





# DIFERENCIAS ANATÓMICAS ENTRE MADERA CAULINAR Y RADICAL DE *Eucalyptus viminalis* L

## ANATOMICAL DIFFERENCES BETWEEN STEM AND RADICAL WOOD OF *Eucalyptus viminalis* L

Alejandro Félix Taquire Arroyo, Deysy Cuadrado Hidalgo, Minami Funamoto Ledesma

Facultad de Ciencias Forestales y del Ambiente - Universidad Nacional del Centro del Perú

### RESUMEN

La presente investigación fue realizada en el Laboratorio de Tecnología de la Madera e Industrias Forestales del Departamento Académico de Ingeniería Forestal y Ambiental de la Facultad de Ciencias Forestales y del Ambiente, y Laboratorio de Anatomía e Identificação da Madeira, Departamento de Ciências Florestais, de la Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, Sao Paulo Brasil; con la finalidad de analizar la estructura anatómica de la zona caulinar y radicular de *Eucalyptus viminalis* al nivel macroscópico y microscópico. Se utilizaron dos muestras de madera una de la zona caulinar y otra de la zona radicular, el estudio se realizó de acuerdo a la Lista Estándar de la IAWA (1989). Llegando a los siguientes resultados, la madera caulinar con duramen de color blanco rosáceo (HUE 7.5YR-8/2), y albura gris claro (HUE 10YR-7/2), transición gradual entre albura y duramen, mientras que la madera radicular presenta un color marrón pálido (HUE 10YR-6/3), sin transición entre albura y duramen. Microscópicamente se determinó que la madera de la zona caulinar presenta anillos de crecimiento visibles a simple vista, mientras que de la zona radicular los anillos de crecimiento no son definidos. El diámetro tangencial de poros de la zona caulinar es de 38,57  $\mu$  (98,89 - 99,00) 134, 95  $\mu$ , mientras de la zona radicular es de 34,34  $\mu$  (107,70 - 117,59) 184, 91  $\mu$ . La zona caulinar presenta fibras no septadas de paredes medianas con espesor de 1,79  $\mu$  (2,68 - 2,89) 4,58  $\mu$ ; con longitudes de 426,76  $\mu$  (672,75 - 714,31) 937,79  $\mu$ ; en tanto que las de la zona radicular, presenta fibras de paredes gruesas con espesor de 2,03  $\mu$  (3,68 - 4,50) 6, 61  $\mu$ ; con longitudes de 634,53  $\mu$  (908,56 - 928,55) 1216,32  $\mu$ . La madera de la zona caulinar presenta radios homocelulares conformado generalmente por células procumbentes, radios pequeños por células cuadradas, de 1-2 células de ancho, con altura de 96,97  $\mu$  (152,10 - 164,92) 314, 22  $\mu$ , y ancho de 10,77  $\mu$  (20,77 - 21,10) 39,42  $\mu$ . Mientras de la zona radicular radios homocelulares generalmente conformado por células procumbentes, de 1-2 células de ancho, con altura de 78,60  $\mu$  (183,07 - 241,61) 382,15  $\mu$ .

**Palabras clave:** anatomía de la madera. Zona caulinar y radicular. *Eucalyptus viminalis*.

### ABSTRACT

This research was conducted at the Laboratory of Wood Technology and Forest Industries of the Academic Department of Forestry and Environmental Engineering, Faculty of Forestry Sciences and the Environment, and Laboratory of Anatomy and Identificação da Madeira, Department Florestais Sciences, Higher School of Agriculture "Luiz de Queiroz" Piracicaba, Sao Paulo Brazil; with the finality end to analyze the anatomical structure of the stem and root zone of *Eucalyptus viminalis* the macroscopic and microscopic level. Two samples of wood from each zone were used, the study was performed according to the IAWA Standard List (1989). Reaching the following results stem wood with heartwood pinkish-white (7.5YR HUE-8/2) and light gray sapwood (HUE 10YR-7/2), gradual transition between sapwood and heartwood, while the root wood is pale brown (HUE 10YR-6/3), with no transition between sapwood and heartwood. Microscopically the wood stem zone exhibit growth ring visible to the naked eye was determined, while the root zone growth rings are not defined. The tangential diameter of pores stem zone is 38.57  $\mu$  (98.89 to 99.00) 134, 95  $\mu$ , while the root zone is 34.34  $\mu$  (107.70 to 117.59) 184, 91  $\mu$ . The stem zone has septate not fibers with medium thick walls  $\mu$  1.79 (2.68 to 2.89) 4.58  $\mu$ ; with lengths 426.76 (672.75 to 714.31) 937.79  $\mu$ ; whereas the root zone, has thick-walled fibers with thickness of 2.03  $\mu$  (3.68 to 4.50) 6, 61  $\mu$ ; with lengths 634.53 (908.56 to 928.55) 1216.32  $\mu$ . The stem wood has homocellular radii generally composite procumbent cells, small radios for square cells, 1-2 cells wide, with a height of 96.97  $\mu$  (152.10 to 164.92) 314, 22  $\mu$ , and width and 10.77 (20.77 to 21.10) 39.42  $\mu$ . While the root zone composite for homocellular radii generally with procumbents cells, 1-2 cells wide, with a height of 78.60  $\mu$  (183.07 to 241.61) 382.15  $\mu$ .

