



Grupo eumed.net / Universidad de Málaga y
Red Académica Iberoamericana Local-Global
Indexada en IN-Recs (95 de 136), en LATINDEX (33 DE 36), reconocida por el DICE, incorporada a la
base de datos bibliográfica ISOC, en RePec, resumida en DIALNET y encuadrada en el Grupo C de la
Clasificación Integrada de Revistas Científicas de España.
Vol 9. N°26
Junio 2016
www.eumed.net/rev/delos/26

CUANTIFICACIÓN DE BIOMASA AÉREA TOTAL, CARBONO ALMACENADO Y CO₂ FIJADO EN ÁRBOLES DE TECA. CASO DE ESTUDIO

MsG Henry Manuel Correa Guaicha¹
henry.m.correa@gmail.com

MBA Oscar Mauricio Romero Hidalgo²
oromero@utmachala.edu.ec

Ecuador

Contenido

Resumen	2
Abstract	2
1. Introducción.....	3
2. Objetivo	4
3. Área de Estudio.....	4
4. Metodología	5
4.1 Fase de Campo.....	5
4.2 Determinación de Humedad en Muestras Biológicas Vegetales	8
5. Fase de Procesamiento de Información	9
6. Resultados	10
7. Conclusiones.....	14
Bibliografía.....	14

¹ Magister en “Cambio Climático: Adaptación y Mitigación”. Docente de la Universidad Técnica de Machala, UTMACH. Ecuador.

² Magister en “Dirección de Empresas”. Docente Universidad Técnica de Machala, UTMACH. Ecuador.

Resumen

Para el desarrollo de la investigación se definió el objetivo de cuantificar la biomasa aérea total, carbono almacenado y CO₂ fijado en árboles de teca (*Tectona grandis* Linn. F).

En la investigación se aplicó el método directo destructivo. En la fase de campo se definió el área de estudio con la metodología de triangulación 3-4-5 de Pitágoras mediante la cual se delimitó la parcela de muestreo. En el inventario forestal de tecas se observaron los datos individuales de cada árbol acorde a los criterios establecidos en la FAO. Se recolectó la hojarasca disponible en la superficie del suelo, la muestra analizada fue de 1 Kg. Posteriormente se procedió a talar el árbol en su parte basal.

Luego de la aplicación de la metodología se presentaron los resultados y conclusiones, de una parcela de muestreo rectangular de 500 m² de una plantación forestal de teca de 4,3 ha y 14 años de siembra de un área en la provincia del Guayas, Ecuador, la cual posee como promedio 49 árboles de teca, un volumen de 0,1147 m³, biomasa aérea total de 34,311 Kg, carbono almacenado de 17.155 Tn y CO₂ fijado de 62,959 kg.

Se incluyen además una serie de figuras y tablas de imprescindible inclusión que facilitan la comprensión artículo.

Palabras Clave: Parcela de Muestreo. Biomasa. Carbono almacenado. CO₂ fijado.

Abstract

The objective for this paper was to quantify the biomass total area, carbon stored and CO₂ fixed in teak trees.

The destructive method was implemented in this investigation. In the field phase we used the triangulation method 3-4-5 from Pythagorean, in which the sample plot was delimited. It was observed in the teak plantations, data of each tree according to the criteria established by the FAO. Plant litter available was recollected in the surface of the soil, the sample analyzed was of 1 kg.

Then we proceeded to cut the tree in its base.

After the methodology was applied, results and conclusions were revealed from a rectangular simple plot of 500 m² of a teak plantation of 4.3 ha and 14 years of planting an area in the province of Guayas, Ecuador, which has averaged 49 teak trees, a volume of 0.1147 m³, biomass total area of 34.311 kg, carbon stored 17,155 tons and 62.959 kg of CO₂ fixed.

It was included a series of figures and tables that facilitate the comprehension of the article.

Key Words: Sampling plot. Biomass . Storage carbon. Fixed co₂.

1. Introducción

De acuerdo a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMCC), el cambio climático se entiende como la alteración de la composición de la atmósfera mundial, de origen antropogénico, y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante periodos de tiempo comparables. Por otro lado, el Panel Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés) define el cambio climático como cualquier cambio en el clima con el tiempo, debido a la variabilidad natural o como resultado de actividades humanas (CIIFEN, Boletín Mayo 2010, pág. 4).

