

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA

VICERRECTORÍA DE INVESTIGACIÓN Y EXTENSIÓN

DIRECCIÓN DE PROYECTOS

ESCUELA DE INGENIERÍA FORESTAL

CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN INTEGRACIÓN BOSQUE INDUSTRIA

INFORME FINAL DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN:

**“Secado de la madera de *Gmelina arborea*
procedente de dos zonas de Costa Rica”**

INVESTIGADORES:

Ing. Freddy Muñoz A. M.Sc.

Ing. Roger Moya R. Ph.D.

DICIEMBRE, 2006.



**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
VICERRECTORÍA DE INVESTIGACIÓN Y EXTENSIÓN
DIRECCIÓN DE PROYECTOS**

INFORME FINAL DE PROYECTO (N° 5402-1401-8001)

1. DATOS GENERALES

1. Nombre del Proyecto: **Secado de la madera de *Gmelina arborea* procedente de dos zonas de Costa Rica**
2. Departamento académico o Centro responsable: Escuela Ingeniería Forestal / CIIBI
3. Otros departamentos participantes: Ninguno
4. Investigador(a) responsable: Ing. Freddy Muñoz. M.Sc.
5. Investigadores participantes: Ing. Roger Moya. Dr.

Nombre del(la) investigador(a) y grado académico	Jornada en el proyecto (hrs/sem)	Período	N° de meses en el proyecto	Tipo de plaza*
Freddy Muñoz (M.Sc.)	20	Enero-2005 Diciembre-2006	24	Docencia
Ing. Danny Zeledón O.	10	Enero-2005 Julio-2005	4	Docencia
Roger Moya (Dr.)	10	Agosto-2005 Diciembre-2006	16	Docencia

6. Fecha de inicio: 1° enero 2005
7. Fecha de finalización: 30 Diciembre 2006
8. Sesión y fecha de aprobación de Escuela: Sesión Extraordinaria 1-2004 (jueves 16 de septiembre 2004) Artículo 3, Inciso 5.

2. RESUMEN DEL PROYECTO

El proyecto fue planteado debido a que durante el aprovechamiento industrial de *Gmelina arborea*, y en particular en el proceso de secado, se producen grandes diferencias en contenido de humedad final (CH_f). Para ello fue evaluada madera procedente de árboles de 2 plantaciones jóvenes y 2 plantaciones cerca del turno de rotación o edad próxima a ser aprovechadas. Dichas plantaciones estaban ubicadas en Piedras Blancas (Zona Sur), Península de Nicoya y Las Juntas de Abangares (Zona Norte). En el proyecto de investigación se estudio las posibles causas de la poca uniformidad en el CH_f , siendo investigado el efecto de la anatomía, influencia de albura y duramen, procedencias, altura de la troza en el árbol y el tipo de corte presente en la madera.

Luego de realizado los diferentes experimentos se encontró que:

- La uniformidad en CH_f en madera de melina de plantaciones de rápido crecimiento esta asociada a la distancia de la médula, como sucede normalmente en otras especies de plantación. No obstante, se comprobó que para el CH_f existe una influencia por las variaciones que se presentan en el peso específico básico y las características anatómicas, específicamente el largo de fibra, diámetro de la fibra y del lumen y el ancho de los anillos de crecimiento.
- Las bolsas de humedad, encontradas en la madera seca, fue la principal causa de la variación del CH_f . El 37,2% de las tablas secadas presentaron este problema y se presenta exclusivamente en la región del duramen y no en la albura.
- Además, fue posible establecer que la incidencia de las bolsas de humedad ocurre con más frecuencia en madera con dirección ortotrópica radial. En tablas compuestas por dos o más direcciones ortotrópicas, las bolsas de humedad se presentaron exclusivamente en sección de madera con dirección ortotrópica radial.
- La altura del árbol y la edad también presentó relación con la presencia de bolsas de humedad en la madera seca. Las trozas provenientes de la parte inferior del árbol fueron mas propensas a producir bolsas de humedad en todas las procedencias estudiadas, a diferencia de la madera de la parte superior del árbol que el porcentaje de incidencia fue inferior al 10% de la totalidad las tablas.

