

**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
VICERECTORÍA DE INVESTIGACIÓN Y EXTENSIÓN**

Dirección De Proyectos

**Informe final de proyecto
Documento 1**

**Fortalecimiento de las capacidades del sector industrial forestal a través de la
transferencia y apropiación del conocimiento generado en proyectos de investigación
del área de tecnología de productos forestales**

Ing. Luis Diego Camacho Cornejo
Ing. Lupita Vargas Fonseca

2017

Tabla de Contenidos

1. Datos Generales	3
3. Resumen	4
4. Introducción	5
5. Marco Teórico	8
6. Resultados	20
6.1 Resultados correspondientes al primer objetivo: <i>“Dotar a la industria forestal de instrumentos para el uso y manejo de la madera y sus residuos”</i>	20
6.1.1 Manual de biomasa: Concepto y Manejo de Materia	20
6.1.2 Manual básico de apoyo para la aplicación y uso de las normas INTE 06-07-01:2011 e INTE 06-07-02:2014 para madera aserrada de uso general.	40
6.1.3 Aplicativo para la inspección y mantenimiento de casas con madera	44
6.1.4 Diseño de una vivienda de interés social con madera de melina cultivada en Costa Rica	46
6.2 Resultados correspondientes al segundo objetivo: <i>“Aumentar y desarrollar capacidades en el sector industrial forestal costarricense en el uso y manejo de la madera y sus residuos”</i> ...	49
6.2.1 Actividades desarrolladas	49
6.2.3 Memoria del taller del uso de la madera	54
6.3 Resultados correspondientes al tercer objetivo: <i>“Sistematizar el proceso de extensión y evaluar su efecto sobre la población destino”</i>	58
7 Conclusiones del proyecto	76
8 Recomendaciones	77
9 Bibliografía	77
10 Apéndices	78

1. Datos Generales

1.1 Código y título del proyecto

1. *Código del Proyecto:* 5402-1401-1033
2. *Nombre del proyecto:* “Fortalecimiento de las capacidades del sector industrial forestal a través de la transferencia y apropiación del conocimiento generado en proyectos de investigación del área de tecnología de productos forestales”

1.2 Investigadores

Nombre y Grado Académico	Dirección electrónica
Ing. Diego Camacho Cornejo, MBA**	dicamacho@itcr.ac.cr
Ing. Lupita Vargas Fonseca, M.Sc	lvargas@itcr.ac.cr

**Investigador responsable

3. Resumen

El sector forestal en la última década ha mostrado cambios en su desarrollo, aspectos como sistemas productivos, tecnologías de producción y oferta de productos han variado significativamente, lo que hace necesario el desarrollo de actividades de capacitación y actualización en temas de tecnologías de la madera, algo que se ha notado como una debilidad del sector; por lo cual el objetivo de este proyecto consistió en fortalecer las capacidades del sector industrial forestal mediante la transferencia y apropiamiento del conocimiento generado por la investigación realizada por el CIF en el área de tecnología de productos forestales. Para lo cual se desarrolló una estrategia de tres fases en la cual primeramente se elaboraron manuales sobre uso de residuos con fines energéticos y normas de calidad de la madera que se combinaron con cursos y charlas (fase dos) que incluyeron temas de secado y preservación de la madera, impartidas con un sistema teórico-práctico el cual se sistematizó (fase tres) con el fin de cuantificar el aprendizaje y eficiencia del sistema de extensión aplicado. Los resultados mostraron dos manuales funcionales que se complementaron con un manual digital de clasificación de madera y otro de desarrollo de viviendas en madera, en cuanto a los cursos se impartieron un total de 16 con una participación de 250 personas de cinco regiones distintas del país. La sistematización del aprendizaje mostró que el tema de secado y preservación de la madera bajo el sistema tradicional de enseñanza teórico-práctico es funcional y generó una retención de información superior al 60% hasta 30 semanas posteriores al curso, caso contrario con el tema de las normas INTECO en el cual este sistema de aprendizaje tradicional no es funcional y requiere ser replanteado para promover una mejor capacidad de aprendizaje que permita al usuario mantener dicho conocimiento en el tiempo.

Palabras clave: Tecnologías de la madera, secado, preservado, norma INTECO, extensión forestal.

