia, se realizaron algunas actividades de manejo como mantenimientos y raleos lo que permitió que los árboles de capirona se desarrollen mejor, tanto en diámetro como en altura, por lo que el bosque manejado almacena una mayor cantidad de carbono. Los valores estimados de carbono por unidad de área que se encontraron en los bosques Tina y Cedro Isla fueron de 690.37 y 383.64 toneladas de CO₂ por hectárea (ver Tabla 2 y 3), estos valores son similares con los resultados encontrados por la Red de Asesores Forestales de la ACIDI para un bosque tropical húmedo que 175 toneladas de carbono por hectárea (RAFA, 2000). En otro estudio realizado en bosques tropicales en áreas experimentales administrados por el CATIE (Tirimina y Corinto) el promedio encontrado fue 642 toneladas de CO₂ por hectárea para Corinto y 253 toneladas de CO₂ por hectárea para Tirimbina (Segura 1999). Por otra parte Brown (1998), citado por Andrasko (1990), señala que el bosque tropical húmedo promedia entre 568 y 587 toneladas de CO₂ por ha de biomasa en pie, en América Latina y Asia, y en África alcanza 686 toneladas de CO₂ por ha.

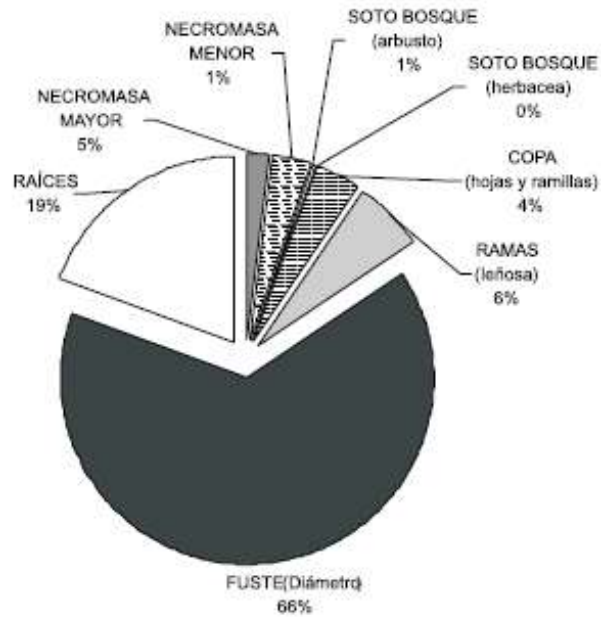


Figura 4. Aporte relativo en carbono de los componente del bosque Cedro Isla.

La Tabla 3 se muestra los resultados obtenidos de la cantidad de biomasa y carbono almacenado en la parcela del bosque de Cedro Isla, registrando una biomasa total de 225.14 t/ha, describiendo diferencias en la cantidad de biomasa por componente en el bosque, el cual fuste con 141.12 t/ha aporta la mayor biomasa en el bosque con 62 por ciento a comparación de los demás componentes, las raíces con una biomasa de 32.68 t/ha contribuye con 14 por ciento, la biomasa en ramas es de 13.07 t/ha con 6 por ciento, la biomasa de copa proporciona 8.97 t/ha aportando 4 por ciento, la necromasa menor con una biomasa de 7.41 t/ha contribuye con 3 por ciento, cabe recalcar que la biomasa de los componentes necromasa mayor, arbustos y herbáceas solo aportaron el 5.6 t/ha con 2.3 por ciento y la biomasa de suelo a dos profundidades es de 16.24 t/ha con 9 por ciento. El porcentaje promedio de carbono del árbol de capirona es de 45.78 por ciento, se puede decir que no se encontró diferencia del contenido de carbono con respecto a la altura en el fuste y entre componentes arbóreos fuste, ramas, raíces y copa. Este bosque presenta un total 384.22 tCO₂/ha

El análisis financiero indica que el bosque Tina con manejo es mas rentable para la opción de producción de madera+carbono a un turno de 30 años con VAN de US\$ 9,505.4, (i=5%). El bosque cedro Isla sin manejo en la producción de madera+carbono a un turno de 40 años (i=5%) es US\$ 5,022.8, a US\$ 40 la tonelada de carbono, el análisis de sensibilidad financiera se puede observar en la Tabla 4.

Tabla 1. Fracción de carbono promedio de los bosques Tina y Cedro Isla.

