

## Potencial maderable, biomasa y captura de carbono en áreas abandonadas por el cultivo de *Erythroxylum coca* Lam. (coca) en Irazola – Ucayali, Perú

### Wood potential, biomass and carbon capture in areas left by *Erythroxylum coca* Lam. (coca) cultivation in Irazola – Ucayali, Peru

Andrés Castillo Quiliano<sup>1,\*</sup> y Luisa Riveros Torres<sup>1</sup>

---

**Recibido:** 18 mayo 2021 | **Aceptado:** 24 noviembre 2022 | **Publicado en línea:** 29 diciembre 2022

**Citación:** Castillo Quiliano, A; Riveros Torres, L. 2022. Potencial maderable, biomasa y captura de carbono en áreas abandonadas por el cultivo de *Erythroxylum coca* Lam. (coca) en Irazola – Ucayali, Perú. Revista Forestal del Perú 37(2): 109-122. DOI: <https://doi.org/10.21704/rfp.v37i2.1952>

---

#### Resumen

Los bosques secundarios son ecosistemas generados por acciones naturales o antrópicas. En la amazonia ocurren básicamente por la práctica del sistema de rozo, tumba y quema, para usos agropecuarios y cultivos ilegales; sin embargo, el conocimiento de las características, sus potencialidades y la importancia de estos son limitados. Por ello, la presente investigación tuvo como objetivo determinar el potencial maderable, la biomasa aérea y la captura de carbono del componente arbóreo, en áreas que fueron abandonadas después del cultivo de *Erythroxylum coca* Lam. (coca), en el Centro de Investigación y Capacitación Macuya de la Universidad Nacional de Ucayali. Se evaluó la vegetación en cuatro parcelas de 50 × 50 m y 25 sub parcelas de 10 × 10 m. En cada parcela se registraron e identificaron todas las especies arbóreas, palmeras y lianas, también se midió el diámetro a la altura del pecho a partir de 10 cm, la altura total y comercial. Fueron registradas 33 familias, 72 géneros, y 85 especies en 737 individuos, el potencial maderable de uso comercial actual y potencial está comprendido en 23 especies, con un área basal de 4,89 m<sup>2</sup>/ha y un volumen de 44,62 m<sup>3</sup>/ha, destacando *Cedrela odorata* L., *Ceiba pentandra* (L.) Gaertn. y *Minquartia guianensis* Aubl. Así como, especies potenciales como *Apeiba aspera* Aubl. con 73 arb./ha (47%), área basal de 1,30 m<sup>2</sup>/ha y volumen de 8,05 m<sup>3</sup>/ha e *Hieronyma alchorneoides* Allemão con 15 arb./ha (10%), área basal de 0,23 m<sup>2</sup>/ha y volumen de 1,48m<sup>3</sup>/ha. La biomasa arbórea aérea total fue de 152,03 tB/ha y el carbono almacenado fue de 71 tC/ha.

**Palabras clave:** biomasa, carbono, especies maderables actuales y potenciales, sucesiones secundarias

---

<sup>1</sup> Universidad Nacional Intercultural de la Amazonia, carretera a San José, km 0,63- Yarinacocha, Ucayali, Perú.

\* Autor de Correspondencia: [gcastilloq@unia.edu.pe](mailto:gcastilloq@unia.edu.pe)

### Abstract

Secondary forests are ecosystems generated by natural or anthropic actions. In the Amazon it occurs basically due to the practice of the slash-and-burn system, for agricultural uses and illegal crops; however, the knowledge of the characteristics, their potentialities and the importance of these are limited. Therefore, the objective of this research was to determine the timber potential, the aerial biomass and the carbon capture of the tree component, in areas that were abandoned after the cultivation of *Erythroxylum coca* Lam. (coca), at the Macuya Research and Training Center of the National University of Ucayali. Vegetation was evaluated in four plots of 50 × 50 m and 25 sub-plots of 10 × 10 m. In each plot, all tree species, palms, and lianas were recorded and identified, the diameter at breast height from 10 cm, the total and commercial height, were also measured. In this study, 33 families, 72 genera, 85 species in 737 individuals were recorded, the timber potential for current and potential commercial use is comprised of 23 species, with a basal area of 4.89 m<sup>2</sup>/ha and a volume of 44.62 m<sup>3</sup>/ha. Highlighting *Cedrela odorata* L., *Ceiba pentandra* (L.) Gaertn. and *Minquartia guianensis* Aubl. As well as potential species *Apeiba aspera* Aubl. with 73 trees/ha (47%), basal area 1.30 m<sup>2</sup>/ha, and volume 8.05 m<sup>3</sup>/ha and *Hieronyma alchorneoides* Allemão with 15 trees/ha (10%), 0.23 m<sup>2</sup>/ha and 1.48 m<sup>3</sup>/ha. The total aerial tree biomass was 152.03 tB/ha and the carbon stored was 71 tC/ha.

**Key words:** biomass, carbon, current and potential timber species, secondary successions

### Introducción

Los bosques secundarios son ecosistemas que ocurren por las intervenciones antrópicas al bosque primario, para establecer básicamente actividades agropecuarias, que luego de ser abandonadas son cubiertas por vegetación inicial de hábito herbáceo, luego arbustivo y arbóreo. Esta sucesión puede ser rápida o lenta según el grado de intervención, o uso que haya tenido el área, así como la influencia de los factores ambientales (Finegan 1992, 1997; Dance y Kometter 1984).

Los bosques secundarios tienen especies maderables con potencial interesante, que exige una mayor investigación para enrumbar el aprovechamiento de estas tierras (Dancé y Kometter 1984; Finegan 1992, 1997; Ríos 2008). Este proceso de formación de los bosques secundarios es común en todos los países con bosques húmedos tropicales como Costa Rica, Ecuador, Brasil, entre otros países. Reuter (1991), citado por Ríos (2008), señala que los bosques secundarios son ecológicamente importantes por la alta producción de biomasa (12-13 t/año) que se transforma en materia orgánica y se incorpora al suelo. Sin embargo, a pesar de esta importancia, en la región Ucayali

la información respecto al potencial maderable actual, la acumulación de biomasa y el carbono, es limitada (Callo-Concha *et al.* 2002, Managed Foresta 2013). Pero para otras regiones de la amazonia peruana si existe información (Dossantos 2014, Laypeyre *et al.* 2004), así como para otras regiones de América (López *et al.* 2002, Redondo *et al.* 2001, Guinea 2004).

Los bosques secundarios de América tropical tienen una amplia distribución de especies valiosas, formándose rodales coetáneos de *Cedrela odorata* L., *Ceiba pentandra* (L.) Gaertn., *Jacaranda copaia* (Aubl.) D. Don, *Vochysia ferruginea*, Mart. o *Trema micrantha* (L.) Blume; al igual que otras especies reconocidas por la alta calidad de sus maderas como *Cordia alliodora* (Ruiz y Pav.) Oken, *Tabebuia rosea* (Bertol.) DC., entre otras (Finegan 1992).