**Key word:** wood anatomy. Caulinar and root zone. *Eucalyptus viminalis*.

## INTRODUCCIÓN

La madera es un material heterogéneo y anisotrópico, con propiedades muy diferentes de acuerdo a la dirección considerada. El estudio de su anatomía tuvo gran influencia en la Tecnología y en la Industria, puesto que es un material poroso y está compuesto por más de un tipo de células, por lo tanto su constitución es heterogénea.

Dos de las principales discrepancias son que en la raíz el tejido parenquimático es más abundante y los vasos son poco numerosos pero con diámetros mayores generalmente. Otras diferencias reportadas para la raíz son la ausencia o poca nitidez de los anillos de crecimiento y la ausencia de médula, asimismo que la altura y el ancho de los radios vasculares es mayor en la raíz que en el tallo; como también es mayor la longitud de las fibras y de las células del parénquima axial. Existe una disminución en el grosor de las paredes en la raíz. Del mismo modo, se ha señalado que las tílides son poco frecuentes en la madera radical y cuando aparecen son el resultado de lesiones o enfermedades (Lindoff 1988).

La escasez de investigación a nivel de la raíz se explica obviamente por la falta de interés comercial en estos órganos. Sin embargo, las raíces juegan un papel esencial en la fisiología y estabilidad de los árboles, por lo que investigaciones sobre su estructura y crecimiento pueden permitir mecanismos de desarrollo del árbol como un todo a ser entendido. Ya se sabe que las raíces pueden contener xilema con mayor contenido de parénquima y menores células que el tallo (Fayle 1968). Además, las células producidas en las raíces suelen ser más anchas y largas, con paredes más delgadas y menos lignificadas (Trendelenburg y Mayer- Wegelin, 1955), citado por (Krause 2010).

Es de nuestro conocimiento que las características anatómicas de la madera son influenciadas por diversos factores medioambientales. Sin embargo poca información se tiene respecto a las características anatómicas de la madera del fuste y de las raíces de los árboles, sobre todo las diferencias existentes. Por lo que con el presente trabajo tenemos los objetivos siguientes:

- Describir la estructura anatómica de la madera caulinar y radical de *Eucalyptus viminalis* L.
- Determinar las diferencias anatómicas entre ambas regiones leñosas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Lugar de ejecución

Los análisis anatómicos al nivel macroscópico se realizaron en el Laboratorio de Tecnología de la Madera e Industrias Forestales de la Facultad de Ciencias Forestales y del Ambiente de la Universidad Nacional del Centro del Perú, mientras que el análisis al nivel microscópico se realizó en el Laboratorio de Anatomía e Identificação da Madeira, Departamento de Ciências Florestais, da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, Sao Paulo Brasil.

### Material de estudio

Muestras de madera de *Eucalyptus viminalis*, de la zona caulinar y radicular, son procedentes de la ciudad Universitaria, Distrito de El Tambo, Provincia de Huancayo, Departamento de Junín.

### Materiales de campo

- Sierras manuales
- Plumones de tinta indeleble
- Libreta de apuntes

### Materiales de laboratorio:

- Lente de 10X
- Microscopio binocular con cámara incorporada
- Vasos de precipitación
- Placas Petri
- Porta y cubre objetos
- Micrótopo de corte horizontal
- Desecador de laboratorio
- Estufa con termostato regulable
- Patrón de escala micrométrica- Entellan de Merck.
- Glicerina, safranina, etanol - Ácido acético, peróxido de hidrogeno.

