

Evaluación del crecimiento, potencial de secuestro y fijación de carbono de dos especies forestales en el Sistema Agroforestal Taungya en Rivas, Nicaragua

Álvaro José González-Martínez¹
Joel Rojas-Hernández²
Ronaldo Martín Jiménez-Gómez³
Francisco José Chavarría-Ñamendi⁴

Resumen

Se estudió el crecimiento, la biomasa, el potencial de carbono fijado y secuestrado en dos especies forestales, *Tectona grandis* (Linn. F) y *Bombacopsis quinata* (Jacq. Dugand) de 5 años de edad, en asociación con *Musa balbissiana* ABB en un Sistema taungya. El marco de siembra fue de 1,5 x 6 m. La medición de las variables se realizó al primer raleo de manera sistemática (50% de plantas a ralear). La biomasa y carbono almacenado se cuantificó a través del método destructivo.

Ambas especies presentaron una sobrevivencia superior al 83%. En altura total (10,6 m) y de fuste (3,4 m), *T. grandis* fue superior en un 30% y 36% respectivamente que *B. quinata*, sin embargo, esta última fue superior en más del 32% en diámetro de copa (5,7 m). *T. grandis* presentó el mejor incremento medio anual con 2,1 m de altura total, superando en un 31% a *B. quinata*.

Abstract

We studied the growth, biomass, potential carbon I fixed and sequestered by two forest species, *Tectona grandis* (Linn. F) and *Bombacopsis quinata* (Jacq. Dugand) of 5 years old, in association with *Musa balbissiana* ABB in System Taungya. Planting framework was 1,50 x 6 m. Measurement of variables was performed the first systematic thinning (50% of plants to thin). The biomass and stored carbon was quantified through the destructive method.

Both species showed a greater than 83% survival. In total height (10,6 m) and stem (3,4 m), *T. grandis* was higher by 30% and 36% respectively to *B. quinata*, however, the latter were higher by more than 32% in cup diameter (5,7 m). *T. grandis* showed the best annual average increase of 2,1m total height exceeding 31% to *B. quinata*.

1. Unidad de Investigación (UI). Escuela Internacional de Agricultura y Ganadería (EIAG); Rivas, Nicaragua; ajgonzalez75@gmail.com

2. UI-EIAG; joelrojas3@yahoo.com

3. UI-EIAG; ronaldo.jimenez@hotmail.com

4. UI-EIAG; frankch76@yahoo.es

En relación al peso específico, *T. grandis* presentó el mayor valor (0,57 g/cm³), superando en más del 83% a *B. quinata*. No se encontró diferencia estadística entre las especies en volumen comercial (0,05 m³). La cantidad de biomasa (47,77 Kg MS planta⁻¹), contenido de carbono en la vegetación (raíz, fuste y ramas gruesas) y potencial de almacenamiento de carbono por planta (26,98 kg), *T. grandis* presentó el mejor comportamiento superando en un 44, 1,7 y 47% a *B. quinata* respectivamente. De acuerdo al potencial de carbono fijado por superficie *T. grandis* presentó la mejor estimación total (26,7 t ha⁻¹) y tasa anual (5,34 t C ha⁻¹ año⁻¹), superando en un 57% a *B. quinata*.

Palabras clave: Sistema taungya, deforestación, crecimiento, densidad, peso específico básico, biomasa, captura de carbono, *Tectona grandis*, *Bombacopsis quinata*, Nicaragua.

Introducción

Los Sistemas Agroforestales no sólo actúan como sumideros de carbono, sino que también previenen el agotamiento de los ya existentes, porque reducen la presión sobre la deforestación de los bosques. Al convertir la madera en muebles o material de construcción, se retiene un 50% del carbono hasta su descomposición. Estos sistemas incluyen prácticas sostenibles de bajos insumos y evitan la explotación de bosques al proveer de madera (Dixon 1995).

Según Pérez *et al.* (2005), los sistemas basados en plantaciones forestales asociados con cultivos anuales, que tienen el objetivo de obtener una producción de madera en su etapa final, se han descrito como sistemas agrosilviculturales o Sistema taungya. Este sistema posee como propósito principal proteger al suelo de la erosión en las partes con pendientes mayores al 15% y producir madera comercial, denominándose sistema de rotación en laderas (Budowski 1984).