Ríos (2008), en el Perú, evaluó 2 000 hectáreas de bosques secundarios en la Comunidad Nativa San Pascual (Satipo - Junín), registrando 25 familias botánicas, 58 especies arbóreas y 213 individuos, predominando *Cecropia* sp. (cetico), *Ladenbergia* sp. (sacha huito), *Trema micrantha* (sachahuasca, atadijo), *Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke (pashaco) e *Inga edulis* Mart. (guaba, paca, sogá), y constituyen-

do el 34,3 % del total de individuos, con coeficiente de mezcla de 1/4 y volumen de 76,68 m<sup>3</sup>/ha para árboles mayores a 10 cm de DAP, siendo las especies con mayor volumen *Erythrina* sp. (oropel) con 10,30 m<sup>3</sup>/ha, *Brosimum* sp. (congona o manchinga) con 8,55 m<sup>3</sup>/ha.

El Perú cuenta aproximadamente con el 94,1 % de su territorio cubierto de bosques y el 53,70 % está representado por bosques húmedos tropicales en la amazonia (MINAM 2015); sin embargo, desde los años 80 hasta la actualidad, un fenómeno que aqueja a esta región es el cultivo ilícito de *Erythroxylum coca* Lam. (coca). A partir de los años 90, en la Provincia de Padre Abad (Ucayali) el cultivo de esta especie fue muy intenso, propiciando la destrucción de bosques primarios para la instalación de este cultivo y, posteriormente abandonados por la persecución y erradicación realizada por el estado peruano, dejando suelos deteriorados y contaminados (García 2013).

En el año 1994, la superficie cultivada de coca en Ucayali alcanzó 21,400 ha (García 2013), producto de esta actividad, existen dentro de las áreas de bosques primarios conservadas por la Universidad Nacional de Ucayali (Bosque Macuya), sucesiones secundarias de bosque con edades entre los 15 a 20 años, siendo cubiertos por especies vegetales de diferentes hábitos como hierbas, lianas, árboles y palmeras.

Managed Forest (2013), realizó un estudio de la acumulación de carbono (tC/ha) en seis comunidades nativas de Callería, Flor de Ucayali, Buenos Aires, Roya, Curiaca, Pueblo Nuevo del Caco y Puerto Nuevo en Ucayali, considerando árboles a partir de 5 cm de DAP según tipo de bosques, y encontrando: en colina alta 123,04 tC/ha, colina baja 114,53 tC/ha, de montaña 137,42 tC/ha, terraza alta 112,80 tC/ha, terraza baja 64,60 tC/ha, terraza baja inundable 115,24 tC/ha, terraza media 119,26 tC/ha, e hidromórfico 115,76 tC/ha. Callo-Concha *et al.* (2002), al ejecutar investigaciones en los departamentos de Ucayali y Huánuco, en sistemas agroforestales, bosques primarios y secundarios de 8 años, reportaron en este último reporta un total de carbono acumulado

de 181 tC/ha, considerando únicamente que el componente arbóreo alcanza 67,9 tC/ha. Por otro lado, Dossantos (2014), en el bosque secundario de la Reserva Alpuhuayo-Mishana en Loreto, registró biomasa y carbono de 126,49 tB/ha y 60,63 tC/ha y las especies con mayor almacenamiento de carbono fueron *Taralea oppositifolia* Aubl., *Cecropia sciadophylla* Mart. y *Guatteria hyposeicea* Diels con 5,33 tC/a, 4,68 tC/ha y 2,97 tC/ha respectivamente.

De acuerdo con Brown (1997), citado por Pallqui (2013), las reservas y los flujos de carbono no presentan valores similares en cualquier parte de la amazonia, ya que, para analizar el ciclo de carbono en diferentes lugares, se debe tener en cuenta la variación de las condiciones ambientales que presenta la zona de estudio, así como también la condición del bosque, estimándose que el carbono en la biomasa de los bosques primarios varía entre 60 y 230t/ha, mientras que en bosques secundarios varía entre 25 y 190 t/ha.

En este contexto, los objetivos de la presente investigación fueron, determinar en un bosque secundario de 18 años del Centro de Investigación y Capacitación Macuya de la Universidad Nacional de Ucayali, las especies maderables de uso actual y potencial, la biomasa y el carbono arbóreo acumulado que se generó en suelos abandonados, después del cultivo de *Erythroxylum coca* (coca).

## Materiales y Métodos

### Área de estudio

La investigación se realizó en el bosque del Centro de Investigación y capacitación Macuya de la Universidad Nacional de Ucayali (UNU), Distrito de Von Humboldt, Provincia de Padre Abad, Departamento de Ucayali, con coordenadas UTM 18 L 0499051 – 9019128 (Figura 1). Según el mapa ecológico del Perú ONERN (1976), pertenece a la zona de vida Bosque muy húmedo Pre-Montano Tropical (bmh-PT). ONERN (1976), citado por Córdova *et al.* (1998), señala que está ubicada entre los 250 a 300 msnm, con una temperatura media anual de 25° C, con poca variación entre máximos

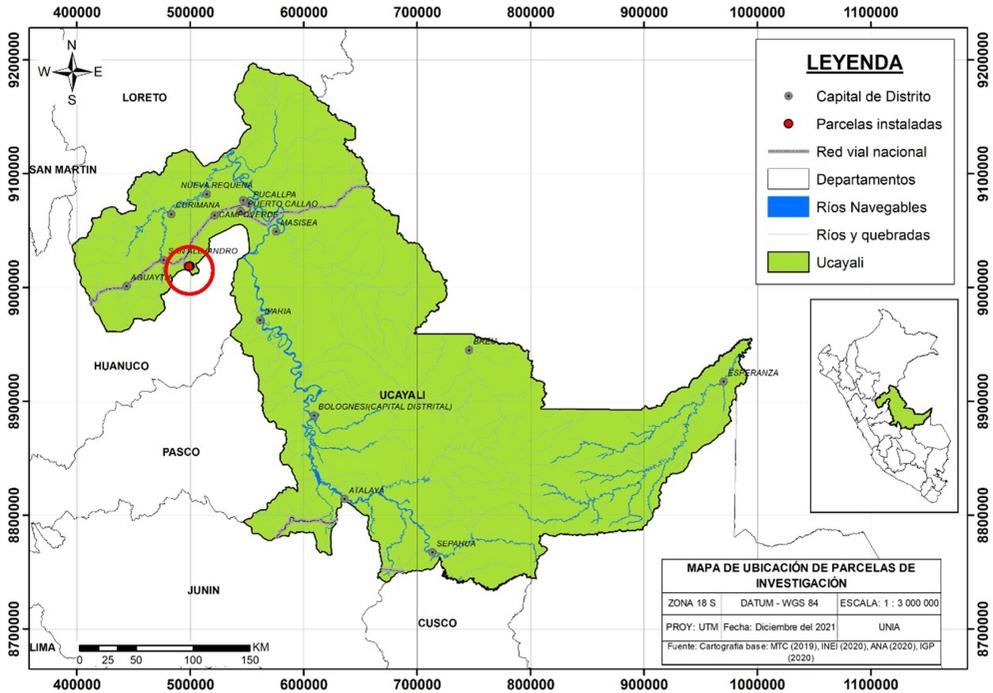


Figura 1. Ubicación del área del estudio de los bosques secundarios de Irazola – Ucayali.

y mínimos durante todo el año. El promedio de horas de sol varía notoriamente, siendo los meses de julio, agosto y setiembre los de mayor radiación solar. La humedad relativa no presenta variaciones significativas, con un promedio anual de 85 %. La precipitación pluvial anual varía de 2000 - 3000 mm, que incluye un periodo seco y otro lluvioso durante los meses de noviembre a marzo.