COMPONENTES DEL BOSQUE	FRACCIÓN DE CARBONO (%)		
	BOSQUE TINA	BOSQUE C. ISLA	PROMEDIOS (%)
Necromasa mayor	43	44	44
Necromasa menor	42	41	41
Soto bosque (arbusto)	43	41	42
Soto bosque (herbáceas)	40	41	41
Copa (hojas y ramillas)	45	45	45
Ramas (leñosas)	45	45	45
Fuste	45	46	45
Raíz	45	45	45
Promedio Total			44

Tabla 2. Biomasa de carbono almacenado por componentes del bosque Tina..

COMPONENTES DEL BOSQUE	ÁREA DE MUESTREO (m ²)	Nº DE MUESTRA	DENSIDAD SECA (Kg/m ³)	PESO SECO (Kg)	%C	BIOMASA (t/ha)	tC/ha
Necromasa mayor	75	II		148.07	43.80	9.743	31.709
Necromasa menor	4	IV		1.47	42.40	3.676	5.716
Arbustos	4	IV		0.85	42.65	2.136	3.340
Herbáceas	4	IV		0.02	41.15	0.073	0.110
Copa	5000	I		8.29	44.92	16.599	27.346
Ramas	5000	I	736	12.07	45.80	24.155	40.572
Fuste de árbol	5000	I	716	130.44	45.84	260.885	438.552
Raíces	5000	I	745	30.20	45.91	60.413	101.699
Suelo (0-20 cm)	0.00045	III	932	0.63	31.00	9.88	21.083
(20-40 cm)	0.00045	III	932	0.58	29.00	9.50	20.240
TOTAL						407.06	690.367

Tabla 3. Biomasa de carbono almacenado por componente del bosque Cedro Isla.

COMPONENTES DEL BOSQUE	ÁREA DE MUESTREO (m ²)	Nº DE MUESTRA	DENSIDAD SECA (g/m ³)	PESO SECO (Kg)	%C	BIOMASA (t/ha)	tC/ha
Necromasa mayor	75	II		34.77	44.33	4.63	7.517
Necromasa menor	4	IV		2.96	41.55	7.41	11.293
Arbustos	4	IV		0.26	41.34	0.66	0.990
Herbáceas	4	IV		0.12	42.14	0.31	0.477
Copa	5000	I		4.48	44.79	8.97	14.740
Ramas	5000	I	0.7469	6.53	45.66	13.06	21.853
Fuste de árbol	5000	I	0.7259	70.56	45.96	141.12	237.816
Raíces	5000	I	0.7351	16.34	45.85	32.68	54.926
Suelo (0-20 cm)	0.00045	III	0.9450	0.57	26.00	8.31	17.710
(20-40 cm)	0.00045	III	0.9450	0.57	25.00	7.93	16.903
TOTAL						225.14	384.223

%C = Porcentaje de carbono, t/ha = Tonelada por hectárea, tC/ha = Tonelada de carbono por hectárea

Tabla 4. Valor Actual Neto del bosque Tina con manejo y el bosque Cedro Isla sin manejo.

ESCENARIO DE VALORACIÓN	VALOR US\$ / t Co2	BOSQUE	TASA	VAN	TIR
Solo Madera	0	Con Manejo*	5%	3124.1	18
			8%	1262.0	
			10%	677.6	
			12%	350.7	
		Sin Manejo**	5%	1106.3	14
			8%	324.4	
			10%	129.6	
			12%	37.3	
Madera + Carbono Almacenado	5	Con Manejo*	5%	3921.8	19
			8%	1604.4	
			10%	875.0	
			12%	465.6	
		Sin Manejo**	5%	1595.8	15
			8%	482.9	
			10%	205.7	
			12%	74.3	
Madera + Carbono Almacenado	10	Con Manejo*	5%	4719.4	20
			8%	1946.8	
			10%	1072.4	
			12%	580.5	
		Sin Manejo**	5%	2085.4	15
			8%	641.5	
			10%	281.7	
			12%	111.3	
Madera + Carbono Almacenado	15	Con Manejo*	5%	5517.1	21
			8%	2289.2	
			10%	1269.7	
			12%	695.5	
		Sin Manejo**	5%	2575.0	16
			8%	800.0	
			10%	357.8	
			12%	148.2	
Madera + Carbono Almacenado	20	Con Manejo*	5%	6314.8	21
			8%	2631.6	
			10%	1467.1	
			12%	810.4	
		Sin Manejo**	5%	3064.5	16
			8%	958.5	
			10%	433.8	
			12%	185.2	

* Bosque de 30 años denominado TINA

** Bosque de 40 años denominado Cedro Isla

6. CONCLUSIONES

Se encontró que el factor de forma real para la especie *Calycophyllum spruceanum* tiene una alta variabilidad con valores que varían entre 0.26 y 0.63 esto implica que el uso directo de un factor de forma promedio estimaría los volúmenes con una alta probabilidad de error, por lo que su utilización en el campo no es recomendable.