Bendaña (2007), plantea que las emisiones de gases de efecto invernadero provenientes de las actividades humanas son la principal causa del cambio climático. Dentro de estos gases está el CO₂ como el mayor contribuyente a este cambio, el cual ha incrementado su contenido de 300 ppm (0,03%) en los años 60 hasta 340 ppm a finales de los años 80, para el 2013 este dato ha aumentado a 395,38 ppm (NOAA 2013), como resultado de la quema de combustible fósil, deforestación e incendios forestales.

Entre las funciones importantes que juegan los árboles como alternativa de mitigación al cambio climático, se destacan las siguientes: contribuyen a la captura de las emisiones de carbono en una quinta parte; reaccionan sensiblemente

Specific weight relative to *T. grandis* showed the highest value (0,57g/cm³), exceeding by more than 83% to *B. quinata*. No statistical difference was found between species in trade volume (0,05 m³).The amount of biomass (47,77 Kg MS plant⁻¹), carbon content in vegetation (root, stem and large branches) and carbon storage potential per plant (26,98kg), *T. grandis* showed the best performance surpassingly 44, 1,7 and 47% to *B.quinata* respectively. According to the potential for surface carbon fixed by *T.grandis* showed the best total estimate (26,7t ha⁻¹) and annual rate (5,34tCha⁻¹ Yr⁻¹), up by 57% to *B.quinata*.

Key words: Taungya system, deforestation, growth, density, specific gravity basic, biomass, carbon capture, *Tectona grandis*, *Bombacopsis quinata*, Nicaragua.

a los cambios climáticos cuando se les maneja de forma sostenible, producen madera para combustible que es una alternativa menos contaminante (FAO 2003).

En este sentido es importante el establecimiento de sistemas agroforestales, en particular el sistema taungya que provee mejores condiciones sociales y de vida a los productores, al obtener beneficios de una plantación agrícola a corto plazo y después del cultivo forestal a largo plazo, de este modo se evita la agricultura migratoria (Ramachandran 1997). El objetivo fue evaluar crecimiento, producción de biomasa y captura de carbono en teca (*Tectona grandis*) y pochote (*Bombacopsis quinata*), en un Sistema Taungya de cinco años.

Materiales y métodos

Ubicación

La investigación se desarrolló en el Sistema Taungya de la finca Santa María, propiedad de la Escuela Internacional de Agricultura y Ganadería, ubicada en la comunidad La Chocolate, municipio de Rivas, situado entre las coordenadas 11° 41' Latitud Norte; 85° 83' Longitud Oeste. Las condiciones agroecológicas de la zona son: temperatura media anual de 27,10 C°, precipitaciones de 1614 mm año⁻¹, período cenicar del 15 de julio – 15 de agosto, altitud de 70 msnm, humedad relativa entre 72 – 86%, velocidad del viento de noviembre – abril es de 3,7 m seg⁻¹ y de mayo – octubre de 2,4 m seg⁻¹, topografía con pendientes del 3 – 5%, suelos de francos a francos arcillosos (INETER sf). Es una zona cálida y seca (Salas 1993).

Área de estudio

El sistema fue establecido en junio de 2006, en un área de 1,06 ha, las especies forestales (*T. grandis* y *B. quinata*)

fueron plantadas a 1,5x6 m asociadas con *Musa balbissiana* ABB establecida entre las calles, durante los primeros tres años en el sistema. El estudio se realizó al momento del primer raleo (5 años) y la investigación se desarrolló bajo los criterios del diseño de parcelas apareadas.

Para el tamaño de la muestra se consideró como población las plantas a ser raleadas previamente del sistema (32 de *T. grandis* y 94 de *B. quinata*), de estas se seleccionaron y marcaron 11 y 18 plantas respectivamente. Este cálculo se determinó con la fórmula propuesta por Münch y Ángeles (1990) y se aplicó el factor de ajuste al tamaño "n aj" por el tamaño de la población (Segura y Honhold 2000).

Para la distribución de las muestras se aplicó el método de muestreo sistemático, que de acuerdo a la densidad poblacional de las especies correspondió a cada 7 plantas. La toma de datos se realizó entre los meses de abril a mayo del 2011.