En el área de estudio en visitas preliminares en el año 2000, se encontró dentro de los bosques primarios residuales, áreas pequeñas y dispersas de sucesiones de bosques secundarios abandonadas, producto del cultivo de coca, por lo cual se decidió investigar que especies maderables de uso actual y potencial se regeneraron y cuanto de biomasa y carbono se almacenaron en el periodo de 18 años.

### Procedimiento

Para evaluar el componente arbóreo, palmeras y lianas en el bosque secundario, se

utilizó el protocolo de CIFOR *et al.* (1998), con ligeras modificaciones en el tamaño de las parcelas, dado que era necesario evaluar la vegetación en su totalidad en un mínimo de una hectárea, para determinar el potencial maderable y la acumulación de carbono.

Dentro del área de estudio, se establecieron cuatro parcelas de 50 × 50 m, que se delimitaron utilizando una wincha de 50 m, postes de madera y una brújula Sunnto. Además, se georreferenciaron los vértices de las parcelas con GPS. En cada parcela se midieron el DAP de todos los árboles mayores a 10 cm. Las alturas totales y comerciales fueron medidas con hipsómetro.

Se identificó cada especie *in situ* por un especialista, y para aquellas especies que no fueron posibles de identificar en campo, se realizaron las colectas botánicas y posteriormente fueron determinadas en el herbario con apoyo de Trópicos (2019), Reynel *et al.* (2016) y Vásquez (1997).

### Determinación de las variables

En los bosques secundarios existen especies maderables de valor comercial actual y potencial, y para considerar cuales evaluar, se tomó como base la bibliografía e información del mercado de maderas del Perú y otros países (Sibille 2005, Custodio 2005, Rodríguez y Sibille 1996). El cociente de mezcla, indica la homogeneidad o heterogeneidad de un bosque y para determinarlo, se relacionó el número total de especies entre el número total de árboles hallados en una hectárea.

El cálculo del volumen fue determinado mediante la fórmula:

$$V \text{ (m}^3\text{)} = \text{Pi}/4 * (\text{DAP})^2 * \text{AC} * \text{F}$$

Dónde:

$$\text{Pi} = 3.1416$$

DAP = Diámetro a la altura de pecho (m)

AC = Altura comercial (m)

F = Factor de forma (0,7)

Para el procesamiento de la información de campo, se elaboró dos bases de datos en Microsoft Excel (vers. 2010), una para la obtención del número de familias, géneros, especies existentes y predominantes y el cálculo de los volúmenes de madera de uso actual y potencial. En la segunda base de datos, se transcribió toda la información cuantitativa y cualitativa obtenida del inventario de las cuatro subparcelas del bosque secundario, como el DAP, al-

tura comercial (Hc) y altura total (Ht), familia, género y especie a la que pertenece cada individuo.

### Biomasa arbórea aérea

Para el cálculo de la biomasa acumulada y carbono capturado se utilizaron las ecuaciones alométricas. Cuadro 1. Además, se incorporó la densidad básica de la madera para el Neotrópico según la Global Wood Density Database (Zanne *et al.* 2009). Posteriormente, se determinó la biomasa total y el carbono acumulado por subparcela de (0,25 ha) y por hectárea, por cada habito de la vegetación (arbóreo, palmeras y lianas), por clase diamétrica y familia botánica. Cuando no fue posible identificar un individuo hasta el nivel del género, se usó una media global del sitio, es decir la densidad promedio de todos los individuos identificados, la cual arrojó 0,453 g/cm<sup>3</sup>. Y para determinar el carbono acumulado se consideró 47,3% de la biomasa seca (Martin y Thomas 2011). Finalmente se usó el análisis de regresión para obtener el modelo matemático del comportamiento del carbono por efecto del diámetro de cada espécimen.

### Resultados

Se registraron e identificaron 737 individuos mayores a 10 cm de DAP, obteniéndose 692 árboles, 44 palmeras y 1 liana por hectárea, representada en 33 familias, 72 géneros y 85 especies. Donde las familias con mayor abundancia por

Especificación	Ecuación	Fuente
Árboles con DAP > 10 cm.	Biomasa = 0.0673 * (pD <sup>2</sup> H) <sup>0.976</sup>	Chave <i>et al.</i> (2014)
Palmeras con DAP ≥ 10 o 2 m de altura	Biomasa = exp(3.627+0.5768) * (ln(DAP <sup>2</sup> * H)) * 1.02	Hughes <i>et al.</i> (2000)
Lianas	Biomasa = exp(0.12 + 0.91 * Log(AB))	Putz (1983), citado por Pearson <i>et al.</i> (2005)
C en la biomasa	C = B * Fc	Martin & Thomas (2011)

**Cuadro 1.** Ecuaciones alométricas usados para determinar biomasa y carbono en los bosques secundarios de Irazola - Ucayali. B: biomasa (kg); Ln: Logaritmo base 10; exp: exponencial; p: densidad básica de la especie; DAP: diámetro (cm) del tronco a la altura del pecho (1,3 m); AB: área Basal (para el caso de las lianas hasta 12 cm de DAP); Ht: altura total (m); Fc: fracción de C (0.473).

hectárea fueron: Malvaceae (124 individuos, 16,8%), Euphorbiaceae (121 individuos, 16,4%), Fabaceae (89 individuos, 12,1%), Urticaceae (82 individuos, 11,1%) y Salicaceae (54 individuos, 7,3%). Las especies con mayor densidad o número de árboles por hectárea fueron *Sapium marmieri* Huber (112), *Apeiba aspera* Aubl. (73), *Cecropia sciadophylla* (65), *Casearia* sp. (47), *Inga* sp. (25), *Apeiba tibourbou* Aubl. (23), *Senna* sp. (23), *Annona* sp. (21), *Cecropia polystachya* Trécul (17), *Hieronyma alchorneoides* Allemão (15), *Himatanthus sucuuba* (Spruce ex Müll. Arg.) Woodson (15), *Guatteria* sp. (13), *Cordia* sp. (12), y *Miconia* sp. (12); entre las palmeras destacaron, *Astrocaryum murumuru* Mart. (19) y *Euterpe precatoria* Mart. (17).

Se determinó al área de estudio como un bosque heterogéneo y mayormente con especies de carácter ecológico heliófitas durables, como *Cedrela odorata*, *Ceiba pentandra*, *Apeiba aspera*, *Schizolobium amazonicum*, *Colubrina glandulosa* Perkins, *Terminalia amazonia* (J.F Gmel.) Exell, *Hieronyma alchorneoides*, *Jacaranda copaia*, *Schefflera morototoni* (Aubl.) Maguire, Steyererm. & Frodin, *Simarouba ama-*

*ra* Aubl., *Cordia alliodora*, *Sapium marmieri* y algunas esciófitas como *Aspidosperma desmanthum* Benth. ex Müll. Arg., *Aspidosperma parvifolium* A.DC., *Minquartia guianensis* Aubl., *Nectandra* sp., *Ocotea* sp. y *Persea* sp.