El problema del cambio climático global tiene su origen en la ruptura del equilibrio en el ciclo del carbono. La solución al problema debe basarse en la reducción de las emisiones de carbono originadas por el ser humano y en el aumento de la capacidad de absorción de carbono. En este contexto, la Mitigación al Cambio Climático, hace referencia a las políticas, tecnologías y medidas tendientes a limitar y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y mejorar los sumideros de los mismos, sean estos bosques nativos o plantaciones forestales (Institute, Global Development And Environment, 2011).

Los bosques del mundo almacenan más de 650,000 millones de toneladas de carbono: el 44% en biomasa; el 11% en madera muerta y hojarasca, y el 45% en el suelo. Según el (Report, 2007), la deforestación supone alrededor del 17% al 18% de las emisiones globales de gases de efecto invernadero de origen antropogénico, la mayor contribución sin contar el suministro energético (electricidad y combustibles fósiles), que representa alrededor del 26% de las emisiones.

La posibilidad de mitigar el cambio climático por la reducción en las emisiones de carbono provocadas por la deforestación y la degradación forestal, y por el aumento de la absorción de carbono mediante la reforestación y gestión forestal sostenible, es una cuestión importante en los debates mundiales sobre las respuestas al cambio climático.

La Estrategia Nacional de Cambio Climático del Ecuador, puesta en vigencia a finales del 2012, respecto a su Línea Estratégica – Mitigación al Cambio Climático, plantea el siguiente objetivo General “Crear condiciones favorables para la adopción de medidas que reduzcan emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) y aumentar los sumideros de carbono en los sectores estratégicos” (MAE 2012, 2012); por lo que siendo el sector forestal una actividad productiva muy relevante en la actividad, se hace necesario generar más conocimiento de especies forestales maderables para potenciar iniciativas de mitigación al cambio climático en este sector.

En este contexto, la especie maderable Teca (*Tectona grandis* Linn. F) de amplia producción forestal en El Ecuador, presenta características importantes para su utilización con fines de mitigación al cambio climático: Es una especie latifoliada que pertenece a la familia Verbenaceae. Es un árbol grande, deciduo, que puede alcanzar más de 50 m de altura y 2 m de

diámetro en su lugar de origen. Es un árbol de fuste recto, con corteza áspera y fisurada de 1.2 mm de espesor, de color café claro que desfolia en placas grandes y delgadas. La distribución natural abarca de los 10 a los 25° N en el Subcontinente Indio y el Asia Suroriental, especialmente en India, Myanmar, Tailandia, Laos Camboya, Vietnam y en Java. En América Tropical fue introducida primero en Trinidad en 1913 y en 1916, con semillas procedentes de Tenasserim en Burma (Myanmar). Esta procedencia ha sido ampliamente distribuida, exportándose semilla de Trinidad a Belice, Antigua, Dominicana, Jamaica, Costa Rica, Cuba, Colombia, Venezuela, Haití, Puerto Rico, Ecuador, Guayana Francesa y México (Fonseca, 2004)

2. Objetivo

Cuantificar la biomasa aérea total, carbono almacenado y CO₂ fijado en árboles de teca (*Tectona grandis* Linn. F), de una parcela de muestreo rectangular de 500 m² de una plantación forestal de teca de 4,3 ha y 14 años de siembra, existente entre la FIMCBOR, Lago Artificial, y Avenida principal de la ESPOL.

3. Área de Estudio

El área de estudio designada, está ubicada en el predio de siembra de teca, existente entre la FIMCBOR, Lago Artificial, y Avenida principal de la ESPOL. Es un área de 500 m² (20 m x 25 m), la cual está comprendida en un área total de 4,3 Ha de plantación de teca, con una edad promedio de 14 años.