Metodología

Previo al corte de la planta se midió el diámetro de copa (m), se tomaron de dos a tres lecturas de diámetros en forma de cruz, teniendo como centro de referencia el fuste de la planta; posteriormente se midió el DAP (cm), a una altura de 1,3 m desde el nivel del suelo.

Una vez tumbada la planta, se midió la altura comercial (m) desde la base del fuste hasta la base de la copa; así como la altura total, desde la base del fuste hasta el ápice de la copa. El volumen comercial (Vc), se estimó a partir de la altura comercial (Hc), diámetro menor (Dmen) y mayor (Dmay) del fuste, para estos últimos se tomaron dos lecturas en forma de cruz (cm) y se aplicó la fórmula del volumen a partir de diámetros extremos (Smalian) (INTECFOR 1993).

Para determinar el porcentaje de materia seca, se tomaron muestras de 140 – 280 g de biomasa fresca (Pf) de cada componente, las muestras del fuste y ramas se seccionaron en trozos de 5 - 10 cm y las hojas en fragmentos finos. Todas las muestras se colocaron en bolsas de papel krafs y se sometieron a temperatura de 60 C° por un período de 72 horas y se registró el peso seco (Ps). Se aplicó para todos los componentes, la siguiente fórmula:

$$\%MS = \frac{Ps}{Pf} \cdot 100$$

Para encontrar el valor de peso específico básico (PEB), se cortaron dos discos de 3 – 4 cm de ancho en cada extremo del fuste y ramas gruesas, luego se tomaron en cada disco dos muestras en forma de triángulo, a

los cuales se les determinó el volumen (cm³) en estado fresco, posteriormente las muestras se sometieron a temperatura de 60 C° por un período de 72 horas y se registró el peso seco.

Para determinar el peso específico básico se aplicó la siguiente fórmula:

$$PEB = \frac{Ps}{Volumen}$$

En cada planta evaluada se separó el fuste, hojas, ramas gruesas y delgadas (≤ 5 cm); luego se registró el peso fresco inicial de cada componente (kg); el peso seco se estimó a partir del peso fresco y el porcentaje de materia seca de cada componente, para ello se aplicó la siguiente fórmula:

$$Ps = Pf \cdot \%MS$$

Para estimar la cantidad de biomasa del tocón (Bt), primero se determinó el volumen del tocón (Vt) a partir de la altura (H) y diámetro (D) del mismo, en cada indicador se realizaron dos lecturas, y la cantidad de biomasa a partir del volumen del tocón (Vt), peso seco (Psf) y volumen del fuste (Vf).

$$V_t = \frac{\pi}{4} \cdot \frac{(D_1 + D_2)^2}{2} \cdot \frac{(H_1 + H_2)}{2} \quad B_t = \frac{V_t \cdot P_{sf}}{V_f}$$

Para estimar la pérdida de biomasa por aserrado se realizaron los siguientes pasos:

1. En cada corte del fuste se midió el diámetro menor y mayor (m), posteriormente se determinó el área de superficie de cada corte.
2. Luego se estimó el volumen de pérdida de biomasa promedio (dos cortes), multiplicando el área de superficie por la longitud de cada corte (0,9 cm = 0,009m) y el resultado se multiplicó por el número de cortes de cada árbol.
3. Finalmente la pérdida total (kg MS) se estimó a partir del volumen (m³) del corte, peso seco (kg) del fuste o rama y el volumen (m³) del fuste o rama.

$$Pérdida\ Biomasa = \frac{(Volumen\ del\ corte) \cdot (Peso\ seco\ del\ fuste\ o\ rama)}{Volumen\ del\ fuste\ o\ rama}$$

Para la estimación de la biomasa del tocón se realizaron los siguientes pasos:

Cuadro 1. Altura, diámetro, peso específico básico, volumen comercial y sobrevivencia de *Bombacopsis quinata* y *Tectona grandis* en el Sistema tuangya en Rivas, Nicaragua.