Las familias representadas con especies de madera con valor comercial fueron Meliaceae (*Cedrela odorata*, *Guarea* sp.), Malvaceae (*Ceiba pentandra*, *Apeiba aspera*), Fabaceae (*Schizolobium amazonicum*, *Diploptropis* sp.), Rhamnaceae (*Colubrina glandulosa*), Combretaceae (*Terminalia amazonia*), Apocynaceae, (*Aspidosperma desmanthum*, *A. parvifolium*), Olacaceae (*Minquartia guianensis*), Phyllanthaceae (*Hieronyma alchorneoides*), Bignoniaceae (*Jacaranda copaia*), Araliaceae (*Schefflera morototoni*), Simarubaceae (*Simarouba amara*), Lauraceae (*Nectandra* sp., *Ocotea* sp. y *Persea* sp.), Boraginaceae (*Cordia alliodora*) y Verbenaceae (*Vitex* sp.). Las especies con mayor valor económico registradas fueron *Cedrela odorata* con cuatro árboles por hectárea, con DAP máximo de 28 cm, cinco árboles de *Ceiba pentandra*, en la categoría diamétrica de 10 a 15,43 cm y tres árboles de *Terminalia amazonia*, con diámetros entre 10 a 20,87 cm.

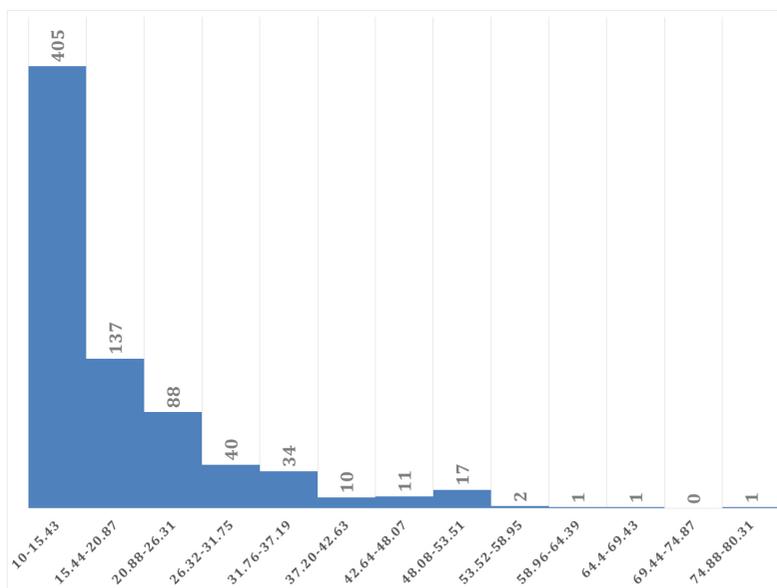


Figura 2. Distribución diamétrica de las especies registradas en los bosques secundarios de Irazola – Ucayali.

También se registró algunas especies remanentes típicas del bosque primario, tales como *Handroanthus ochraceus* (Cham.) Mattos, *Handroanthus serratifolius* (Vahl) S.O. Grose y *Ficus insípida* Willd., que se diferenciaron de las demás especies encontradas en el bosque secundario, por tener DAP y alturas totales muy grandes y probablemente por haber resistido al fuego en la preparación del área para los cultivos ilícitos.

De los resultados hallados se podría considerar, que el área de estudio es un bosque con tendencia a ser heterogéneo, sin embargo, al analizar la abundancia presentada, se nota claramente que las 10 primeras especies abarcan más del 50 % de la abundancia total con 425 árboles más dos palmeras, y las 20 especies más abundantes suman el 74 %, es decir, 545 árboles por hectárea; esto es corroborado con el Coeficiente de mezcla que fue determinado en 1/9, en donde cada especie está representada por nueve árboles.

**DAP, alturas comerciales y totales**

El DAP promedio de los 737 individuos (árboles, palmeras y una liana), alcanzó 18,49 cm,

la altura comercial 10,21 m y altura total fue de 15,26 m. La distribución diamétrica de las especies se concentró en los diámetros menores y, muy pocos árboles se observaron en los diámetros mayores.

En la Figura 2, se observa que el mayor número de individuos se concentró en las clases diamétricas de 10 – 15,43 cm alcanzado un total de 405 árboles (55%), seguido de 15,44 hasta 42,63 con 309 árboles (42%) y, solo 23 árboles (3%) están en la categoría de 42,64 hasta 80,31 cm. El DAP alcanzado por la mayoría de las especies a la edad de 18 años no permite tener individuos que puedan ser aprovechados, con excepción de *Schizolobium amazonicum* (quillosa pashaco) que presenta un individuo con 77 cm de DAP.

**Abundancia, Área basal y Volumen de especies maderables de uso potencial y actual**

El total de árboles por hectárea, con uso potencial maderable a futuro son 54. Pero existen especies dentro de esta relación de las cuales se desconocen las propiedades tecnológicas y uso apropiado, por ejemplo, de *Annona* sp. (sacha anonilla), *Cecropia sciadophylla* (cetico