En los árboles de capirona "*Calycophyllum spruceanum*" no se encontraron diferencias significativas en la fracción de carbono almacenada a diferentes alturas del fuste, en las ramas, las raíces, en la copa y entre árboles, encontrándose un promedio de 45 por ciento para todos los componentes del árbol.

Otros componentes no arbóreos del bosque de capirona presentaron diferencias en la fracción de carbono almacenado en su biomasa como la necromasa mayor con 44 por ciento, necromasa menor con 41 por ciento, arbustos con 42 por ciento, herbáceas con 41 por ciento y suelo con sólo 0.28 por ciento.

Entre bosques de capirona (manejado y no manejado) no se encontraron diferencias significativas en la fracción de carbono presente en su biomasa arbórea total y por componente del bosque, salvo en el componente suelo que sí presentó diferencias.

En cuanto al almacenamiento total de carbono entre bosques, si se encontraron diferencias significativas, el bosque de Tina con manejo almacenó un total de 690.37 t de CO₂ por hectárea mientras que el bosque de Cedro Isla almacenó 384.22 t de CO₂ por hectárea. Sin embargo, en términos relativos la proporción del aporte de cada uno de los componentes del bosque fue similar.

Los valores actuales netos indican que en el bosque Tina la producción de madera con tratamientos silviculturales es rentable a un ciclo de corta de 30 años, usando una tasa de descuento de 5 por ciento alcanzan un VAN de US\$ 9505.4, resultando ser mayores en un 89 por ciento en comparación con el bosque de Cedro isla donde no se realizaron tratamientos silviculturales y tuvo un ciclo de corta de 40 años, con una tasa de descuento similar alcanzan un VAN US\$ 5022.8.

El ingreso calculado en el análisis financieros del bosque Tina (con tratamientos silviculturales) por madera mas los servicios ambientales por almacenamiento de carbono, presenta buenos resultados, obteniendo US\$ 18,040.99 de ingresos directos y un valor actual neto de US\$ 465.64 (año cero) a una tasa de descuento 12 por ciento, lo que contrasta con los resultados del bosque Cedro Isla (sin tratamientos silviculturales) para los mismos tipos de

ingreso que alcanzan US\$ 11,622.25, y un valor actual neto de US\$ 74.30. Esto permite inferir que el manejo de los bosques capironales, es una actividad rentable.

La rentabilidad en términos de VAN del bosque sin manejo (Cedro Isla) considerando la producción de madera y carbono, recién a un valor mínimo de US\$ 25 la tonelada de CO₂ alcanza a la rentabilidad del bosque con manejo forestal (Tina) vendiendo sólo madera, esto a pesar que este último escenario es 10 años menor.

A pesar de la diferencia de edad entre estos dos bosques, existe una diferencia importante entre en la rentabilidad del bosque manejado que considera sólo venta de madera versus el bosque sin manejo, de hasta un 4 por ciento de TIR, esta diferencia se mantiene cuando se considera la venta de carbono a lo largo de toda la sensibilidad probada de precios de carbono.

La tasa interna de retorno del bosque manejado (Tina) se incrementa en 5 por ciento cuando se incluye la venta de carbono almacenado a un precio de US\$ 40 la tonelada de CO₂, a US\$ 20 este incremento es de sólo 3 por ciento.

La tasa interna de retorno (TIR) del bosque sin manejo (Cedro Isla al final del ciclo de corta de 40 años) incluyendo la venta de carbono a un precio de US\$ 40 la tonelada de CO₂, es equivalente al TIR del Bosque con manejo (Tina al final del ciclo de corta de 30 años) que venda sólo madera. En otras palabras, el incremento de la rentabilidad del aprovechamiento maderable de un bosque de capirona sin manejo al incluir la venta de carbono para REDD es equivalente al efecto positivo del manejo a lo largo de 30 años, en la rentabilidad de la actividad forestal en este tipo de bosques.