- Las plantaciones de árboles jóvenes presentaron menor incidencia de bolsas de humedad en relación a las plantaciones cerca del turno de corta.

Los resultados obtenidos sugieren que las bolsas de humedad se deben a la presencia de ultrahumedad, conocida en los países templados como “wetwood”, la cual es producida por la infectación de bacterias de tipo anaeróbico. A raíz de la presencia de este tipo de madera y lo difícil de detectar industrialmente, debido a que muchos casos son destructivos y involucrar gran cantidad de tiempo, se planteo un objetivo de investigar un método de control de calidad o detección de bolsas de humedad más preciso y confiable.

En el ámbito internacional, varios métodos han sido implementados en la detección de bolsas de humedad para diferentes especies, entre ellas se destacan: propagación de ondas, análisis químico, sensores de oxígeno, análisis de emisión acústicos-ultrasónicos, espectrómetros de masa y detección mediante rayos-x y ultrasonido. Dentro de las principales técnicas de detección de las propiedades de la madera se encuentra la Tomografía Axial Computarizada (TAC), la cual es utilizada por su alto poder y versatilidad para la caracterización de los materiales. Esta técnica tiene la ventaja de ser un método no destructivo y altamente eficiente, debido a que se obtienen imágenes con alta resolución.

Fue mostrado, su aplicabilidad en la detección de bolsas de humedad en la madera seca de *Gmelina arborea*. Las bolsas de humedad se presentan en las imágenes del TAC con un color más claro, con densidad de la madera de 190 kg/m^3 mayor a la madera normal. Los resultados obtenidos permitieron demostrar que es posible aplicar esta técnica en los procesos de producción de madera aserrada, con el fin de detectar de una forma no destructiva las zonas con altos CH en la madera luego del proceso de secado.

3. FUNDAMENTOS DEL PROYECTO O ANTECEDENTES

3.1. Objetivo General:

- ✚ Evaluar cual o cuales factores o combinación de ellos está influyendo sobre la uniformidad del contenido de humedad final en madera de melina luego del proceso de secado.

3.2. Objetivos específicos

- ✚ Evaluar el comportamiento de la madera de melina ante dos programas de secado y la calidad de la madera seca (grietas/rajaduras y torceduras).
- ✚ Evaluar el efecto de la procedencia de la madera, el tipo de corte de las piezas (radial/tangencial), la edad, punto de muestreo (albura/duramen, base/cola del tronco) sobre el comportamiento del contenido de humedad así como su relación con la anatomía de la madera.

3. BREVE DESCRIPCION DE LA METODOLOGÍA

Durante el desarrollo del proyecto se abordaron 3 diferentes temas: (i) influencia de la anatomía de la madera en la uniformidad del contenido de humedad final; (2) Influencia de la procedencia, edad, posición en altura y patrón corte sobre la variabilidad del contenido humedad final; (3) como las bolsas de humedad son las causantes de la poca uniformidad del secado la investigación se reorientó al análisis de determinar las características de la madera que dan origen a ellas, luego se trabajo en la buscar una forma de detección en la madera seca.

En el desarrollo de la investigación utilizado madera de árboles de melina provenientes de plantaciones de rápido crecimiento de dos regiones de Costa Rica, Pacífico Norte (NP) y Pacífico Sur (SP) y detallas en el Cuadro 1.

El secado fue realizado en el horno experimental marca NARDI® con una capacidad de 2 m³ existente en la Escuela de Ingeniería Forestal. Fue aplicado un programa de secado considerado como leve, de bajas temperaturas y altas humedades relativas en el inicio del proceso de secado. Dicho programa es frecuentemente utilizado por algunas industrias en Costa Rica. Antes y después del proceso de secado, cada una de las tablas fue evaluada, cuantificando la presencia de defectos como pandeos, rajaduras y grietas.