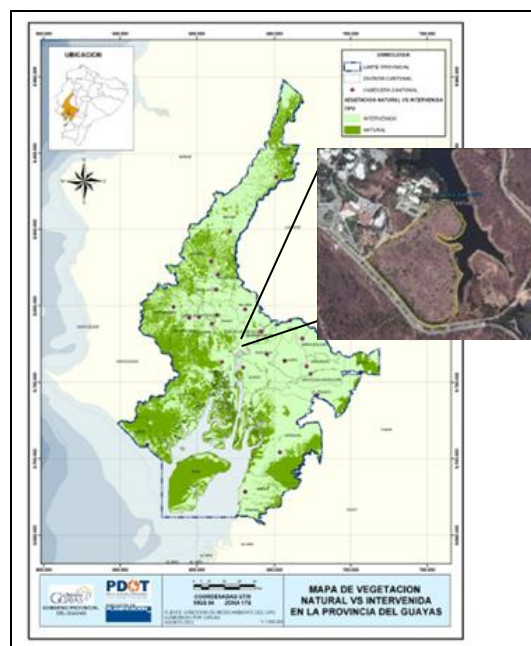


Figura 1. Área de Estudio

4. Metodología

Entre el 12 de julio y 16 de agosto del 2015 se realizó el levantamiento de información de campo, para dar cumplimiento al objetivo del presente estudio, se empleó la metodología descrita a continuación:

4.1 Fase de Campo

4.1.1 Definición del área de estudio

El 12 de julio de 2015, mediante la metodología 3 – 4 – 5 de Pitágoras, se delimitó la parcela de muestreo de 500 m² que contiene las tecas producto del estudio a realizar, empleando 4 estacas y cinta métrica de 50 m de longitud. El gráfico a continuación resume la teoría geométrica que se aplica para establecer el cuadrante.



Triangulación para hallar un ángulo recto

Figura 2: Metodología 3-4-5 de Pitágoras

4.1.2 Inventario forestal de tecas

Una vez delimitada el área de 500 m², se procedió a obtener los datos individuales de cada árbol de teca en la unidad de muestreo de manera general acorde a los criterios establecidos en la propuesta de la (FAO, 2004). Cada uno de los individuos de teca fue numerado y señalado con pintura roja; los datos de medición colectados fueron circunferencia a la altura del pecho (CAP) a 1,3 m de altura utilizando una cinta de 1,5 m, y cálculo de altura (H) de dos árboles, utilizando un hipsómetro, en base a lo cual se tomó un promedio de altura para los demás árboles.



Figura 3: Árbol de teca medido y numerado

4.1.3 Cálculo de biomasa aérea

Se efectuó el método directo “Destructivo”, seleccionando el árbol promedio *in situ* para su análisis, procurando que el mismo esté ubicado en la parte central de la parcela de muestreo (Schlegel, 2000). Una vez ubicado, con ayuda de los siguientes equipos y materiales, se realizó el siguiente protocolo:



Figura 4: Equipos y materiales

3.1.4 Colecta de hojarasca

En un diámetro proporcional a la copa del árbol seleccionado, y cuyo centro es la ubicación del árbol, se recolectó la hojarasca disponible en la superficie del suelo. Esta fue recopilada en una funda plástica, para posteriormente ser pesada, de la cual se extrajo 1 kg de este material.



Figura 5: Colecta de Hojarasca

4.1.5 Tala del árbol promedio.

Se procedió a talar el árbol, en su parte basal, con la ayuda de una motosierra y personal especializado en esta actividad, procurando que el árbol cayera en una zona donde no se vieran afectadas sus ramas y sus hojas.



Figura 6: Tala del árbol promedio

4.1.6 Colecta de ramas

Se cortaron las ramas existentes, y se recogieron aquellas que cayeron producto de la tala, siempre que estas pertenecieran al mismo árbol talado, cortándolas en secciones de 0,5 m a 1 m. De igual manera, se las colectó en una funda plástica, se las pesó y se extrajo una muestra de 1 kg, la cual debe ser representativa según la morfología de las ramas.



Figura 7: Colecta y pesada de ramas

4.1.7 Seccionamiento de fuste

Con la ayuda de personal especializado se procedió a seccionar el fuste del árbol talado en 3 secciones de 1,5 m aproximadamente, de forma tal que se obtuvieron varias trozas. De manera que fuera viable pesarlas. Posteriormente, se colectó 1 kg de astillas del fuste, representativa de varias secciones del árbol excepto la corteza (albura).



Figura 8: Colecta y pesada del fuste

4.1.8 Colecta de la necromasa

Se recolectó la necromasa existente en 1 m², en un área cercana al árbol talado.



Figura 9: Colecta y pesada de la necromasa

Cada material colectado, fue debidamente rotulado, para su posterior análisis en laboratorio.

4.2 Determinación de Humedad en Muestras Biológicas Vegetales

La determinación de humedad se basa en el principio de la pérdida de agua por calentamiento de las muestras en estufas por tiempo determinado por estándares internacionales.