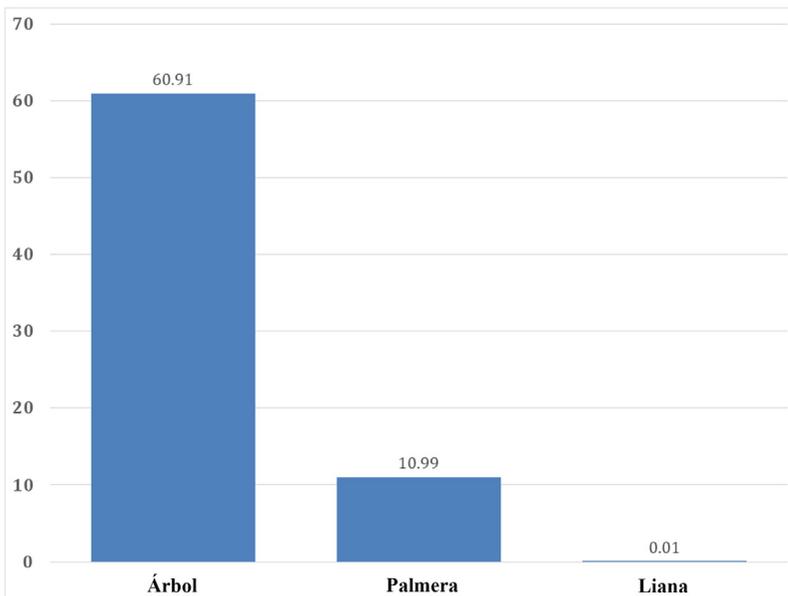


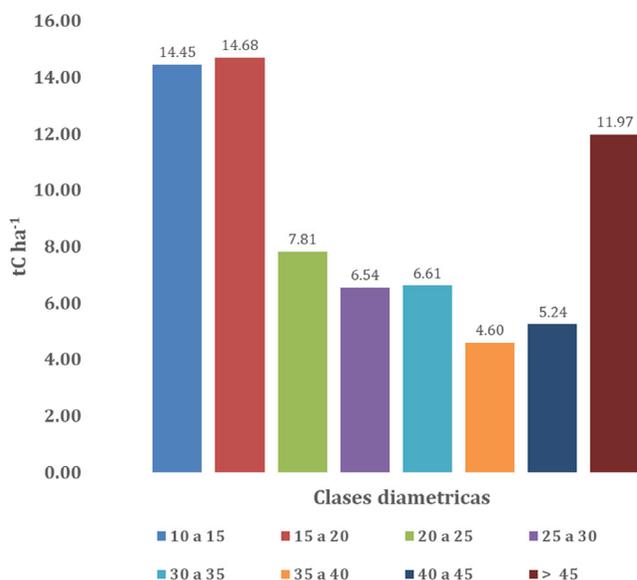
Figura 3. Carbono por tipo de hábito de vegetación en los bosques secundarios de Irazola – Ucayali.

Parcela	t B	tC
P1	40	19
P2	37	18
P3	40	19
P4	35	16
Media por parcela	38	18
Total por ha	152	72
D S.	2.3	1.1
CV %	6	3

**Cuadro 2.** Biomasa y carbono por parcela y hectárea en los bosques secundarios de Irazola – Ucayali.

colorado), *Inga* sp. y otras con mayor abundancia como *Sapium marmieri* (caucho masha de hoja grande) y *Casearia* sp. (purma caspi). Es pertinente hacer notar los valores registrados para *Cedrela odorata* una especie de alto valor comercial que alcanzó un DAP promedio de 16 cm y una altura comercial de 11 m, y otras como, *Colubrina glandulosa* un DAP promedio de 22 cm y altura comercial de 12 m, y para *Terminalia amazonia* de 21 cm y 14 m respectivamente.

Para las cuatro parcelas del bosque secundario en estudio, se determinaron 30,06 m<sup>2</sup>/ha de área basal y 254,71 m<sup>3</sup>/ha de volumen total de madera. Las especies con maderas de uso actual son: *Cedrela odorata* (cedro colorado), *Ceiba pentandra* (lupuna blanca), *Schizolobium amazonicum* (quillosa pashaco), *Jacaranda copaia*, (huamanzamana), *Terminalia amazonia* (yacushapana negra), *Cordia alliodora* (añallo caspi o laurel), *Ceiba samauma* (Mart.) K. Schum. (huimba negra), *Minquartia guianensis* (huacapu), *Simarouba amara* (marupa) y *Aspidosperma parvifolium* (quillobordon amarillo). La abundancia absoluta, relativa, área basal y volumen de las especies de uso potencial fueron: *Apeiba aspera* (peine de mono) con 72 arb./ha (47%), 1,30 m<sup>2</sup>/ha y 8,05m<sup>3</sup>/ha, *Hieronyma alchorneoides* (piñaquiro colorado) con 15 arb./ha, (10%), 0,23m<sup>2</sup>/ha y 1,48m<sup>3</sup>/ha, *Colubrina glandulosa* (shaina) con 6 arb./ha (4%), 0,25m<sup>2</sup>/ha y 2,25 m<sup>3</sup>/ha, *Schefflera morototoni* (aceite caspi) con 5 arb./ha (3%), 0,13 m<sup>2</sup>/ha y 1,97m<sup>3</sup>/ha y *Ficus insípida* (ojé) con 4 arb/ha (3%), 0,29 m<sup>2</sup>/ha y 1,98 m<sup>3</sup>/ha. Las especies de mayor dominancia fueron *Schizolobium amazonicum* con 6 arb./ha (4%), área basal 1,64 m<sup>2</sup>/



**Figura 4.** Stock de carbono por clase diamétrica en los bosques secundarios de Irazola – Ucayali.

ha y volumen 18,0 m<sup>3</sup>/ha, *Jacaranda copaia* con 4 arb./ha (3%), área basal 0,64 m<sup>2</sup>/ha y volumen 4,52 m<sup>3</sup>/ha. Del total de las 85 especies registradas en el estudio, 23 de ellas son consideradas especies con uso actual y potencial, y abarcan 153 fustales con un área basal de 4,89 m<sup>2</sup>/ha y volumen de 44,63m<sup>3</sup>/ha.

Entre las palmeras, resaltan por su mayor abundancia: *Astrocaryum murumuru* (huicungo), *Euterpe precatória* (chonta), *Iriartea deltoidea* Ruiz & Pav. (huacrapona), *Socratea exorrhiza* (Mart.) H. Wendl. (cashapona) y *Oenocarpus bataua* Mart. (ungurahui), esta última palmera habita suelos muy húmedos o encharcados, lo cual no es común en el sitio de evaluación. Además, es importante notar la ausencia de *Mauritia flexuosa* L. f. (aguaje), especie que requiere de sitios permanentemente inundados.

**Stock de biomasa y carbono**

Para las cuatro parcelas de 0,25 ha, el promedio de biomasa fue de 38,01 tB/parcela y 17,98 tC/parcela, con un total por hectárea de 152,03 tB/ha y 71,1 tC/ha (Cuadro 2). Tal como se aprecia en la Figura 3, el carbono almacenado

por tipo de hábito (arbóreo, palmeras y liana) muestra que la mayor acumulación se encuentra en los individuos arbóreos con un total de 60,91 tC/ha, esta predominancia está determinado porque el hábito mayor de vegetación en el bosque secundario esta dado por los árboles. En segundo lugar, se encuentra el componente de palmeras con 10,99 t C/ha y en último lugar, la liana con un total de 0,01 t C/ha.

En la Figura 4, se aprecia el stock de carbono por clase diamétrica, donde la mayor acumulación se encuentra en las clases de 10 a 15 cm y de 15 a 20 cm con un total de 14.45 y 14.68 tC/ha, respectivamente; en tercer lugar, la clase > 45 cm con un total de 11,97 tC/ha.