La ecuación general para estimar biomasa desarrollada Brown (1997) para árboles de bosques tropicales, sub estima la biomasa real de la especie capirona, por lo que el cálculo será más real utilizando las ecuaciones desarrollada en este estudio.

8. BIBLIOGRAFÍA

- BERENSON, M. LEVINE, D. 1992. Estadística básica en administración. Conceptos básicos. Cuarta edición 950 p.
- BONILLA, J. 1967. Comparación de ecuaciones para la construcción de tablas de volúmenes estándar de Pino marítimo (*Pinus pinaster*) primera edición Rosgal S.A.29 p.
- BRUCE, D. SHUMACHER F. 1965. Medición forestal. Ed Herrera S.A. México, 474 p.
- CAILLIEZ. 1980. Estimación de volumen forestal y precisión de rendimiento con referencia especial a los trópicos. 156 p.
- CUNIBERTTI, R. 1973. Tabla de volumen para

- cubicar madera de cetico (*Cecropia* sp.) en Pucallpa. tesis ingeniero forestal: UNA la Molina. 96 p.
- ENCARNACIÓN, F. 1993. El bosque y las formaciones vegetales en la llanura Amazónica del Perú. P 95-114.
- INRENA, 1997. Maderas para el manejo del Bosque Nacional Alexander Von Humboldt. Pucallpa, Perú, 113 p.
- INSTITUTO DE INVESTIGACIONES DE LA AMAZONÍA PERUANA, 2000. Zonificación ecológica económica del área de influencia de la carretera Iquitos Nauta. Tomo III, Medio biológico.
- INSTITUTO DE INVESTIGACIONES DE LA AMAZONÍA PERUANA, 2002. Centro de Información Geográfica de la Amazonía Peruana. Zonificación de los bosques forestales.
- FREITAS, A. 1996. Caracterización florística y estructural de cuatro comunidades de la llanura aluvial inundable en la zona Jenaro Herrera. Amazonía Peruana.
- FREITAS, A. 1997. Caracterización de 6 tipos de bosques con fines de manejo forestal en la zona de San Miguel; río Marañón.
- FURNIVAL, G. 1961. An index for comparing equations used in constructing volume tables. *Forest Science*. 7(4): 337-341
- GAUTIER L., SPICHTER R. 1986. Ritmos de reproducción en el estrato arbóreo del Arboretum Jenaro Herrera (provincia de Requena, departamento de Loreto, Perú) Contribución al estudio de la flora y de la vegetación de la Amazonía peruana. Conservatorio y jardín botánico de Ginebra, Organización Suiza para el desarrollo y la cooperación, Instituto de investigaciones de la Amazonía peruana. 16 p.
- INSTITUTO DE INVESTIGACIONES DE LA AMAZONÍA PERUANA-IIAP, 2000. Zonificación ecológica económica del área de influencia de la carretera Iquitos-Nauta. Tomo III, Medio Biológico.
- JADAN, P. V. 1975. Tablas de volúmenes de algunas especies del noroccidente ecuatoriano. Quito, Dirección General de Derecho Forestal. 33 p.
- KARTTUNEN, H. 1995. Curvas polinómicas de conicidad para *Pinus oocarpa*. Helsinki; University. Knowledge service. CEMAPIF; Siguatepeque, Honduras 16 p.
- LOETSCH, F.; HALLER, K. 1973. Forest inventory. Volumen II. English by K. F. Panzer. BLV Verlagsgesellschaft Munsen Bren Wrien, Germany. 458 p.
- LOPEZ P, FREITAS D. 1990. Geographical aspects of forested Wetlands the lower Ucayali, Peruvian Amazonia, *Forest Ecol. Man.* 33/34 – 157-168.
- NEBEL, G. 2000. *Minquartia guianensis* Aubl.: Uso, ecología y manejo en forestería y agroforestería. *Folia Amazónica*. Vo. 10 (1-2). Pag 201-224.
- ORTIZ, E. 1993. Técnicas para la estimación del crecimiento y rendimiento de árboles individuales y bosques. Departamento de Ingeniería Forestal. Instituto Tecnológico de Costa Rica. N. 16. Cartago, Costa Rica. 71 p.
- OTAROLA, A. et al. 2001a. Tablas de volumen total, comercial y de corteza de Marupá (*Simarouba amara* Aublet) para plantaciones en Loreto, Perú. *Artículo Científico* 18 p.
- OTAROLA, A. et al. 2001b. Tablas de volumen total y comercial de Tornillo (*Cedrelinga cateniformis* Ducke) en Loreto. *Artículo Científico* 11 p.
- OTAROLA, A. FREITAS, A. (eds), 2000. Documento en preparación. Tablas de Volumen Total y Comercial de Tornillo (*Cedrelinga cateniformis* Ducke) en Loreto.
- ROJAS, M. 1990. Tablas de Volumen aplicables a cortinas rompevientos de *Cupressus lusitania* Miller. En el valle Central, Costa Rica. Tesis de grado de Licenciatura en Ciencias Forestales. Universidad Nacional. Escuela de Ciencias Ambientales. Heredia, Costa Rica. 69 p.
- SEGURA, M. 1997. Almacenamiento y fijación de carbono en *Quercus costaricensis*, en un bosque de altura de la cordillera de Talamanca, Costa Rica. Tesis de Licenciatura. Escuela Ciencias Ambientales. Facultad de Ciencias de la Tierra y el Mar. Universidad Nacional. Costa Rica, Heredia. 147 p.
- UGALDE, OTÁROLA. 1984. Tablas de Volumen Para *Eucalyptus camaldulensis* en Nicaragua. Vol 34, N° 3, 377-384 p.
- VASQUEZ, W. UGALDE, L. 1995. Tablas de Volúmenes y de Productos de *Eucalyptus grandis* en Costa Rica, 23 p