### Métodos

- Colección e identificación NTP 251.008
- Cartas de coloración de suelos de Munsell
- Descripción macroscópica - Lente de aumento de 10X
- Descripción microscópica - Lista Estándar de la IAWA (1989)
- Programa Image-Pro Plus para descripción y medición de elementos anatómicos.

### Descripción macroscópica

La descripción a este nivel se efectuó con la ayuda de una lente de 10X y las muestras de xiloteca y rodajas respectivas. En cuanto a la coloración de la madera nos basamos a las Cartas de coloración de suelos de Munsell.

### Descripción microscópica

Se realizó en cada una de las vistas microfotográficas de los tres planos de corte de cada una de las zonas (Caulinar y radicular), con apoyo del Software Image-Pro Plus, que nos permitió incrementar el tamaño de las imágenes y observar con mayor claridad las características anatómicas.

## RESULTADOS

### Descripción Macroscópica

Madera caulinar con duramen de color blanco rosáceo (HUE 7.5YR-8/2), y albura gris claro (HUE 10YR-7/2), transición gradual entre albura y duramen. Olor y sabor ausente. Lustre medio. Textura mediana. Grano recto ha entrecruzado. Madera semidura. En tanto que la madera radicular es de color marrón pálido (HUE 10YR-6/3), sin transición entre albura y duramen. Olor y sabor ausente. Lustre medio. Textura mediana. Grano recto ha inclinado. Madera semidura.

### Descripción Microscópica

**Zona Caulinar.** Anillos de crecimiento visibles a simple vista. Porosidad semicircular. Poros solitarios. Diámetro tangencial de poros de 38,57  $\mu$  (98,89 – 99,00) 134,95  $\mu$ , Diámetro radial de poros de 74,33  $\mu$  (192,28 – 206,38) 280,00  $\mu$ . De 14-23 poros/mm<sup>2</sup>. Longitud de los elementos vasculares de 134,81  $\mu$  (261,48 – 274,87) 350,48  $\mu$ . Platinas de perforación simples. Punteaduras intervasculares alternas y de forma ovalada. Punteaduras radiovasculares similares a las punteaduras intervasculares. Engrosamiento espiralados ausente. Fibras no septadas de paredes medianas con espesor de 1,79  $\mu$  (2,68 – 2,89) 4,58  $\mu$ ; con longitudes de 426,76  $\mu$  (672,75 – 714,31) 937,79  $\mu$  con punteaduras. Fibrotraqueídas presentes. Parénquima paratraqueal unilateral, confluyente, parénquima axial en series de 2-4 células. Radios homocelulares conformado generalmente por células procumbentes, radios pequeños por células cuadradas, de 1-2 células de ancho, con altura de 96,97

$\mu$  (152,10 – 164,92) 314,22  $\mu$ , y ancho de 10,77  $\mu$  (20,77 – 21,10) 39,42  $\mu$ . De 4-7 radios/mm. Cristales ausentes. Floema incluso ausente.

**Zona Radicular.** Anillos de crecimiento imperceptibles a simple vista. Porosidad semicircular. Poros exclusivamente solitarios. Diámetro tangencial de poros de 34,34  $\mu$  (107,70 – 117,59) 184,91  $\mu$ , Diámetro radial de poros de 64,84  $\mu$  (200,43 – 219,53) 319,68  $\mu$ . De 8-14 poros/mm<sup>2</sup>. Longitud de los elementos vasculares de 291,56  $\mu$  (301,46 – 324,01) 340,46  $\mu$ . Platinas de perforación simples. Punteaduras intervasculares alternas y de forma ovalada. Punteaduras radiovasculares similares a las punteaduras intervasculares. Engrosamiento espiralados ausente. Fibras no septadas de paredes gruesas con espesor de 2,03  $\mu$  (3,68 – 4,50) 6,61  $\mu$ ; con longitudes de 634,53  $\mu$  (908,56 – 928,55) 1216,32  $\mu$  con punteaduras. Abundante presencia de fibrotraqueídas. Parénquima paratraqueal unilateral escaso, parénquima axial difuso, parénquima axial en series de 2-4 células. Radios homocelulares generalmente conformado por células procumbentes, de 1-2 células de ancho, con altura de 78,60  $\mu$  (183,07 – 241,61) 382,15  $\mu$ . De 5-9 radios/mm. Cristales ausentes. Floema incluso ausente.