De igual forma se aprecia que los stocks de carbono muestran una tendencia de “J” invertida, debido principalmente a que el bosque secundario es un bosque joven que aún no ha iniciado el recambio de los árboles maduros, además, de que se encuentran en terrenos de la Universidad Nacional de Ucayali donde no se realiza tala alguna. La especie *Schizolobium amazonicum* (quillosa pashaco) es de rápido crecimiento y registró un individuo con un

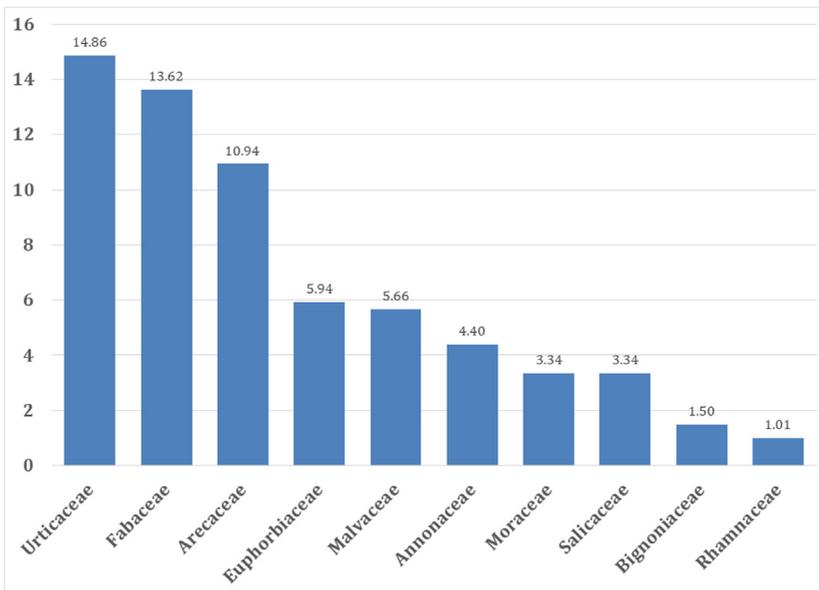
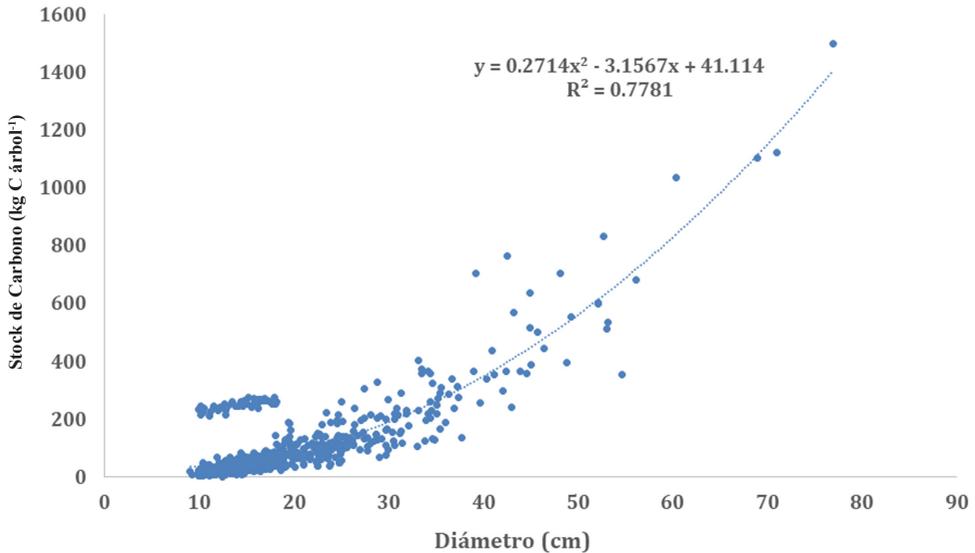


Figura 5. Distribución del carbono en las principales familias botánicas en los bosques de Irazola – Ucayali.



**Figura 6.** Análisis de regresión de la variable DAP vs carbono por individuo en los bosques secundarios de Irazola – Ucayali.

DAP de 77 cm y es la que aporta mayor carbono por hectárea.

Tal como se desprende del análisis de la Figura 5, la familia que más aportó en el stock de carbono fue la Urticaceae, seguido de familia Fabaceae y en tercer lugar Arecaceae, con un total de 14,26, 13,62 y 10,99 tC/ha, respectivamente.

### Correlación entre diámetros y stock de carbono

Al establecer la correlación entre los diámetros y los stocks de carbono de los ejemplares de cada especie en los bosques secundarios evaluados, se encontró que el modelo de regresión polinómica es la que mejor ajuste tuvo en la dispersión de los puntos, con 78% de variabilidad ( $r^2 = 0,7781$ ) entre las variables, es decir, las reservas de carbono se ven afectadas por el diámetro de los individuos (Figura 6).

### Discusión

El bosque en estudio está conformado por parches o fragmentos dentro de un bosque pri-

mario residual en superficies de 1 a 20 hectáreas como máximo. Esta característica de ubicación le ha otorgado ventajas durante el proceso de formación del bosque secundario, porque fue factible la dispersión de semillas de especies del bosque primario adyacente, asimismo, el suelo fue utilizado por corto período de tiempo y la exposición a los agentes de erosión fue menor, esto no permitió la formación de un bosque homogéneo como ocurre mayormente con especies heliofitas efímeras como *Cecropia* sp. Al contrario, se encontró un bosque heterogéneo y mayormente con especies de carácter heliófitas durables, como *Cedrela odorata*, *Ceiba pentandra*, *Apeiba aspera*, *Schizolobium amazonicum*, *Colubrina glandulosa*, *Terminalia amazonia*, *Hieronyma alchorneoides*, *Jacaranda copaia*, *Schefflera morototoni*, *Simarouba amara*, *Cordia alliodora*, *Sapium marmieri* y algunas esciófitas como *Aspidosperma desmanthum*, *Aspidosperma parvifolium*, *Minquartia guianensis*, *Nectandra* sp., *Ocotea* sp. y *Persea* sp.

Los resultados obtenidos tienen cierta similitud a los hallados por Baluarte (1998) que evaluó un bosque secundario de 1 a 17 años en

Jenaro Herrera, Ríos (2008) en Selva Central, Finegan (1992, 1997) en Costa Rica, Guinea (2004) en Guatemala. De igual manera Giacomotti (2016) y Redondo *et al.* (2001), cada uno de ellos reportaron familias, géneros y especies que fueron también encontrados en el bosque secundario evaluado, tales como Fabaceae, Urticaceae, Euphorbiaceae y Malvaceae que fueron las más abundantes y dominantes; y entre las especies comerciales registradas en el estudio figuran *Schizolobium amazonicum*, *Cedrela odorata*, *Cordia alliodora*, *Ceiba pentandra*, *Jacaranda copaia*, *Guarea* sp. y *Minguartia guianensis*; las mismas que son muy comunes en la mayoría de los bosques secundarios de los bosques húmedos tropicales.

En lo que respecta a las familias y el potencial maderable, Ríos (2008) reportó en selva central 58 especies arbóreas, 25 familias botánicas, 213 individuos y un volumen de 76,68 m<sup>3</sup>/ha, comparando con lo hallado en el presente estudio donde se obtuvieron 85 especies, 33 familias, 72 géneros y 737 individuos/ha entre árboles, palmeras y una liana. Coincidiendo con Redondo *et al.* (2001) quienes menciona que, a mayor edad del bosque, mayor es la complejidad en especies. Respecto al volumen total de 254,71 m<sup>3</sup>/ha registrado, fue tres veces más que lo reportado por Ríos (2008); estas diferencias notorias se podrían explicar por el bajo grado de afectación del suelo, la existencia de bosques primarios aldeaños, las especies presentes en cada sitio y la tasa de crecimiento de cada uno de ellos.