Para la determinación de la humedad en la especie teca (*Tectona grandis* Linn. F), se utilizaron los siguientes materiales:

- 1.- Estufa hasta 120° C
- 2.- Balanza de precisión (Analítica)
- 3.- Desecador
- 4.- Crisoles temperados

Para la ejecución se tomó partes de las muestras seleccionadas en campo es decir del Kg de ramas, fuste, hojarasca, y necromasa se tomó una parte significativa para proceder al secado por 72 horas.

4.2.1 Procedimiento

- 1.- Reducir el tamaño de la muestra, por trituración
- 2.- Pesar el crisol
- 3.- Pesar aproximadamente 1000 g de muestra
- 4.- Llevar a la estufa y calentarla por 72 horas a 70°C
- 5.- A las 72 horas retirar de la estufa y depositarlas en un desecador por 20 minutos
- 6.- Luego pesar el crisol con la muestra seca y restar el valor del crisol.

4.2.2 Cálculos de porcentaje de humedad:

$$\% \text{ Humedad} = \frac{(P. \text{ Muestra Húmeda} - P. \text{ Muestra seca}) * 100}{1000}$$

El Peso de muestra húmeda se obtiene:

P. Muestra húmeda = Peso total (Antes del secado) - peso de crisol

El Peso de muestra seca se obtiene:

P. Muestra seca = Peso total (después de secar) - peso de crisol

5. Fase de Procesamiento de Información

Posteriormente cada muestra fue trasladada a un laboratorio de la empresa SGS, donde las muestras fueron sometidas a un proceso de secado a 70°C durante 72 horas.

Con los datos de campo se determinó la cantidad total de individuos de teca, el Diámetro a la Altura del Pecho (D.A.P), Volumen individual (V), mediante las siguientes fórmulas:

Los valores de D.A.P, se obtuvieron mediante la siguiente fórmula, para cada unidad:

$$D.A.P. = \frac{C.A.P.}{\pi}$$

Dónde:

C.A.P= Circunferencia a la Altura del Pecho

$$\pi = 3,1416$$

Los valores de V de cada unidad se obtuvieron mediante la siguiente fórmula:

$$V = \left[\frac{\pi DAP^2}{4} \right] * H_t * F_h$$

Dónde:

V= volumen

DAP= Diámetro altura del pecho

H_t= Altura

F_h= Factor de forma (para Teca es 0,6 que castiga a las latifoliadas porque los arboles no son cilíndricos)

La biomasa aérea se determinó mediante la siguiente fórmula:

$$B = (P * \%Ms)/100$$

Dónde:

P =Peso total (pesado en campo, con ayuda de la balanza)

%Ms = porcentaje de Masa seca

Finalmente, para determinar el C fijado o secuestrado de esta unidad de muestreo, se utilizó la siguiente fórmula:

$$C = B * 0.5$$

Dónde:

B = Biomasa

0.5 = Constante proporcionada por el IPCC

Finalmente, para determinar el CO₂ fijado de esta unidad de muestreo, se utilizó la siguiente fórmula:

$$CO_2 = K_R * C$$

Dónde:

K_R = factor de conversión a CO₂, resultante del cociente de los pesos moleculares del dióxido de carbono 44 y del carbono 12

C = Carbono fijado o secuestrado

6. Resultados

El día 12 de julio de 2015, en los predios cercanos a la FIMCBOR, en la ESPOL, se realizó el levantamiento de inventario de árboles de teca, en un área de 500 m².

La tabla que se muestra a continuación, está realizada en base al conteo de los árboles en el área determinada, y la medición de la Circunferencia a la Altura del Pecho (C.A.D.) de cada uno, en sitio.

El factor de forma es una constante dada, y en este caso, se toma el valor de 0,6 para esta especie latifoliada. A continuación los resultados:

Tabla 1. Inventario levantado en área de muestreo

Medición de parcela de tecas de 500 m2 en predios de ESPOL

Fecha de medición: 12/07/2015
 Lugar de medición: ESPOL, sector edificio FIMCBOR

Información dada:

Altura promedio entre árboles 1 y 2: 12,3
 Factor de forma F_h : 0,6
 π : 3,14159
 PROMEDIO 0,41 0,13 0,1147