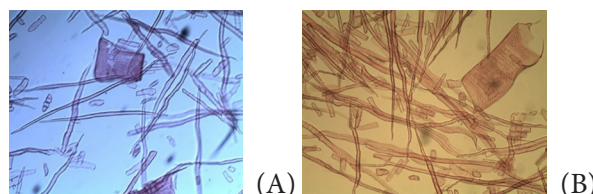
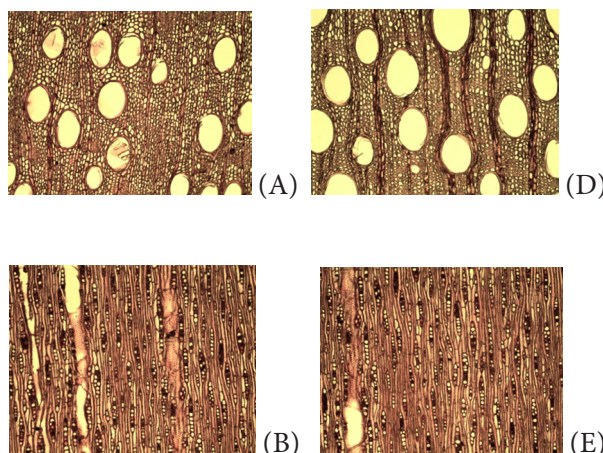


Figura 1. Macerado de tejido leñoso (10x). A: Zona caulinar, B: Zona radicular





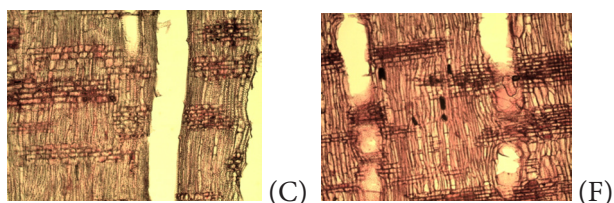


Figura 2: Planos de corte de la zona caulinar y radicular de *E. viminalis*. A, B, C: Zona caulinar (Tr, Tg, Rd). D, E, F: Zona radicular (Tr, Tg, Rd).

## DISCUSIÓN

Los resultados respecto al color de la madera de *Eucalyptus viminalis* tanto de la zona caulinar y radicular mantienen concordancia con los reportados por IAWA (1989) y Dadswell (1932) y Dadswell (1934).

En las Tablas 1, 2, y 3 de los resultados del trabajo de investigación los valores de las dimensiones anatómicas de Fibras, Poros y radios y de sus características anatómicas de cada uno de ellos presentan mayores valores los de la zona radicular en comparación a las de la zona caulinar, corroborando en gran parte a estos resultados Lindoff (1988), quién menciona que dos de las principales discrepancias son que en la raíz el tejido parenquimático es más abundante y generalmente los vasos son poco numerosos pero en diámetros mayores; asimismo en la madera de la raíz los anillos de crecimiento presentan poca nitidez o ausencia de los mismos y ausencia de médula; la altura y ancho de los radios es mayor en la raíz que en el tallo, como también es mayor la longitud de las fibras y de las células del parénquima axial; también existe una disminución en el grosor de las paredes en la raíz, señala también que las tílides son poco frecuentes en la madera radical y cuando aparecen son el resultado de lesiones o enfermedades.

En la Tabla 1, donde podemos apreciar los valores de espesor de pared de las fibras, observamos que los de la zona radicular son mayores a las de la zona caulinar. Sin embargo Lindoff (1988), menciona que existe una disminución en el grosor de las paredes en la raíz, los resultados de la presente investigación difieren puesto que el espesor de la pared celular de las fibras son mayores en la zona radicular que en la zona caulinar, lo cual se debería a los factores medioambientales, tal como señala (Krause et al 2010) al estudiar la variabilidad anatómica de las especies picea negra y abeto balsámico en relación a los datos climáticos, fueron analizada el área del lumen el espesor de pared celular individual y total, el diámetro radial de las traqueídas y reagrupadas en madera temprana y madera tardía. Los resultados

del análisis de los componentes principales indicaron que los dos primeros vectores representan el 82 % y el 90 % de la varianza total del alargamiento de la célula, espesor de la pared y lignificación respectivamente. Estos factores de los componentes revelaron que las precipitaciones, la humedad y el número de días con precipitaciones influyen significativamente en el área del lumen y en el diámetro radial de la célula en madera temprana. Es más (Moglia, Bravo y Gerez 2008), con el objetivo de estudiar la variabilidad radial en el leño de ejemplares de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh, provenientes de dos orígenes selectos implantados en un ensayo en Santiago del Estero, donde analizaron la frecuencia y diámetro de vasos, longitud de vasos y fibras, porcentaje de tejidos, tipos de vasos y radios. Los dos orígenes estudiados presentan porosidad difusa, vasos solitarios y radios homogéneos.