La metodología seguida para cumplir los diferentes objetivos específicos se detalla en los artículos científicos anexados en el presente informe de proyecto.

Cuadro 1. Zonas de muestreo, ubicación y características de las plantaciones de melina, utilizadas en el proyecto.

Zona de Muestreo	Edad (años)	Densidad plantación (árboles/ha)	Ubicación geográfica	Área basal promedio (m ² /ha)	Volumen (m ³ /ha)	Altura promedio total (m)	DAP promedio (cm)
Pacífico Sur	6	710	N10° 47' 19" W83° 57' 07"	26,0	181,2	19,5	20,7
	12	368	N10° 47' 19" W83° 57' 07"	23,1	228,5	25,1	28,0
Pacífico Norte	5	1025	N09° 56' 24" W85° 08' 30"	17,1	88,4	14,5	14,7
	10	341	N11° 53' 10" W86° 35' 34"	27,9	280,2	25,0	30,7

Durante el desarrollo de los temas se generaron 3 artículos científicos, 3 notas técnicas, 4 presentaciones en congresos, un brouchure informativo de los principales resultados y recomendaciones para el sector industrial, una pancarta y 4 comunicados de prensas escrita. El detalle de cada uno de ellos son mostrados en la sección de divulgación de resultados.

PLAN DE ACCIÓN

Objetivos específicos	Cumplimiento	Producto	Observaciones
Evaluar el comportamiento de la madera de melina ante dos programas de secado	50% de cumplido.	<ul style="list-style-type: none"> • Madera seca para evaluar defectos, bolsas de humedad, wetwood. Se aplicó un programa de secado utilizado a nivel industrial en Costa Rica por la empresa Aserradero San Ignacio, Parrita, Puntarenas 	El problema del secado de la melina no se debe exclusivamente a la implementación de programas de secados, si no que se encontró que la presencia bolsa de humedad son las principales causas de este problema. Por lo tanto se considero pertinente estudiar este tema para poder dar una explicación más científica.
Evaluar calidad de la madera seca (grietas/rajaduras y torceduras). Valoración de la uniformidad del contenido de humedad final	100%	<ul style="list-style-type: none"> • La madera con bolsas de humedad aumentan 3 defectos de secado, acanaladura, grietas y colapso, en tanto que la arqueadura disminuyo después del proceso de secado. 	Resultados en: Moya, R.; Muñoz, F. 2006. Bolsas de humedad en madera seca de <i>Gmelina arborea</i> (Roxb.) . Journal of Tropical Forest Science.
Evaluar el efecto de la procedencia de la madera, el tipo de corte de las piezas (radial/tangencial), la edad, punto de muestreo (albura/duramen, base/cola del tronco) sobre el comportamiento del contenido de humedad final.	100%	<ul style="list-style-type: none"> • Las bolsas de humedad, encontradas en la madera seca, fue la principal causa de la variación del CHr. Estas se presentan en la región del duramen y no en la albura • las bolsas de humedad ocurre con más frecuencia en madera con dirección ortotrópica radial y mucho menor en madera tangencial. En tablas compuestas por dos o más direcciones ortotrópicas las bolsas de humedad se presentaron exclusivamente en sección de madera con dirección ortotrópica radial. • Las trozas provenientes de la parte inferior del árbol fueron mas propensas a producir bolsas de humedad en todas las procedencias estudiadas, a diferencia de la madera de la parte superior del árbol que el porcentaje de incidencia fue inferior al 10% de la totalidad las tablas. 	Resultados en: Moya, R.; Muñoz, F. 2006. Bolsas de humedad en madera seca de <i>Gmelina arborea</i> (Roxb.) . Artículo para ser enviado a la revista Journal of Tropical Forest Science.