VARIABLES	B. quinata	T. grandis
Altura total (m)	8,1 a	10,6 b
Altura de fuste (m)	2,5 a	3,4 b
Diámetro de copa (m)	5,7 b	4,3 a
Diámetro a la altura del pecho	12,5 a	12,0 a
IMA de altura total (m año ⁻¹)	1,6 a	2,1 b
IMA de DAP (cm año ⁻¹)	2,5 a	2,4 a
Peso específico básico (g/cm ⁻³)	0,31 a	0,57 b
Volumen comercial (cm ⁻³)	0,05 a	0,05 a
Sobrevivencia (%)	89,0 a	83,3 a

1. Inicialmente se midió la altura (H) y diámetro basal (db) del tocón, para estimar el volumen del mismo (Vt - m³), a través de la siguiente fórmula:

$$\text{Volumen del Tocón} = \frac{\pi}{4} \cdot (\text{db})^2 \cdot H$$

2. La biomasa del tocón (kg MS), se estimó a partir del volumen (m³), peso seco (kg) del fuste y el volumen (m³) del tocón.

$$\text{MS del Tocón} = \frac{\text{Vol.tocón}}{\text{Vol.fuste}} \cdot \text{peso seco fuste}$$

Para estimar la cantidad de biomasa de las raíces, se consideró el planteamiento de MacDicken (1997), citado por Schlegel *et al.* (2001), los cuales toman como base que las raíces representan entre el 10 y 40 % de la biomasa contenida en la vegetación aérea del árbol. Considerando las condiciones climáticas de la zona (Trópico seco), en este caso se tomó el valor promedio de 25% para la estimación de la biomasa de raíces.

La biomasa total (Bt) contenida en el árbol se obtuvo por la sumatoria de la biomasa total aérea (Bta) y la biomasa de raíces (BR).

$$Bt = Bta + BR$$

Para determinar la cantidad de carbono contenida en la vegetación, se tomaron muestras por componente, se les determinó el contenido de carbono a través del método de combustión “incineración de la materia seca”, los datos obtenidos se multiplicaron con valores de biomasa (Kg MS) por componente (Nogués *et al.* 2010).

La biomasa y carbono (t MS ha⁻¹), se estimó a partir del porcentaje de sobrevivencia, cantidad de biomasa y carbono por planta de cada especie.

Resultados y discusión

Diámetro de copa, DAP y altura

Se encontró que *T. grandis* superó a *B. quinata* en altura total y de fuste en más de 30% y 36% respectivamente. Sin embargo, en diámetro de copa *B. quinata* es superior en más de 32% a *T. grandis*. Para el caso de diámetro a la altura del pecho no se encontró diferencias estadísticas significativas, no obstante, existe una diferencia matemática para *B. quinata* de más del 4% (Cuadro 1).

Con relación al incremento medio anual en altura (IMA - H), se encontró que *T. grandis* (2,1 m año⁻¹) superó a *B. quinata* en un 31%, este resultado es similar a lo encontrado por Vasquez y Ugalde (1995), citado por Vaides *et al.* 2004, quién reporta un crecimiento en plantaciones menores a 10 años de 2,3 m año⁻¹ (Cuadro 1).

En el caso del incremento medio anual en diámetro a la altura del pecho (IMA - DAP), no se encontró diferencias entre las especies evaluadas. El IMA - DAP de *T. grandis* a los 5 años de edad (2,4 cm año⁻¹), fue superior al estimado por Jiménez y Landeta (2009) quién encontró un IMA - DAP de 1,6 cm año⁻¹, en un sitio con una densidad poblacional de 920 plantas y 8 años de edad, posiblemente la diferencia se deba a la edad de la plantación cuando se realizaron los estudios, donde la mayoría de las especies tiene su máximo crecimiento entre los primeros 5 - 7 años de edad (Chaves y Mora 2010). Vallejos (1996), citado por Vaides *et al.* 2004, reportan un crecimiento similar en plantaciones de 2 - 15 años de 2,5 cm año⁻¹ (Cuadro 1).