## CONCLUSIONES

1. La madera de la zona caulinar de *Eucalyptus viminalis* L. presenta un duramen de color blanco rosáceo (HUE 7.5YR-8/2), y albura de color gris claro (HUE 10YR-7/2), transición gradual entre albura y duramen. Textura media. Grano recto a entrecruzado.
2. La madera de la zona radicular es marrón pálido (HUE 10YR-6/3), sin transición entre albura y duramen. Lustre medio. Grano recto a inclinado.
3. La madera de la zona caulinar presenta anillos de crecimiento visibles a simple vista, mientras de la zona radicular los anillos de crecimiento no son definidos.
4. El diámetro tangencial de poros de la zona caulinar es de 38,57  $\mu$  (98,89 – 99,00) 134, 95  $\mu$ , mientras de la zona radicular es de 34,34  $\mu$  (107,70 – 117,59) 184, 91  $\mu$ .
5. La zona caulinar presenta fibras no septadas de paredes medianas con espesor de 1,79  $\mu$  (2,68 – 2,89) 4,58  $\mu$ ; con longitudes de 426,76  $\mu$  (672,75 – 714,31) 937,79  $\mu$ ; en tanto que las de la zona radicular, presenta fibras de paredes gruesas con espesor de 2,03  $\mu$  (3,68 – 4,50) 6, 61  $\mu$ ; con longitudes de 634,53  $\mu$  (908,56 – 928,55) 1216,32  $\mu$ .
6. La madera de la zona caulinar presenta radios homocelulares conformado generalmente por células procumbentes, radios pequeños por células cuadradas, de 1-2 células de ancho, con altura de 96,97  $\mu$  (152,10 – 164,92) 314, 22  $\mu$ , y

ancho de 10,77  $\mu$  (20,77 – 21,10) 39,42  $\mu$ . Mientras de la zona radicular radios homocelulares generalmente conformado por células procumbentes, de 1-2 células de ancho, con altura de 78,60  $\mu$  (183,07 – 241,61) 382,15  $\mu$ .