Objetivos específicos	Cumplimiento	Producto	Observaciones
Anatomía de la madera y variabilidad radial del contenido de humedad final	100%	<ul style="list-style-type: none"> • La uniformidad en CH_f en madera de melina de plantaciones de rápido crecimiento esta asociada a la distancia de la médula. • Se comprobó que para el CH_f existe una influencia por las variaciones que se presentan en el peso específico básico y las características anatómicas, específicamente el largo de fibra, diámetro de la fibra y el lumen y el ancho de los anillos de crecimiento 	Resultados en: Muñoz, F.; Moya, R. 2006. Moisture content variability in klin dried <i>Gmelina arborea</i> wood: effect to radial position, initial moisture content and anatomical features. Journal of. Wood Science. (Received).
Detección de las bolsas de humedad y la madera tipo wetwood	100%	<ul style="list-style-type: none"> • Fue mostrado, su aplicabilidad en la detección de bolsas de humedad en la madera seca de <i>Gmelina arborea</i>. • Es posible aplicar esta técnica en los procesos de producción de madera aserrada, con el fin de detectar de una forma no destructiva las zonas con altos CH en la madera luego del proceso de secado. 	Resultados en: Moya, R.; Muñoz, F. 2006. Aplicación de la tomografía axial computarizada (TAC) para la detección de bolsas de humedad en madera seca de <i>Gmelina arborea</i> (Roxb.). Ciencia y Tecnología, Universidad de Costa Rica. (Recibido). Actualmente se trabaja en forma conjunta con dos estudiantes de la carrera de Imagenología de la Universidad de Costa Rica. Quienes generan más resultados de ensayos de resonancia magnética, los que serán publicados en otro artículo.

4. PRINCIPALES RESULTADOS OBTENIDOS

- La uniformidad en CH_f en madera de melina de plantaciones de rápido crecimiento esta asociada a la distancia de la médula, como sucede normalmente en otras especies de plantación. No obstante, se comprobó que para el CH_f existe una influencia por las variaciones que se presentan en el peso específico básico y las características anatómicas, específicamente el largo de fibra, diámetro de la fibra y el lumen y el ancho de los anillos de crecimiento.
- Las bolsas de humedad, encontradas en la madera seca, fue la principal causa de la variación del CH_f . Estas se presentan en la región del duramen y no en la albura y el 37,2% de las tablas secadas presentaron este problema.
- Además la incidencia de las bolsas de humedad ocurre con más frecuencia en madera con dirección ortotrópica radial y mucho menor en madera tangencial. En tablas compuestas por dos o más direcciones ortotrópicas las bolsas de humedad se presentaron exclusivamente en la sección de madera con dirección ortotrópica radial.
- La altura del árbol y la edad también presentó relación con la presencia de bolsas de humedad. Las trozas provenientes de la parte inferior del árbol fueron mas propensas a producir bolsas de humedad en todas las procedencias estudiadas, a diferencia de la madera de la parte superior del árbol que el porcentaje de incidencia fue inferior al 10% de la totalidad las tablas.
- Las plantaciones de árboles jóvenes presentaron menor incidencia de bolsas de humedad en relación a las plantaciones cerca del turno de corta.

5. CONCLUSIONES

La uniformidad en el CH_i y CH_f en madera de melina de árboles de plantaciones de rápido creciendo esta asociada a la distancia de la médula, como sucede normalmente en otras especies de plantación. No obstante, se comprobó que para el CH_f existe una influencia por las variaciones que se presentan en el peso específico básico y las características anatómicas de largo de fibra, diámetro de fibra y del lumen y ancho de los radios, sin embargo, este estudio no encontró correlación estadística entre diámetro de fibra y del lumen y el ancho de radio con la distancia de la médula.

La bolsas de humedad presentes en la madera seca de melina es la principal causa de la falta de uniformidad en el CH final, siendo el CH promedio superior al punto de saturación de las fibras, no obstante la región interna de la bolsa supera el 60%.

La madera tipo wetwood, presente en los árboles de melina sugiere que son los causantes de la formación de las bolsa de humedad durante el proceso secado debido a su baja permeabilidad, lento secado y modificaciones en los elementos anatómicos asociados a la conducción o flujo de la humedad dentro de la madera.