Entre las especies más abundantes registradas en este estudio, existe coincidencia con lo encontrado por Dancé y Kometter (1984), Finegan (1992, 1997), Baluarte (1998), Guinea (2004), Ríos (2008) y Redondo *et al.* (2001), como son la presencia de (*Laetia procera* Poeppig) Eichler (Poepp.) Eichler, *Simarouba amara*, *Casaria* sp., *Miconia* sp., *Cedrela odorata*, *Terminalia amazonia*, *Ceiba pentandra*, *Jacaranda copaia*, *Schizolobium amazonicum* y *Cecropia* sp., y entre las palmeras, *Euterpe precatoria* y *Socratea exorrhiza*.

Entre las especies de mayor valor comercial que más destacaron fueron *Cedrela odorata*

(cedro colorado) del cual se registró árboles de hasta 28 cm de DAP; asimismo también se podría señalar a *Terminalia amazonia*, *Schizolobium amazonicum*, *Hieronyma alchorneoides*, *Apeiba aspera*; y *Ceiba pentandra* (lupuna blanca) esta última como especies importantes para la industria del laminado; sin embargo, el DAP y la altura alcanzado por *Ceiba pentandra* en comparación a las otras especies, son menores a pesar de ser de crecimiento rápido en sus periodos iniciales, esto se debió probablemente al carácter ecológico que tiene de ser heliófita durable y el crecimiento fue menor a las otras especies, quedando relegada en el estrato inferior, de ahí su limitado crecimiento.

El tema de Biomasa y Carbono en estos últimos años ha tomado importancia por ser un servicio ambiental que brindan los bosques; muchos investigadores como Callo-Concha *et al.* (2002), reportan una media de 67,9 t C/ha para bosques secundarios en el componente árboles vivos. Asimismo, Dossantos (2014) halló 126,49 t biomasa/ha y carbono 63,24 t C/ha en bosques secundarios de Loreto (Perú), del mismo modo, López *et al.* (2002) refieren que el carbono de la biomasa área total de individuos con diámetros superiores a 5 cm oscila entre 51 y 90 t C/ha en promedio, igualmente, los reportes de Chacón *et al.* (2007), en bosques secundarios de 15 años en Ecuador cuentan con un total de 84,1 t C/ha. Hughes *et al.* (1999) encontraron una biomasa promedio de 272 t B/ha en bosques con 16 años de edad. Corrales (1998) encontró 162,1 t B/ha, en bosques secundarios de 15 años de climas húmedos y muy húmedos de Costa Rica. Los resultados obtenidos en el presente estudio fueron de 152,03 tB/ha y 71,91 tC/ha, y al ser comparados con los de Hughes *et al.* (1999), resultan ser 120 tB/ha menores, en cambio con Corrales (1998) y Dossantos (2014) son muy similares, la diferencia no es significativa. Respecto al carbono reportados por Chacón *et al.* (2007) para bosques secundarios de 15 años, nuestros resultados son ligeramente menores a pesar de ser de provenir de un bosque mayor por tres años. Sin embargo, nuestros resultados son muy similares a los de Dossantos (2014). Es muy probable que estas diferencias se deban

a factores biofísicos y edafoclimáticos como el tiempo de uso de los suelos, erosión y nivel de degradación, depredación de la regeneración natural, tipos de bosques, facilidades de recibir material de propagación, si recibió o no, el manejo forestal entre otras. Además, la superficie de los bosques secundarios se han incrementado por el aumento poblacional, problemas sociales o requerimientos de áreas para actividades agropecuarias principalmente, pero debido a que presentan suelos frágiles y no fértiles son abandonadas después de este uso y son cubiertas por vegetación en un proceso de sucesión, y en este periodo se acumula biomasa y el stock de carbono, que a su vez permite recuperar la fertilidad del suelo y también ayuda a incrementar la presencia de especies con potencial de uso maderable.

### Conclusiones

Las especies comerciales actuales y potenciales con fustes de buena calidad fueron 23, con valores promedio de 44,62 m<sup>3</sup>/ha y un área basal de 4,89 m<sup>2</sup>/ha, siendo las principales *Cedrela odorata*, *Ceiba pentadra*, *Terminalia amazonia*, *Schefflera morototoni*, *Cordia alliodora*, *Colubrina glandulosa*, *Simarouba amara*, *Apeiba aspera*, *Jacaranda copaia*, *Ceiba samauma* y *Schizolobium amazonicum*.

La biomasa acumulada en bosques secundarios de 18 años fue de 152,03 tB/ha y el carbono almacenado de 71,91 tC/ha, siendo el hábito arbóreo el que más acumulo carbono con 60,91 t C/ha, concentrado en la clase diamétrica de 15 a 20 cm con 14,68 t C/ha, y mayormente en la familia Urticaceae, con un total de 14,26 tC/ha.

### Agradecimientos

Al Instituto de la Pequeña Producción Sustentable (IPPS) y a la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AECID), por el apoyo económico.

Al personal del Centro de Investigación y Capacitación Macuya de la Universidad Nacional de Ucayali, y a los estudiantes de la Carrera

de Ingeniería Agroforestal Acuícola de la Universidad Nacional Intercultural de la Amazonia, quienes participaron en la evaluación del bosque secundario.

### Referencias

- Baluarte, VJ. 1988. Composición florística de los bosques secundarios de Jenaro Herrera, Loreto. *Folia Amazónica* 9(1-2):191-214.
- Callo-Concha, D; Krishnamurthy, L; Alegre, J. 2002. Secuestro de carbono por sistemas agroforestales amazónicos. *Revista Chapingo* 8(2):101-106.
- Chacón, P; Leblanc, HA; Russo, RO. 2007. Fijación de carbono en un bosque secundario de la región tropical húmeda de Costa Rica. *Tierra Tropical* 3(1):39-49.
- Chave, J; Réjou-Méchain, M; Búrquez, A; Chidumayo, E; Colgan, MS; Delitti, WBC; Duque, A; Eid, T; Fearnside, PM; Goodman, RC; Henry, M; Martínez-Yrizar, A; Mugasha, WA; Muller-Landau, HC; Mencuccini, M; Nelson, BW; Ngomanda, A; Nogueira, EM; Ortiz-Malavassi, E; Péliissier, R; Ploton, P; Ryan, CM; Saldarriaga, JG; Vieilledent, G. 2014. Improved allometric models to estimate the aboveground biomass of tropical trees. *Global Change Biology* 20(10):3177-3190.
- CIFOR (Centro para la Investigación Forestal Internacional, Indonesia); CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Costa Rica); BID (Banco Interamericano de Desarrollo, Estados Unidos). 1998. Protocolo de levantamiento de vegetación en bosques secundarios. Turrialba, Costa Rica. 16 p.
- Córdova, N; Limache, A; Salvador, I. 1998. Plan de desarrollo del Centro de Investigación y Capacitación Forestal Macuya. Universidad Nacional de Ucayali (UNU). Pucallpa, Perú. 20 p.
- Corrales, L. 1998. Estimación de la cantidad de carbono almacenado y captado (masa aérea) en el Corredor Biológico Mesoamericano de Costa Rica. PROARCA/CAPAS/CCAD/USAID. San José, Costa Rica. 15 p.