Peso específico básico y volumen comercial

Se determinó que *T. grandis* (0,57 g/cm³) superó a *B. quinata* en más del 83% en peso específico básico, de acuerdo a Salazar *et al.* 2000, *B. quinata* es una madera ligeramente pesada y logra alcanzar un peso específico básico general de 0,38 - 0,43g/cm³ (Cuadro 1). En relación al peso específico básico de *T. grandis* coincide con los valores determinados por Moya (2002)

Cuadro 2. Biomasa, fracción y contenido de CO₂ en *Bombacopsis quinata* y *Tectona grandis* en el Sistema tuangya en Rivas, Nicaragua

Componente	Peso seco kg planta ⁻¹		Fracción CO ₂ planta ⁻¹		Contenido CO ₂ kg planta ⁻¹	
	B. quinata	T. grandis	B. quinata	T. grandis	B. quinata	T. grandis
Raíz	7,42 a	9,82 a	0,56 a	0,57 b	4,13 a	5,57 a
Tocón	0,38 a	0,29 a	0,56 a	0,57 b	0,21 a	0,17 a
Fuste	10,61 a	18,93 b	0,56 a	0,57 b	5,91 a	10,73 b
R. gruesas	8,35 a	13,67 b	0,56 a	0,57 b	4,69 a	7,75 b
R. delgadas	3,25 a	3,11 a	0,54 a	0,56 b	1,76 a	1,75 a
Hojas	2,86 a	1,76 a	0,54 b	0,52 a	1,54 a	0,91 a
Total planta ⁻¹	33,03 a	47,77 b			18,34 a	26,98 b

quien encontró valores desde 0,46 a 0,61 g/cm³, dicha variación está influenciado por el manejo, condiciones edafoclimáticas y la edad.

Sobrevivencia

No se encontró diferencia estadística entre las especies, ambas presentaron un porcentaje de sobrevivencia superior al 83% considerado como aceptable en plantaciones forestales, no obstante, *T. grandis* presenta una diferencia matemática del más del 6% sobre *B. quinata* (Cuadro 1). Estos resultados difieren con los encontrados por Piotto *et al.* (2002) en plantaciones de 3 – 4 años en Carazo – Nicaragua, donde *T. grandis* presentó el 100% de sobrevivencia y *B. quinata* el 41%.

Biomasa y carbono

En la cantidad de biomasa total estimada (Kg MS planta⁻¹), *T. grandis* presentó el mayor rendimiento, superando en más del 44% a *B. quinata*. En ambas especies, los componentes con mayor contenido de biomasa por planta fueron el fuste y las ramas gruesas, representado el 32,1 y 25,3% en *B. quinata* y el 39,6 y 28,6% para *T. grandis* respectivamente. El total de biomasa de *T. grandis* a los 5 años (47,2 t ha⁻¹) coincide con lo estimado por Jiménez y Landeta (2009), en plantaciones de 8 años, quién encontró un rendimiento de biomasa que varió entre 27,7 – 66,1 t ha⁻¹, lo cual se debió a la calidad de los sitios evaluados.

Con relación al contenido de carbono en la vegetación se encontró diferencia estadística entre las especies: *T. grandis* presentó el contenido más alto de carbono superando a *B. quinata* en 1,7% en raíz, tocón, fuste, ramas gruesas y 3,7% en ramas delgadas; solamente en las hojas *B. quinata* el valor fue superior con 3,8%. El comportamiento de *T. grandis* en crecimiento, biomasa, peso específico básico y fracción de carbono, le permitió un mayor potencial de almacenamiento de carbono por planta superando en más del 47% a *B. quinata* (Cuadro 2).

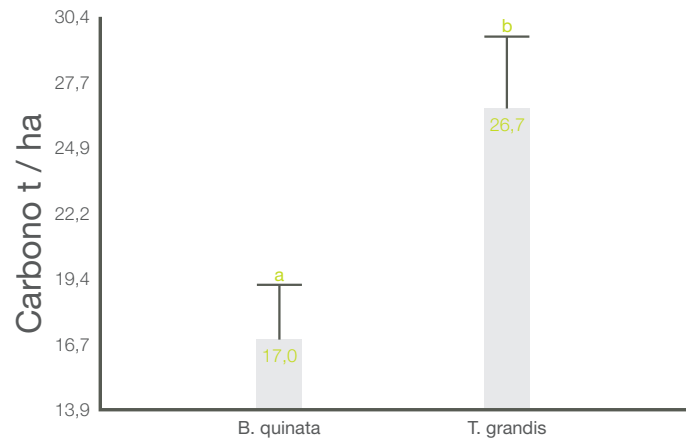


Figura 1. Tasa de fijación y almacenamiento de carbono de *Bombacopsis quinata* y *Tectona grandis* en el Sistema tuangya en Rivas, Nicaragua

Biomasa seca y carbono almacenado por superficie (ha)