Las direcciones ortotropicas tienen influencia en la formación de las bolsa de humedad en madera seca, siendo la dirección ortotropica radial las más susceptible a formar las bolsas de humedad, dando como resultado que tablas de tipo radial son más propensas en producir las bolsas. No obstante otro tipo de tablas compuestas de corte radial-tangencial y de corte radial-tangencial-radial también son susceptibles a producir bolsas de humedad solo que en la parte de la tabla con madera de dirección ortotrópica radial.

Las bolsas de humedad también son asociadas casi exclusivamente las tablas con duramen, en tanto que las trozas de la parte inferior de los árboles y los árboles cerca del turno de rotación el porcentaje de tablas con bolsas de huemdad fue mucho mayor que la madera proveniente de la parte superior de los árboles y madera de los árboles más jóvenes.

Las imágenes de tomografía axial computarizada presentan diferentes tonalidades de grises, que van desde totalmente claros hasta colores casi negros ú oscuros. La variación de esta tonalidad depende de la estructura interna del árbol, específicamente de la formación de los anillos de crecimiento, los cuales son alterados por la presencia

de regiones con algún grado de concentración de humedad, como ocurre con la presencia de madera “wetwood”.

La formación de regiones con tonos claros, y la obtención de valores en el “numero de CT” bajos en madera de *Gmelina arborea* seca, son característicos de la formación de bolsas de humedad. Estos resultados sugieren la posibilidad de utilizar los equipos de tomografía axial como complemento del control de calidad y la detección de bolsas de humedad en madera seca, los cuales son muy importantes en el proceso de industrialización de la madera.

Fue mostrado, que la técnica de la tomografía axial (TAC) tiene su aplicabilidad en la detección de bolsas de humedad en la madera seca de *Gmelina arborea*.

Es posible aplicar esta técnica en los procesos de producción de madera aserrada, con el fin de detectar de una forma no destructiva las zonas con altos CH en la madera luego del proceso de secado.

6. GESTIÓN DEL PROYECTO E INCONVENIENTES

El inicio de este proyecto de secado no fue lo que idealmente se tenía programado debido a asuntos fuera de nuestro control pues a pesar de contar con el apoyo y aval de la VIE, la contraparte, representada por la Cámara Costarricense Forestal (CCF), no cumplió con la colaboración ofrecida.

Inicialmente se contactó a la Ing. Marisol Hidalgo Prado encargada del Sector reforestación y comercialización de la CCF, con ella se tuvo varias reuniones el II semestre del 2004 para conversar y plantearle el proyecto. Con ella llegamos a un acuerdo para la adquisición de la cantidad y características del material que se requería para el desarrollo del proyecto de secado así como también el transporte a las instalaciones del CIIBI. No obstante, a finales del año 2004 la Ing. Hidalgo viajó a Alemania y desde allá nos comunicó que a su regreso no laboraría más para la CCF pero nos dejaría contactados con la funcionaria sustituta y darle continuidad a la propuesta. Tratamos de seguir el contacto con la CCF de todas las formas posibles y no se recibió respuesta alguna, aunado a que la CCF también a que en ese periodo la Junta Directiva estaba sufriendo cambios en su estructura administrativa y

replantando sus objetivos de trabajo, lo que complicó aun más establecer un contacto y un cronograma de actividades con ellos.

Dada la situación anterior, los investigadores de este proyecto se dieron a la búsqueda de otra (s) entidades como contraparte de esta propuesta y se logró contactar a varias personas que laboran con empresas privadas (Centro Agrícola Cantonal de Hojancha, Barca S.A., Plywood Costarricense S.A.) dedicadas a la reforestación e industrialización de la melina gracias la ayuda del Dr. Olman Murillo (investigador y profesor de la EIFO).

Con estas empresas se estableció comunicación y se les expuso la idea para desarrollar el proyecto además de explicarles como ellos podían participar y apoyar la propuesta. Se tuvo en primera instancia un interés de estas empresas en colaborar, pero dada la escasez de esta especie maderera que impera a nivel nacional y a la entrada de la época lluviosa, complicó la extracción del material necesario; inclusive estas empresas tuvieron ciertas dificultades para abastecer sus propios sistemas de producción, por lo que nos solicitaron en ese momento un poco de paciencia.