Anexo 3: Tabla Biomasa (m) por árbol de *Cabrophyllum spruceanum* "capirona"

DAP (cm)	Altura total (m)																								
	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46			
53	1,9498	2,0328	2,1160	2,1994	2,2830	2,3667	2,4507	2,5348	2,6191	2,7035	2,7881														
54	2,0190	2,1049	2,1911	2,2774	2,3640	2,4507	2,5376	2,6247	2,7120	2,7994	2,8870														
55	2,0893	2,1762	2,2634	2,3507	2,4383	2,5260	2,6138	2,7016	2,7894	2,8772	2,9650														
56	2,1607	2,2527	2,3449	2,4373	2,5299	2,6227	2,7158	2,8090	2,9024	2,9959	3,0897														
57	2,2352	2,3283	2,4236	2,5191	2,6148	2,7108	2,8069	2,9033	2,9998	3,0965	3,1934														
58	2,3069	2,4051	2,5035	2,6022	2,7011	2,8002	2,8995	2,9987	3,0983	3,1981	3,2981														
59	2,3816	2,4830	2,5846	2,6865	2,7886	2,8909	2,9934	3,0962	3,1991	3,3023	3,4056														
60	2,4575	2,5621	2,6699	2,7721	2,8774	2,9830	3,0888	3,1948	3,3010	3,4074	3,5141														
61	2,5344	2,6423	2,7505	2,8589	2,9675	3,0764	3,1855	3,2944	3,4044	3,5144	3,6244														
62	2,6125	2,7237	2,8352	2,9469	3,0589	3,1711	3,2836	3,3963	3,5092	3,6224	3,7357														
63	2,6916	2,8062	2,9211	3,0362	3,1516	3,2672	3,3831	3,4992	3,6156	3,7321	3,8489														
64	2,7719	2,8899	3,0082	3,1267	3,2455	3,3646	3,4840	3,6035	3,7234	3,8434	3,9637														
65	2,8532	2,9747	3,0964	3,2185	3,3408	3,4634	3,5862	3,7093	3,8326	3,9562	4,0800														
66	2,9356	3,0606	3,1859	3,3115	3,4373	3,5634	3,6898	3,8165	3,9433	4,0705	4,1979														
67	3,0192	3,1477	3,2765	3,4057	3,5351	3,6648	3,7946	3,9250	4,0555	4,1863	4,3173														
68	3,1038	3,2359	3,3683	3,5011	3,6342	3,7675	3,9011	4,0350	4,1692	4,3036	4,4383														
69	3,1895	3,3252	3,4613	3,5978	3,7345	3,8715	4,0088	4,1464	4,2844	4,4224	4,5608														
70	3,2761	3,4157	3,5555	3,6956	3,8361	3,9768	4,1179	4,2592	4,4008	4,5427	4,6849														
71	3,3628	3,5058	3,6491	3,7927	3,9368	4,0815	4,2263	4,3714	4,5168	4,6625	4,8085														
72	3,4507	3,5973	3,7443	3,8916	4,0393	4,1874	4,3359	4,4846	4,6336	4,7828	4,9321														
73	3,5398	3,6903	3,8410	3,9920	4,1433	4,2949	4,4469	4,5992	4,7518	4,9046	5,0575														
74	3,6300	3,7837	3,9386	4,0937	4,2491	4,3948	4,5408	4,6871	4,8336	4,9801	5,1268														
75	3,7214	3,8781	4,0350	4,1921	4,3495	4,5071	4,6649	4,8228	4,9808	5,1389	5,2971														