4. Introducción

El sector productivo forestal costarricense generó 956 853 m³/rollo de madera en el año 2015, procediendo tanto de bosque natural, plantaciones y potreros arbolados, significando una fuente de empleo de 14 800 personas y un aporte aproximado del 2 % de PIB del país (ONF 2016). En el proceso de generación de madera se dan varias fases de transformación del material; iniciando con la cosecha de árboles, corte y dimensionado del material, secado, preservado, desarrollo de productos y otros procesos extras dependiendo del mercado demandante y del producto final. En todas estas actividades se da la implementación de técnicas, procesos y tecnologías que en muchos casos son ineficientes, obsoletas o con una generación de residuos alta que implica en una disminución de eficiencia del material madera y un aumento del costo del producto final (ONF 2014).

Ante el problema de transformación eficiente de la madera, se deben sumar otros factores como es la falta de normalización del mercado maderero nacional, el cual tradicionalmente ha implementado para la ventas el sistema de PMT (pulgadas madereras ticas) que se enfoca en la venta de madera por volumen sin enfatizar en aspectos como la calidad de la mismo (la cual se ha abordado de manera subjetiva); incidiendo que madera comercializada sea heterogénea en dimensiones y calidades; lo que a la postre se convierte en una desventaja con respecto a la maderas importadas que traen clasificación de calidades y dimensiones uniformes. Por lo cual, INTECO ha desarrollado normativas a nivel nacional que estandaricen algunos productos forestales y con ello se den mejores condiciones de competencia, sin embargo, su aplicación ha sido muy limitada por el desconocimiento por parte de los productores.

Encuestas desarrolladas por el SINAC (2011) mostraron una serie de preocupaciones por parte del sector productivo ante la carencia en capacitaciones en temáticas forestales; en el 2013 el Área de Tecnología de Productos Forestales de la Escuela de Ingeniería Forestal del Tecnológico de Costa Rica, desarrolló una serie de encuentros y encuestas que corroboraron dicha debilidad y la enfatizó en la necesidad de desarrollo de investigaciones que permitieran la optimización de la producción, manejo de residuos, costos y calidad de la madera como materia prima.

Por tanto, desde el 2013 se han desarrollado una serie de proyectos de investigación por parte de la Escuela de Ingeniería Forestal que evaluaron la tecnología y procesos productivos nacionales en áreas como secado, preservado, trabajabilidad, manejo de residuos, entre otros; con el fin de generar una serie de paquetes técnicos que permitan optimizar la producción y brindar recomendaciones con respaldo técnico a los productores en el proceso de conversión tecnológica o cambios en sus actividades productivas. Sin embargo, muchos resultados de estas investigaciones se habían enfocado académicamente como: artículos científicos, notas técnicas, posters en congresos y ferias, entre otros; limitando el acceso a los estratos productivos donde las necesidades son más sensibles.

Por tanto, este proyecto se enfocó en la transformación de dichos resultados en conocimiento adaptable y aplicable al sector productivo, se utilizaron los resultados de las investigaciones desarrolladas a las 10 especies forestales más relevantes del país, mediante el desarrollo de técnicas de extensión en las siguientes regiones del país: Guanacaste, Valle Central, Zona Atlántica, Zona Norte y Zona Sur. La metodología empleada se desarrolló con el fin de que las actividades implementadas se adaptaran a las necesidades demandantes de los productores, de manera que permitiera el análisis de casos productivos en cada región y permitiera a los productores la posibilidad de incorporar los conocimientos en sus actividades productivas de una manera simple.

El proyecto dotó a la industria forestal de instrumentos para el uso y manejo de la madera y sus residuos, conformados por el desarrollo de plataformas de manuales de acceso, seguidamente aumentó y desarrolló capacidades en el sector industrial forestal costarricense en el uso y manejo de la madera y sus residuos mediante manuales, resúmenes y presentaciones que se convirtieron en un instrumento guía; luego se desarrollaron charlas, cursos y actividades de campo a los productores con el fin de que no solo recibieran la información, sino que también entendieran como se podía aplicar en sus actividades diarias y en caso de presentarse algún problema o entender cuál era la mejor manera de solucionarlo; finalmente se pretendió el desarrollo de un sistema de evaluación de aprendizaje, algo que en temática de extensión forestal es muy limitado y que su impacto en actividades de extensión futuras es significativo, ya que permite definir cómo hacer que la información sea más simple de aprender y a su vez permite que el aprendizaje sea real y que la retención de información

por parte del grupo de recepción de esta sea efectiva; asimismo, con ello se busca mejorar las técnicas empleadas y conocer más acerca de conceptos como es la extensión funcional o extensión integral que buscan que la información se adapte al usuario meta y no que el usuario se deba adaptar a la información, provocando que el proceso de aprendizaje sea más cómodo e interesante para el usuario.