Buscando otras alternativas, se elaboró una propuesta de este proyecto a la Comisión Nacional de Incentivos (cumpliendo con los requisitos y fechas de entrega), para la consecución de financiamiento. Del cual recibí acuso de recibo por parte del Ministerio de Ciencia y Tecnología (REF: DM-911-2005) el día 28 de Julio del 2005 y luego de esa misma dependencia gubernamental el día 7 de noviembre del 2005 recibí la notificación REF: DM-1281-2005, en donde la Comisión Nacional de Incentivos deniega la ayuda solicitada. Al respecto la nota expresa textualmente lo siguiente:

“Se considera que el tema es de gran interés, sin embargo es importante señalar que la Comisión de Incentivos ha tenido como política el elaborar un presupuesto anual de asignación de recursos para cada una de las modalidades de financiamiento que tiene el Fondo de Incentivos, es por esta razón que con base en el dictamen del ente técnico elaborado con fundamento en un marco metodológico, se ordenan los proyectos presentados de mayor a menor puntaje y se distribuye el monto presupuestado; es por esta razón que nos es posible la financiación de su proyecto.”

A pesar de estos inconvenientes, los investigadores de este proyecto validamos metodologías de trabajo con madera de melina de personas que llegaron a las instalaciones del CIIBI solicitando servicios de aserrío y secado, aunque la madera no cumplía con las características y procedencias que se planteaban en la propuesta

original. Sin embargo, esto sirvió como referencia para realizar ciertos ensayos de secado y análisis anatómicos, con los que se generó una base de datos, información y experiencia bastante importante. Estos ensayos previos sirvieron de guía para cuando se obtuviera disponible el material ideal. Finalmente, se logró muestrear las zonas de interés y obtener la cantidad de árboles propuesta y de las dos zonas que se querían estudiar, zona seca y zona húmeda.

Para este muestreo se realizaron contactos con tres empresas que poseen plantaciones en dichas zonas, para el caso del muestreo de la zona seca se obtuvieron árboles de la Península de Nicoya con la empresa Maderas & Servicios S.A., mientras que la empresa RACSA nos brindó el material en la zona de Las Juntas de Abangares. Por otro lado, con la empresa Barca S.A., se logró obtener el material de la zona húmeda en el sector de Piedras Blancas, Río Claro (Zona Sur). No sin antes establecer los todos contactos y trámites necesarios con la persona indicada de cada empresa. Se efectuaron 4 giras, 2 a cada una de las zonas de estudio, con el objetivo de seleccionar el material, realizar labores de corta, troceo, clasificación, transporte y otras actividades, hasta tener el material (noviembre del 2005) en las instalaciones del CIIBI, punto en el cual el proyecto se encaminó a la búsqueda de resultados y respuestas a los objetivos planteados.

7. APORTE DE INFRAESTRUCTURA: DOCENCIA DEL CENTRO O LA ESCUELA

1. **Cámara digital** marca MOTIC modelo MOTICAM 1000, adaptable a microscopio del Laboratorio de anatomía del CIIBI, utilizada para el curso de Anatomía e identificación de la madera, así como también para otros proyectos de investigación que se implementaran a futuro, descripción anatómica de diferentes especies pertenecientes a la XiloTEC. Este equipo también fue apoyo importante para preparar el material anatómico de varias especies *Citrus sp* de los estudiantes que participaron en el Congreso Forestal Estudiantil realizado en el mes de octubre 2006 en Cuba.
2. **Impresora** HP COLOR LASERJET 2600n, a disposición del CIIBI y la EIFO.
3. **Impresora** Epson Stylus C87 DURA Brite Ultra + CD con software de instalación + cable de conexión eléctrica y manuales para el profesor e

investigador de la EIFO/CIIBI M.Sc. Gustavo Torres, que utilizará para sus labores de investigación y docencia.