Nº árbol	C.A.P.	Ht (anotada)	Ht	Observaciones	D.A.P.	Volumen
1	0,46	H1=1,30 H2=12	13,3		0,15	0,1344
2	0,57	H1=1,30 H2=10	11,3		0,18	0,1753
3	0,6		12,3		0,19	0,2114
4	0,315		12,3		0,10	0,0583
5	0,47		12,3	plaga	0,15	0,1297
6	0,355		12,3		0,11	0,0740
7	0,24		12,3		0,08	0,0338
8	0,44		12,3		0,14	0,1137
9	0,525		12,3		0,17	0,1619
10	0,47		12,3		0,15	0,1297
11	0,48		12,3		0,15	0,1353
12	0,61		12,3		0,19	0,2185
13	0,48		12,3		0,15	0,1353
14	0,7		12,3		0,22	0,2878
15	0,3		12,3	cortado a la altura del pecho	0,10	0,0529
16	0,31		12,3		0,10	0,0564
17	0,32		12,3		0,10	0,0601
18	0,45		12,3		0,14	0,1189
19	0,22		12,3	cortado	0,07	0,0284
20	0,615		12,3		0,20	0,2221
21	0,52		12,3		0,17	0,1588
22	0,5		12,3		0,16	0,1468
23	0,49		12,3		0,16	0,1410
24	0,4		12,3		0,13	0,0940
25	0,21		12,3		0,07	0,0259
26	0,31		12,3		0,10	0,0564
27	0,33		12,3		0,11	0,0640
28	0,18		12,3	muerto	0,06	0,0190
29	0,54		12,3		0,17	0,1713
30	0,1		12,3	cortado abajo/ brote	0,03	0,0059
31	0,45		12,3		0,14	0,1189
32	0,08		12,3	cortado abajo/ brote	0,03	0,0038
33	0,595		12,3		0,19	0,2079
34	0,48		12,3		0,15	0,1353
35	0,48		12,3		0,15	0,1353
36	0,1		12,3	cortado abajo/ brote	0,03	0,0059
37	0,11		12,3		0,04	0,0071
38	0,08		12,3	muerto	0,03	0,0038

Nº árbol	C.A.P.	Ht (anotada)	Ht	Observaciones	D.A.P.	Volumen
39	0,51		12,3		0,16	0,1528
40	0,35		12,3		0,11	0,0719
41	0,47		12,3		0,15	0,1297
42	0,6		12,3		0,19	0,2114
43	0,53		12,3		0,17	0,1650
44	0,57		12,3		0,18	0,1908
45	0,57		12,3		0,18	0,1908
46	0,505		12,3		0,16	0,1498
47	0,41		12,3		0,13	0,0987
48	0,44		12,3		0,14	0,1137
49	0,43		12,3		0,14	0,1086
PROMEDIO	0,41				0,13	0,1147

La tabla 1 muestra los resultados del inventario levantado en campo, donde se contabilizaron 49 unidades de teca. El CAP fue medido por cada unidad, sin embargo la altura fue medida sólo en los casos de las unidades 1 y 2, con la ayuda de un hipsómetro. Las cuales demostraron una altura promedio de 12.3 metros que fue utilizado para efectos de cálculo, para los demás árboles.

Los valores de DAP (Diámetro a la altura del Pecho), se obtuvieron mediante la siguiente fórmula, para cada unidad:

$$D.A.P. = \frac{C.A.P.}{\pi}$$

Y finalmente los valores de Volumen (V) de cada unidad se obtuvieron mediante la siguiente fórmula:

$$V = \left[\frac{\pi DAP^2}{4} \right] * H_t * F_h$$

Posteriormente, para el cálculo de Biomasa aérea del área de muestreo, y el CO₂ fijado, se envió una muestra de cada sección del árbol al laboratorio de secado. Los datos del secado mostraron un porcentaje de Humedad distinto para cada sección. A continuación los resultados:

Tabla 2. Resultados de Secado y Biomasa del árbol promedio

Sección del árbol	Muestra	Datos de Secado				% Masa Seca	Biomasa
	Peso (kg)	Peso (g)	Pérdida	Humedad	Peso total		
Fuste	1	620,6638	379,3362	38%	76360	62%	473,432
Ramas	1	921,0051	78,9949	7,90%	22060	92%	203,1726
Hojarasca	1	908,53	91,47	9,10%	2360	91%	21,4524
Necromasa	0,25	233,8047	16,1953	6,50%	217,61	N/A	2,176094
Total (g)					100997,609		700,233094
Total (kg)					100,997609		0,70023309