Todo este marco funcional abarcó el objetivo de este proyecto que consistió en fortalecer las capacidades del sector industrial forestal mediante la transferencia y apropiamiento del conocimiento generados por la investigación realizada por el CIF en el área de tecnología de productos forestales.

5. Marco Teórico

Extensión se define como un proceso sistemático de intercambio de conocimientos de un individuo o grupo a otro individuo u grupo con el fin de generar un enriquecimiento de la capacidad de entendimiento y capacidad de respuesta a un problema o decisiones a tomar en una actividad (Aponte, 1998); en el campo forestal este término se aplica en la transferencia de conocimiento para la mejora en el manejo de los recursos forestales en búsqueda de la sostenibilidad del recurso y la obtención de beneficios de la población que lo aprovecha (Barrantes y Yagüe, 2015).

Tradicionalmente el proceso de extensión forestal se ha desarrollado con dos grandes enfoques (Hubackova y Semradova, 2015): (i) Totalmente prácticas, en las cuales a partir del tema se agrupan las personas que recibirán el curso, en un sitio que reúne condiciones idóneas para desarrollar el tema, el cual es dirigido por un experto (o grupo de expertos), se desarrollan una serie de actividades, temas o problemas de interés, con la ventaja que permite ver desde un contexto real la situación y aclarar dudas cotidianas de los productores pero con la desventaja de no abordar temas teóricos que sustenten la práctica. (ii) teórico-prácticas, este sistema combina una primera parte teórica que aborda metodologías y sustentos científicos que se complementan con práctica, ese sistema es efectivo para dar un aprendizaje integral al productor, pero presenta limitaciones en cuanto la complejidad del tema con respecto al tiempo, ya que en muchos casos el tiempo no permite cubrir todos los temas o los elementos y teóricos no se adecuan a todo el grupo de estudio.

Prisăcariu (2014) destaca en temáticas forestales que abordar los temas de forma adecuada a los grupos de interés es complicado, ya que los grupos tienden a ser muy heterogéneos, con situaciones culturales y sociales complejas y específicas a una región, lo cual complica que se pueda desarrollar sistemas de extensión únicos para macro regiones o países. Schendel y McCowan (2016) mencionan que conocer el mercado meta en extensión es primordial, ya que su conocimiento permite modelar y adaptar el tema para que sea asimilado de manera simple y con poco error, en el caso forestal esto ha sido poco implementado, debido a la poca participación de especialistas en ciencias sociales en los proyectos y que muchos de los impartidores de los cursos carecen de conocimiento o habilidad de adaptación al entorno del proyecto.

En la actualidad las tendencias extensionistas se enfocan no solo en transmitir claro y de forma funcional las temáticas que desarrollan en sus programas, sino que también pretenden que la extensión de información en el tiempo sea amplia, que la información transmitida sea implementada e inclusive sea la base de cambios en las organizaciones en busca de una mejora continua (Cakula et al. 2016). ONF (2016) menciona que la extensión forestal debe ser un elemento de desarrollo y mejora social y manutención óptima del recurso forestal en el tiempo.

En el caso específico de Costa Rica, la extensión forestal se ha considerado como una debilidad del área forestal, un censo desarrollado en el 2011 denominado “Censo Nacional de Industria Forestal primaria de Costa Rica” desarrollado por el SINAC (2012), encontró como una de las mayores debilidades productivas es la falta de capacitaciones y actualización de conocimiento (el 84% de los industriales encuestados identificaron un vacío de capacitaciones y cursos), esto complementado con las 14 800 fuentes de empleo identificadas para sector (ONF 2016), evidencian la desventaja competitiva en conocimiento del área, la cual puede verse afectada por recorte de empleos y pérdida de competitividad; por otra parte, un estudio de re acreditación de la Escuela de Ingeniería Forestal encontró como una debilidades la actividad de extensión, si bien se han desarrollado una gran cantidad de estudios científicos, se han ligado de una manera limitada a la extensión y transmisión de conocimientos al sector productivo.

Entre las especies que cuentan con mayor cantidad de estudio se destacan acacia (*Acacia mangnium*), jaúl (*Alnus acuminata*), pochote (*Bombacopsis quinatum*), ciprés (*Cupressus lucitanica*), laurel (*Cordia alliadora*), melina (*Gmelia arborea*), teca (*Tectona grandis*), amarillón (*Terminalia amozonia*), surá (*Terminalia oblonga*) y cebo/mayo (*Vochysia guatemalensis*), muchas de estas especies se han implementado en planes de reforestación, planes de manejo de bosque natural y producción de productos en el país, se cuenta con información de procesos óptimos de secado, preservación, trabajabilidad entre otros (REF).