4. **Computador (CPU)** HP PENTIUM D con monitor HP L1706. Of. M.Sc. F. Muñoz, que utilizará para futuros proyectos de investigación MADERHAS, Mobiliario escolar y también para labores docentes de los cursos.
5. **PHmetro**, equipo complementario para determinar pH de la madera, soluciones preservantes, adhesivos, etc, a disposición del CIIBI y la EIFO.
6. **Artículos de oficina** varios y 3 ventiladores de torre para oficinas de los profesores e investigadores de la EIFO/CIIBI M.Sc. F. Muñoz, Dr. R. Moya e Ing. F. Monge.
7. **Mantenimiento y reparación del vehículo** FORD placa # 265-107, utilizado durante el desarrollo del proyecto y combustible para otros vehículos. También reparación del tractor/cargador FORD 6610 del CIIBI.
8. **Reparación de sierras cintas** del CEMU.
9. **Material (lastre) para la construcción** del estacionamiento de los vehículos propiedad del CIIBI.
- **Apoyo con el patrocinio** del “catering service” a la actividad de lanzamiento del libro

8. DIVULGACIÓN DE RESULTADOS

8.1. Artículos científicos

1. Muñoz, F.; Moya, R. 2006. **Moisture content variability in klin dried *Gmelina arborea* wood: effect to radial position, initial moisture content and anatomical features.** Journal of. Wood Science. (Received).
2. Moya, R.; Muñoz, F. 2006. **Aplicación de la tomografía axial computarizada (TAC) para la detección de bolsas de humedad en madera seca de *Gmelina arborea* (Roxb.).** Ciencia y Tecnología, Universidad de Costa Rica. (Aceptado).
3. Moya, R.; Muñoz, F. 2006. **Bolsas de humedad en madera seca de *Gmelina arborea* (Roxb.).** Journal of Tropical Forest Science para enviar antes de finalizar el año.

8.2. Notas técnicas

1. Zeledón, D. 2005. Utilización del azul bromofenol para la determinación de albura y el duramen en *Gmelina arborea* Roxb. (en línea). Kurú: Revista Forestal. 2(5):1-2. Agosto. Disponible en <http://www.itcr.ac.cr/publicaciones/revistakuru> (Solución tecnológica).
2. Moya, R.; Muñoz, F. 2006. **Secado de madera de melina.** Costa Rica Forestal. Boletín Informativo de la Oficina Nacional Forestal. No.04-2006 Julio-Agosto.
3. Moya, R.; Muñoz, F. 2006. **Bolsas de humedad en madera seca de Melina.** Desde el Bosque.. Boletín Informativo de la Cámara Costarricense Forestal. No. 13-2006 Septiembre-October.

8.3. Divulgación interna

1. Publicación en InformaTEC: **¿Por qué la madera de melina no seca?** Enero-Febrero, 2006, N° 252, p. 3.
2. Publicación en InformaTEC: **TAC para humanos, ahora utilizado en madera.** Junio-Julio, 2006, N° 254, p. 5.

3. Publicación en InformaTEC: **Organizan Coloquio para presentar resultados de investigaciones forestales**. Septiembre-Octubre, 2006, N° 256, p. 9.
4. II Encuentro de Investigación y Extensión Vicerrectoría de Investigación y Extensión ITCR: **Aplicación de la tomografía axial computarizada (TAC) y la resonancia magnética para la detección de madera “wetwood” en madera de *Gmelina arborea*. (poster)**. Biblioteca José Figueres Ferrer. 9-10 de Noviembre del 2006.