Al momento del primer raleo (5 años) se encontró diferencia estadística entre las especies en la tasas anuales de acumulación de biomasa seca por hectárea, donde *T. grandis* con una densidad poblacional estimada de 989 plantas ha⁻¹ (9,45 t MS ha⁻¹año⁻¹) superó en más del 54% a *B. quinata* (925 plantas ha⁻¹) (Figura 1). Con relación al potencial de carbono fijado (ha), *T. grandis* presentó la mayor tasa de fijación (5,34 t ha⁻¹año⁻¹) superando a *B. quinata* en un 57%. Este resultado de *T. grandis* difiere con lo planteado por el IPCC (1996), quién reportó una tasa de 8 t ha⁻¹ año⁻¹

Conclusiones

Las especies en estudio presentaron una sobrevivencia aceptable de más del 83%.

T. grandis presentó un incremento medio anual de 2,1m en altura, superando en un 31% a *B. quinata*, del cual no difiere estadísticamente en DAP (IMA).

La variación o desproporción en el crecimiento de altura de fuste y DAP en las especies, influyó en el resultado de volumen comercial, donde no se encontró diferencia estadística.

Con relación a la biomasa total y peso específico básico en la madera del fuste, *T. grandis* obtuvo el mejor rendimiento con 47,77 kg MS planta⁻¹ y 0,57 g/cm³ superando en un 44 y 83% a *B. quinata* respectivamente, así mismo la biomasa del fuste representó más del 32 y 39% del contenido total en *B. quinata* y *T. grandis*.

La superioridad en el incremento medio anual en altura (2,1m), peso específico básico y carbono contenido en la vegetación de *T. grandis* influyó en la tasa de fijación de carbono anual (35,37 t C ha⁻¹ año⁻¹) que fue superior en un 57% a *B. quinata*.

Recomendaciones

Evaluar el aporte potencial de fijación y secuestro de carbono en los demás componentes del sistema (cultivos anuales y semiperennes).

Referencias

Bendaña, G. 2007. Problemas ecológicos globales ¿El principio del fin de la especie humana? (Con referencia a Nicaragua y Centroamérica). Managua, NI, ARDISA. 177 p.

Budowski, G. 1984. Los sistemas agroforestales en América Central. In Agroforestería (1981, Turrialba, CR). Actas. Eds. J. Heuvelodp; J. Lagamann. Turrialba, CR, CATIE. 112 p.

Chaves, E., Mora F. 2010. Incrementos en diámetro, área basal y altura en un ensayo de aclareos para *Pachira quinata* (Jacq.) W.S. Alverson, Nicoya, Guanacaste, Costa Rica. (en línea). Revista Forestal Venezolana 54(2):131-146. Consultado 2 sept. 2013. Disponible en http://www.saber.ula.ve/bitstream/123456789/32519/1/art1_eladiochaves.pdf

Dixon, R.K. 1995. Sistemas agroforestales y gases invernadero. Agroforestería en las Américas 2(7):22-26.

FAO (Food and Agriculture Organization, IT). 2003. Bosques y actividades forestales. Roma, IT, FAO, Depto. de Montes. 13 p.

INETER (Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales). S.f. Característica del clima de Nicaragua. Normas Históricas – Altas Climático: 1971 -2000. (en línea). Consultado 17 jun. 2013. Disponible en <http://webserv2.ineter.gob.ni/Direcciones/meteorologia/clima%20nic/caracteristicasdelclima.html>

INTECFOR (Instituto Técnico Forestal, NI). 1993. Manual técnico forestal. Managua, NI, INTECFOR. 250 p.

IPCC (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, US). 1996. Libro de trabajo para el inventario de los gases de efecto invernadero. Directrices del IPCC para los inventarios de gases de efectos invernadero, versión revisada 1996. (en línea). London, United Kindom, IPCC, OCDE y AIE. Vol. 2. Consultado 17 sept. 2013. Disponible en <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/spanish.html>

Jiménez, E., Landeta A. 2009. Producción de biomasa y fijación de carbono en plantaciones de teca (*Tectona grandis* Linn F). Campus Prosperina – ESPOL. (en línea). Guayaquil, EC, Fac. de Ing. Mecánica y Ciencia de la Producción. Esc. Superior Politécnica del Litoral Campus Gustavo Galindo. 6 p. Consultado 17 sept. 2013. Disponible en <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/5131>.