- Custodio, M. 2005. Maderas para pisos. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú. 177 p.
- Dancé, J; Kometter, MR. 1984. Algunas características dasonómicas en los diferentes estadios del bosque secundario. *Revista Forestal del Perú* 12(1-2):1-15.
- Dossantos, ME. 2014. Almacenamiento de carbono en la biomasa aérea del bosque primario y bosque secundario de la parcela "muro huayra", en la Reserva Nacional Allpahuayo Mishana, Iquitos, Perú. Tesis Ing. Iquitos Perú, UNAP. 52 p.
- Finegan, B. 1992. El potencial de manejo de los bosques húmedos secundarios neotropicales de las tierras bajas. CATIE (Serie técnica). Informe técnico N°188. Turrialba, Costa Rica. 29 p.
- Finegan, B. 1997. Bases ecológicas para el manejo de bosques secundarios en las zonas húmedas del trópico americano, con énfasis sobre la producción de madera. Taller internacional sobre el estado actual y potencial de manejo y desarrollo del bosque secundario tropical en América Latina. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 20 p.
- Fonseca, GW; Alice, F; Montero, J; Toruño, H; Leblanc, H. 2008. Acumulación de biomasa y carbono en bosques secundarios y plantaciones forestales de *Vochysia guatemalensis* e *Hieronyma alchorneoides* en el Caribe de Costa Rica. *Agroforestería en las Américas* (46):57-64.
- García, J. 2013. La situación del narcotráfico en la región Ucayali. Serie Amenazas a la seguridad: el narcotráfico, N°13. IDEI. Lima, Perú. 23 p.
- Giacomotti, TJ. 2016. Evaluación de la dinámica forestal en un área de bosque secundario tardío en el fundo La Génova, Chanchamayo, Perú. Tesis Ing. Forestal. Lima, Perú. UNALM. 65 p. Disponible en <https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/2640>.
- Guinea, B. 2004. Caracterización del potencial de uso maderable y no maderable del bosque secundario de la zona de adyacencia del parque nacional laguna Lachúa, Cobán alta Verapaz y lineamientos generales de manejo forestal, Guatemala. Tesis Ing. Agrónomo. Ciudad de Guatemala, Guatemala. USAC. 85 p.
- Hughes, RF; Kauffman, JB; Jaramillo, VJ. 1999. Biomass, carbon and nutrient dynamics of secondary forest in a humid tropical region of Mexico. *Ecology* 80(6):1882-1907.
- Hughes, RF; Kauffman, JB; Jaramillo, VJ. 2000. Ecosystem-scale impacts of deforestation and land use in a humid tropical region of Mexico. *Ecological Applications* 10(2):515-527.
- Laypeyre, T; Alegre, J; Arévalo, L. 2004. Determinación de las reservas de carbono de la biomasa aérea, en diferentes sistemas de uso de la tierra en San Martín, Perú. *Ecología Aplicada* 3(1-2):35-44. Disponible en <http://www.scielo.org.pe/pdf/ecol/v3n1-2/a06v3n1-2.pdf>.
- López, M; de Koning, F; Paredes, H; Benítez, P. 2002. Estimación de carbono en biomasa de bosques secundarios y plantaciones forestales en el noroccidente del Ecuador. GTZ. Eschborn. Alemania. 42 p.
- MINAM (Ministerio del Ambiente, Perú). 2015. Deforestación y degradación forestal (en línea). Lima, Perú. Consultado 22 set. 2016. Disponible en <http://geoservidor.minam.gob.pe/intro/monitoreo/deforestacion-y-degradacion-forestal-6.html>.
- Managed Forest. 2013. Estimación del carbono almacenado en la biomasa del bosque de las comunidades nativas de Callería, Flor de Ucayali, Buenos Aires, Roya, Curiaca, Pueblo Nuevo del Caco y Puerto Nuevo en la región de Ucayali-Perú (en línea). Managed Forest E.I.R.L. Ucayali, Perú. 41 p. Consultado 15 nov. 2022. Disponible en [https://www.itto.int/files/itto\\_project\\_db\\_input/2995/Technical/Estudio%20de%20stock%20de%20carbono%20RED-PD%2003311%20Rev.pdf](https://www.itto.int/files/itto_project_db_input/2995/Technical/Estudio%20de%20stock%20de%20carbono%20RED-PD%2003311%20Rev.pdf).
- Martin, AR; Thomas, SC. 2011. A reassessment of carbon content in tropical trees. *PLoS One* 6(8):e23533. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0023533>.

- ONERN (Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales del Perú). 1976. Mapa Ecológico del Perú, Guía Explicativa. Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales del Perú. Lima, Perú. 146 p.
- Pallqui, NC. 2013. Dinámica de un bosque tropical: biomasa aérea y análisis en parcelas permanentes a largo plazo, Reserva Nacional Tambopata - Madre de Dios. Perú. Tesis Biológico. Cusco Perú. UNSAC. 129 p.
- Pearson, T; Walker, S; Brown, S. 2005. Sourcebook for land use, land use change and forestry projects. (en línea). Biocarbon Fund Winrock internacional. USA. 57 p. Consultado 15 nov. 2022. Disponible en <https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/16491/795480WP0SourceCF-0Projects00PUBLIC0.pdf>.
- Redondo, A; Vilchez, B; Chazdon, R. 2001. Estudio de la dinámica y composición de cuatro bosques secundarios en la región Huetaar Norte, Sarapiquí-Costa Rica. Revista Forestal Centro americano (Comunicación Técnica) 10(36):20–26.
- Reynel, C; Pennington, TD; Pennington, RT. 2016. Árboles del Perú. 1era Edición. Herbario de la Facultad de Ciencias Forestales, UNALM, Lima, Perú. 1047 p.
- Rodríguez RM; Sibille, AM. 1996. Manual de Identificación de Especies Forestales en la Subregión Andina. Proyecto, PD 150/91Rev.I (I) Identificación y Nomenclatura de las Maderas Tropicales Comerciales de la Subregión Andina. INIA-ITTO. Lima, Perú. 489 p.
- Ríos, TJ. 2008. Bases técnicas para el manejo forestal en bosques secundarios: una aproximación al análisis de la dinámica poblacional de los bosques secundarios de selva central del Perú. San Ramón, Perú. INRENA. 59 p.
- Sibille, AM. 2005. Maderas del Perú. Woods of Perú. Proyecto: Promoción de nuevas especies forestales del Perú en el comercio exterior. Prompex. Lima, Perú. 40 p.
- Trópicos. 2019. Missouri Botanical Garden (en línea). Consultado 12 feb. 2019. Disponible en <http://www.tropicos.org/>.
- Vásquez, R. 1997. Flórua de las Reservas Biológicas de Iquitos, Perú. Monogr. syst. bot. Mo. Bot. Gard. 63:1–1046 p.
- Zanne, AE; López-González, G; Coomes, DA; Ilic, J; Jansen, S; Lewis, SL; Miller, RB; Swenson, NG; Wiemann, MC; Chave, J. 2009. Global wood density database (en línea). Consultado 18 mar. 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.5061/dryad.234>.