8.4. Divulgación externa nacional

1. Presentación de noticia científica sobre el proyecto en el noticiero matutino TELENOTICIAS DE CANAL 7 (9 marzo del 2006).
2. Reportaje en el Diario Extra: **Madera no seca**. Sección ENTERESE. 10 de marzo del 2006 p. 18.
<http://www.diarioextra.com/2006/marzo/10/nacionales14.php>
3. Reportaje en el diario La Nación: **Tecnológico usa TAC para analizar humedad de madera**. Sección ALDEA: Ciencia & Tecnología. 24 de junio del 2006. p 16 A.
4. Muñoz, F; Moya, R. Coloquio Forestal: Coloquio para la presentación de resultados de investigaciones forestales. “**Aspectos relevantes a considerar durante el secado convencional de la madera de melina (*Gmelina arborea*)**”. Centro de Transferencia Tecnológica CETT. Zapote, San José. 26 septiembre del 2006.

8.5. Divulgación externa internacional

1. Ponencia en España: Muñoz, F. “**Aspectos tecnológicos y características que influyen en el secado de la madera de melina (*Gmelina arborea*)**” I Curso Internacional de Tecnología de Productos Forestales. Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias (INIA) Madrid-España. 5 Octubre, 2006.
2. Ponencia en Perú: Moya, R. “**Aplicación de la tomografía axial computarizada (TAC) para la detección de bolsas de humedad en madera seca de *Gmelina arborea***”. Invitación de la Universidad Agraria La Molina. Lima-Perú. 5 Diciembre, 2006.

3. Ponencia en Chile: Moya, R. “**Aplicación de la tomografía axial computarizada (TAC) para la detección de bolsas de humedad en madera seca de *Gmelina arborea***”. Workshop on non destructive testing of wood products. Universidad del Bio-Bio. Concepción. Chile. 11-13 Diciembre, 2006.

8.6. Congresos internacionales

1. Muñoz, F.; Moya, R. 2006. “**Uniformidad del Contenido de humedad: Efecto de la posición radial, contenido de humedad inicial y anatomía en *Gmelina arborea***.” Memoria “2° Congreso Latinoamericano IUFRO: Bosques la creciente importancia de sus funciones ambientales, sociales y económicas. La Serena, Chile. 23-27 de octubre 2006. p .273.
2. Moya, R.; Muñoz, F. 2006. “**Aplicación de la tomografía axial computarizada (TAC) para la detección de bolsas de humedad en madera seca de *Gmelina arborea***”. Memory of Workshop on non destructive testing of wood products. Universidad del Bio-Bio. Concepción. Chile. 11-13 de Diciembre del 2006.

8.7. Obras didácticas

1. Muñoz, F; Moya, R. 2006. “**Aspectos relevantes a considerar durante el secado convencional de la madera de melina (*Gmelina arborea*)**”. Plegable informativo.
2. Moya, R; Muñoz, F; Escalante, I; Masís J; Cubillo, M. 2006. “**Aplicación de la tomografía axial computarizada (TAC) y la resonancia magnética para la detección de madera “wetwood” en madera de *Gmelina arborea***.” Poster informativo.

9. **ANEXOS** Se adjuntan todos los artículos científicos, notas técnicas, plegable informativo, poster y demás información pertinente.

10. AGRADECIMIENTOS

Los investigadores de este proyecto dan las gracias a las siguientes personas, organizaciones y empresas:

Ing. Rafael Cordoba, por sus aportes y comentarios acertados sobre el tema de secado de madera, Ph.D. Edwin Canessa, por sus aportes en anatomía de la madera, M.Sc. Marcela Arguedas, por su apoyo en los ensayos bacteriales de “wetwood”, Bach. en Educación. Alejandra Neira, por su apoyo logístico en gramática y traducción al idioma inglés de los artículos.

A los funcionarios del Centro de Investigación en Integración Bosque Industria (CIIBI), por su trabajo en la ejecución de los ensayos, a la Unidad de transportes del ITCR, así como también a todas las personas que colaboraron en las plantaciones en labores de corta, extracción y troceo del material.

A la Vicerrectoría de Investigación y Extensión del Instituto Tecnológico de Costa Rica, por el financiamiento del proyecto.

A las empresas Radiográfica Costarricense S.A. (RACSA), Maderas & Servicios S.A. y Brikman & Asociados S.A. (BARCA S.A.), por la donación de las trozas de melina utilizadas en este proyecto.