## RECOMENDACIONES

1. Estudiar la estructura anatómica de la madera de *Eucalyptus viminalis* al nivel radial de un corte transversal, tanto de la zona caulinar como radicular para conocer la variabilidad celular de la especie.
2. Analizar la estructura anatómica al nivel longitudinal del tronco del árbol de *Eucalyptus viminalis* L. Asimismo determinar la influencia de los factores medioambientales y edáficos en relación a la estructura anatómica de la madera de *Eucalyptus viminalis* L.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BERNABEI, M., y BONTADI, J. (2011). Distinguish Root and Stem-Wood of *Picea abies*. *IAWA Journal*, Vol. 32 (3): 375-382. IVALSA-CNR, Trees and Timber Institute (Trento), Italy.
- CASTRO, F. (1972). Estudios Anatómico, Físico y Mecánico de 15 Especies Tropicales de Iparia. Tesis Ingeniero Forestal. U.N.C.P. Huancayo. 116 p.
- ESCOBAL, J., y PONCE, C. (2009). Adaptación al Cambio Climático en contextos de DTR. Zona de Estudio en el Perú: Zona Central del Valle del Mantaro (Reporte inicial). Grupo de Análisis para el Desarrollo (GRADE).
- GIMENEZ, A. (1998). Influencia de la Edad en los Caracteres Anatómicos del Leño y el Crecimiento en *Scchinopsis quebracho-colorado*, Anacardiaceae. Tesis Doctoral.
- KATHERINE E. (1985). Anatomía Vegetal. Editorial Limusa. Barcelona, España.
- KNIGGE, W., y KOLTZEMBURG, C. (1965). The Influence of Timber qualities and Ecological Conditions on the Cells in Hardwoods in Temperate Zones. *IUFO Sect 41 Comm Fiber Char Melbourne, Australia*, Vol 2.
- LARSON, P. (1994). The Vascular Cambium. Development and Structure. Springer Series in Wood Science.
- MARRA, G. (1981). Overview of Wood as a Material in Wood: Its Structure and Properties. Edit. By F.F. Wangaard. Forest Product Laboratory. Madison, USA.
- MOGLIA, J. (2000). Variabilidad de los Caracteres Anatómicos del Leño de *Aspidosperma quebracho-blanco*. Tesis doctoral.
- MOGLIA, J.; BRAVO, S.; y GEREZ, R. (2008). Anatomía comparada del leño de *Eucalyptus camaldulensis* (Myrtaceae) de dos orígenes, ensayados en Santiago del Estero. *Bol. Soc. Argent. Bot.* v.43 n.3-4 Córdoba ago./dic. 2008.
- NININ, L. (1993). La Anatomía de la Madera y la Resolución de Problemas Tecnológicos. *Revista Forestal Venezolana* N°37: 107-116. Universidad de Los Andes. Facultad de Ciencias Forestales.
- PÉREZ, M. (2013). *Eucalyptus viminalis*. Publicado en Myrtaceae. Descripción general y Necesidades. Recuperado el 16 de Abril del 2014, de <http://www.botanicayjardines.com/eucalyptus-viminalis/>
- SCHNIEWIND, A. (1981). Mechanical Behavior and Properties of Wood in Wood: Its Structure and Properties. Edit. By F.F. Wangaard. Forest Product Laboratory. Madison, USA.
- SERRADILLA, J. (2000). El Eucalipto en la Sociedad y el Medio Forestal. Artículo presentado para el I Premio de Estudios Forestales. Centro de Investigación y Documentación de Eucalipto (CIDEU). Huelva, España.
- TAQUIRE, A. (1995). Relación entre la Estructura Anatómica y las Propiedades Físico Mecánica de Tres Especies Forestales procedentes de los Altos Llanos Occidentales de Venezuela. Tesis Magister Scientiae en Tecnología de productos Forestales. ULA Mérida Venezuela.
- TAQUIRE, A., y PAUCAR, J. (2011). Especies Leñosas del Valle del Mantaro. Hecho el Depósito legal en la Biblioteca Nacional del Perú. N° 2010-16675. Primera Edición. Huancayo, Perú.
- TOVAR, O. (1990). Tipos de Vegetación, Diversidad Florística y Estados de Conservación de la Cuenca del Mantaro. UNA. La Molina.

### Páginas en Internet

- [http://enciclopedia.us.es/index.php/Jun%C3%ADn\\_\(Per%C3%BA\)](http://enciclopedia.us.es/index.php/Jun%C3%ADn_(Per%C3%BA))
- [http://vallemantaro.ar.tripod.com/datos\\_importantes.htm](http://vallemantaro.ar.tripod.com/datos_importantes.htm)
- <http://www.botanicayjardines.com/eucalyptus-viminalis/>
- [http://cadamda.org.ar/portal/index.php?option=com\\_content&task=view&id=41&Itemid=36](http://cadamda.org.ar/portal/index.php?option=com_content&task=view&id=41&Itemid=36)
- <http://www.arbolesornamentales.es/Eucalyptusviminalis.htm>
- [http://www.agro.unlp.edu.ar/uploads/R/105\\_9\\_28.pdf](http://www.agro.unlp.edu.ar/uploads/R/105_9_28.pdf)
- <http://paca.bligoo.com.pe/valle-del-mantaro#.UaPxJdIvSSo>
- [file:///C:/Users/AMBIENTAL/Downloads/05\\_maderas%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/AMBIENTAL/Downloads/05_maderas%20(1).pdf) (Universidad Tecnológica Nacional. Dpto de Ingeniería. Cátedra tecnología de los materiales. Unidad temática 5. Madera.
- Recuperado el 16 de Abril del 2014, de [http://siteresources.worldbank.org/EXTSOCIALDEVELOPMENT/Resources/244362-1232059926563/5747581-1239131985528/5999762-1242914244952/Peru\\_Inception\\_Report.pdf](http://siteresources.worldbank.org/EXTSOCIALDEVELOPMENT/Resources/244362-1232059926563/5747581-1239131985528/5999762-1242914244952/Peru_Inception_Report.pdf)