76	3,8140	3,9737	4,1336	4,2937	4,4540	4,6145	4,7752	4,9360	5,0969	5,2579	5,4190														
77	3,9077	4,0703	4,2330	4,3960	4,5591	4,7224	4,8858	5,0497	5,2137	5,3778	5,5420														
78	4,0025	4,1681	4,3338	4,4998	4,6659	4,8322	4,9986	5,1651	5,3317	5,4984	5,6651														
79	4,1084	4,2769	4,4454	4,6141	4,7829	4,9518	5,1208	5,2899	5,4590	5,6281	5,7972														
80	4,2154	4,3861	4,5568	4,7277	4,8987	5,0698	5,2409	5,4120	5,5831	5,7542	5,9253														
81	4,3233	4,4960	4,6687	4,8416	5,0145	5,1874	5,3603	5,5332	5,7061	5,8790	6,0519														
82	4,4323	4,6070	4,7817	4,9564	5,1311	5,3058	5,4805	5,6552	5,8299	6,0046	6,1793														
83	4,5423	4,7189	4,8954	5,0719	5,2484	5,4249	5,6014	5,7779	5,9544	6,1309	6,3074														
84	4,6534	4,8319	5,0104	5,1889	5,3674	5,5459	5,7244	5,9029	6,0814	6,2599	6,4384														
85	4,7655	4,9460	5,1265	5,3070	5,4875	5,6680	5,8485	6,0290	6,2095	6,3900	6,5705														
86	4,8786	5,0611	5,2436	5,4261	5,6086	5,7911	5,9736	6,1561	6,3386	6,5211	6,7036														
87	4,9927	5,1772	5,3617	5,5462	5,7307	5,9152	6,0997	6,2842	6,4687	6,6532	6,8377														
88	5,1078	5,2943	5,4808	5,6673	5,8538	6,0403	6,2268	6,4133	6,5998	6,7863	6,9728														
89	5,2239	5,4124	5,6009	5,7894	5,9779	6,1664	6,3549	6,5434	6,7319	6,9204	7,1089														
90	5,3400	5,5305	5,7210	5,9115	6,1020	6,2925	6,4830	6,6735	6,8640	7,0545	7,2450														
91	5,4561	5,6486	5,8411	6,0336	6,2261	6,4186	6,6111	6,8036	6,9961	7,1886	7,3811														
92	5,5722	5,7667	5,9612	6,1557	6,3502	6,5447	6,7392	6,9337	7,1282	7,3227	7,5172														
93	5,6883	5,8848	6,0813	6,2778	6,4743	6,6708	6,8673	7,0638	7,2603	7,4568	7,6533														
94	5,8044	6,0029	6,2014	6,3999	6,5984	6,7969	6,9954	7,1939	7,3924	7,5909	7,7894														
95	5,9205	6,1200	6,3195	6,5190	6,7185	6,9180	7,1175	7,3170	7,5165	7,7160	7,9155														
96	6,0366	6,2371	6,4376	6,6381	6,8386	7,0391	7,2396	7,4401	7,6406	7,8411	8,0416														
97	6,1527	6,3542	6,5557	6,7572	6,9587	7,1602	7,3617	7,5632	7,7647	7,9662	8,1677														
98	6,2688	6,4713	6,6738	6,8763	7,0788	7,2813	7,4838	7,6863	7,8888	8,0913	8,2938														
99	6,3849	6,5884	6,7909	6,9934	7,1959	7,3984	7,6009	7,8034	8,0059	8,2084	8,4109														
100	6,5010	6,7045	6,9080	7,1115	7,3150	7,5185	7,7220	7,9255	8,1290	8,3325	8,5360														