Moya, R. 2002. Influencia de la edad del cambium, tasa decrecimiento y nivel de precipitación sobre la densidad básica de la teca en Costa Rica. Madera y Bosques 8(1):39-49.

Münch, L., Ángeles E. 1990. Métodos y técnicas de investigación. 2ª ed. D.F., MX, Trillas. 166 p.

NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration, US). 2013. Trends in Atmospheric Carbon Dioxide (en línea). Consultado 19 nov. 2013. Disponible en <http://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/weekly.html>

Nogués, F; García, D; Rezeau, A. 2010. Energía de la biomasa. (en línea). Textos docentes: 173. Energías renovables. Consultado el 24 de ag. 2013. Disponible en <http://books.google.es/books?id=P58rcPu5O90C&pg=PA135&dq=Como+determinar+el+contenido+de+cenizas+en+madera&hl=es&sa=X&ei=jdOXUsqbOYigkQeg3oCAAw&ved=0CFYQ6AEwBw#v=onepage&q=Como%20determinar%20el%20contenido%20de%20cenizas%20en%20madera&f=true>

Pérez, C. E., Ruíz . C. J., Reyes F. G., López, J., Calero G. C. 2005. 1ª ed. Potencial de plantaciones forestales y fijación de carbono en Nicaragua. (en línea). Managua, NI, MAGFOR, PROFOR, Banco Mundial, MARENA. Consultado 4 sept. 2013. Disponible en <http://www.magfor.gob.ni/descargas/libros/POTENCIAL%20DE%20PLANTACIONES%20FORESTAL%20Y%20FIJACION%20DE%20CARBONO.pdf>

Pérez C, E; Ruiz F, C; Calero G, C. 2005. Potencial de Plantaciones Forestales y Fijación de Carbono en Nicaragua. Ministerio Agropecuario Forestal (MAGFOR), Proyecto Forestal de Nicaragua (PROFOR), Banco Mundial (BM), Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales (MARENA). Impresión Comercial LA PRENSA. Managua, Nicaragua. 178 p.

Piotto, D., Montagnini F., Kanninen M., Ugalde L., Viquez E. 2002. Comportamientos de las especies y preferencias de los productores. Plantaciones forestales en Costa Rica y Nicaragua. (en línea). Revista Forestal Centroamericana (38):59-66. Consultado 17 sept. 2013. Disponible en <http://web.catie.ac.cr/informacion/RFCA/rev38/ct9.pdf>

Ramachandran, N.P.K. 1997. Agroforestería. Centro de Agroforestería para el desarrollo sostenible. MX, Universidad Autónoma de Chapingo. 453 p.

Salas, J.B. 1993. Árboles de Nicaragua. Managua, Instituto Nicaragüense de Recursos Naturales y del Ambiente (IRENA). 390 p.

Salazar, R., Soihet C., Méndez J.M. 2000. Manejo de semillas de 100 especies forestales de América Latina. (en línea). Turrialba, CR, CATIE. Proyecto de Semillas Forestales Danida Forest Seed Centre. Vol. 1. 204 p. (Serie Técnica, Manual técnico n°41). Consultado 1 sept. 2013. Disponible en http://books.google.co.cr/books?id=wS_3vuPi4ZgC&printsec=frontcover&hl=es&v=onepage&q&f=false

- Schlegel, B., Gayoso J., Guerra J. 2001. Manual de procedimientos para inventarios de carbono en ecosistemas forestales (en línea). Universidad Austral de Chile, Valdivia, CL. Consultado 4 mar. 2013. Disponible en <http://www.umoar.edu.sv/biblio/agricultura/forestales/carbono%20en%20forestales%20mediciones.pdf>
- Segura, J., Honhold N. 2000. Métodos de muestreos para la producción y salud animal. Mérida, MX, Ediciones de la Universidad Autónoma de Yucatán. 139 p.
- Vaides, E., Ugalde L., Galloway G. 2004. Crecimiento y productividad de teca en plantaciones forestales jóvenes en Guatemala. (en línea). Recursos Naturales y Ambiente (46-47):137-145. Consultado 5 mar. 2013. Disponible en <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A3294E/A3294E.PDF>