La biomasa aérea se determinó mediante la siguiente fórmula:

$$B = (P * \%Ms)/100$$

Dónde:

P =Peso total (pesado en campo, con ayuda de la balanza)

%Ms = porcentaje de Masa seca

Considerando que la biomasa aérea del árbol promedio fue de 0,70023 kg, y el inventario de tecas es de 49 unidades, podemos estimar que **la parcela de 500 m² contiene 34,311 kg de biomasa aérea.**

Posteriormente para convertir los datos de biomasa a cantidad de carbono de cada uno de los componentes, se multiplicó el valor de la biomasa por la constante 0,5:

$$C = B * 0,5$$

La aplicación de este cálculo dio como resultado 17.155

A continuación, para determinar el CO₂ fijado de esta unidad de muestreo, se utilizó la siguiente fórmula:

$$CO_2 = K_R * C$$

Dónde:

K_R = es una constante con el valor de 3.67 que es el factor de conversión a CO₂, resultante del cociente de los pesos moleculares del dióxido de carbono 44 y del carbono 12

La aplicación de la fórmula dio como resultado 62,959 kg. Lo cual sería el dióxido de carbono fijado en la biomasa aérea de la parcela para efectos de este estudio.

Además, para efectos comparativos podemos incluir los resultados obtenidos de otros 5 grupos de trabajo, que hicieron el mismo análisis a otras parcelas de muestreo, bajo las mismas condiciones.

Tabla 3. Cuadro comparativo de resultados de otros grupos

	Unidades de teca	Volumen Promedio (m³)	Biomasa aérea total (kg.)	CO₂ fijado (kg.)
Grupo 1	49	0,1147	34,3114	62,959
Grupo 2	22	0,162	37309	136924,03
Grupo 3	52	0,009	335	1229,45
Grupo 4	34	0,09	2720	9982,4
Grupo 5	44	0,11	90.14	43.517

7. Conclusiones

Por medio de una extrapolación, se concluye que bajo las condiciones de la parcela analizada y en consideración a los resultados obtenidos, una hectárea de sembrío de teca de tales características genera los siguientes resultados:

Tabla 4. Proyección de resultados para 1 Hectárea

	Parcela de 500 m2	1 Hectárea
Biomasa aérea (kg.)	34,3114216	686,228432
CO2 Fijado (kg.)	62,959	1259.18

Lo cual para fines de evaluación del proyecto a nivel de la mitigación que éste representa, respecto a la fijación de dióxido de carbono, ofrece cifras concluyentes de la eficiencia de la teca.

Bibliografía

- Bustos, F. (2013). *Manual de Gestión y Control Ambiental* (4ta edición ed.).
- CIIFEN, Boletín Mayo 2010. (s.f.).
- FAO. (2004). *Descripción de los formularios de campo*. Obtenido de <http://www.fao.org/3/a-ae578s/AE578S05.htm>. Consultado en 13/07/2015 a las 14:25
- Fonseca, W. (2004). *Manual para productores de Teca (Tectona Grandis L. f) en Costa Rica. (En línea). Cr. Características y Propiedades de la madera*. Obtenido de http://www.sirefor.go.cr/Documentos/Reforestacion/2004_Fonseca_ManualProductoresTeca.pdf. Consultado en 13/07/2015 a las 16:25
- Institute, Global Development And Environment. (2011). *Global Development And Environment Institute*.
- MAE 2012. (2012). Obtenido de http://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/09/LEYENDA-ECOSISTEMAS_ECUADOR_2.pdf. Consultado en 14/07/2015 a las 09:15
- Report, I. F. (2007). *Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Obtenido de https://www.ipcc.ch/publications_and_data/publications_ipcc_fourth_assessment_report_synthesis_report.htm. Consultado en 14/07/2015 a las 11:15
- Schlegel, B. &. (2000). *Manual de Procedimientos muestreos de biomasa forestal*. Universidad Austral de Chile. Obtenido de http://www.uach.cl/procarbono/pdf/manuales/guia_destrutivo.pdf. Consultado en 15/07/2015 a las 13:15
- TECA, M. P. (s.f.). Obtenido de http://www.sirefor.go.cr/Documentos/Reforestacion/2004_Fonseca_ManualProductoresTeca.pdf. Consultado en 15/07/2015 a las 17:15