Además, se tiene conocimiento del uso de las normas de INTECO (Instituto Nacional de Normas Técnicas de Costa Rica) que ha desarrollado las normas de calidad visual de la madera aserrada; INTE 06 - 07 - 01 - 09, 2011 de Terminología general y la INTE 06 - 07 - 02 - 09, 2011 de Uso general, donde se analizan los defectos que afectan la calidad visual de

la madera aserrada, tales como nudos, desviaciones del grano, torceduras o marcas de sierras, así como la dimensiones del espesor, ancho y largo, con el objetivo de estandarizar el mercado nacional, mejorar el planteamiento técnico de la licitaciones del Estado y ser la madera nacional más competitiva respecto a la importada, ambas que en la actualidad han mostrado poca implementación debido a la poca comunicación y explicación de su implementación y que presenta algunos conceptos que se pueden dominar con mayor simplicidad con un programa de extensión.

Otro tema ampliamente estudiado pero que la extensión ha sido limitada es el tema de residuos forestales, se puede indicar que la cantidad de residuos forestales que se generan en el manejo de las plantaciones así como en la industria forestal tanto primaria como secundaria, ronda alrededor del 50% del volumen total del árbol (MOYA et al. 2010), dado que ese volumen de residuos es importante, se han realizado investigaciones que han determinado tipos y potencial energético de los residuos de diferentes especies forestales de la industria forestal nacional y su generación de energía a partir de las características de combustión y degradación térmica según la especie (Moya, 2012).

Por lo cual la combinación de las temáticas científicas desarrolladas con la atención extensionista de los problemas actuales de los sectores productivos pueden ser solventados por un programa de extensión, FAO (2016) menciona que técnicas de vinculación práctica, en la cual un grupo de productores puedan tener explicaciones teóricas de un tema acompañado con desarrollo actividades prácticas que permitan reafirmar el aprendizaje y desarrollar medidas de corrección, no solo condescienden en mejorar el conocimiento del grupo sino inciden en motivar su implementación de tiempo, lo que sugiere que las técnicas deben considerar la capacidad de retención que tendrán los productores, para lo cual el modelamiento de un sistema de aprendizaje y su cuantificación es fundamental.

Entre sistemas de extensión que incorporan de manera eficiente el proceso de evaluación de aprendizaje se desatacan los de medición directa e indirecta de información de Berasategi et al. (2016); el directo consiste en un sistema estructurado en el que se hacen pruebas tradicionales (escritas u orales) periódicamente que cubren cuantitativamente el porcentaje de aprendizajes desarrollado; en su contraparte el indirecto busca la cuantificación del aprendizaje en función de la capacidad del usuario en aplicar de manera correcta la

información aprendida en casos funcionales. En ambos casos es importante tener una sistematización de información que no solo se adapte al usuario y tema, sino que considere la disponibilidad tecnológica y de tiempo, algo que en temas extensionistas es complicado de desarrollar FAO (2016).

Para lo cual Cakula et al. (2016) menciona que la incorporación de manuales, folletos, guías y otros elementos escritos en el proceso de extensión, se convierten en una guía para el grupo meta, y son fundamentales en el proceso de manutención del conocimiento y agilizan el desarrollo de actividades extensionistas, por ser elementos de transmisión de conocimiento y un recurso guía de atención de un tema y una base simple para la solución de problemas por parte del grupo de interés, por lo tanto, disponer de herramientas guías permite que el impacto de la extensión en el tiempo sea mayor y permite cumplir la función de ser una base de desarrollo.

5. Metodología

5.1 Temas específicos del estudio y características de la población

El proyecto abarcó tres temáticas que en el estudio del SINAC (2011) y Evaluaciones del Área Productos Forestales de la Escuela de Ingeniería Forestal (2013) encontraron de alta relevancia para el sector productivo forestal: el secado (que es el proceso en el cual se extrae la humedad de la madera), preservado (proceso en que se aplican químicos para aumentar la durabilidad del material) y norma de calidad de la madera INTE O6-07-02-2014 (Uso general de la madera) y INTE 06-07-01-2011 (sistema estandarizado para definir el grado calidad de las tablas de madera, PN INTE, 2008) para las especies forestales *Acacia mangium* (Acacia), *Alnus acuminata* (Jaúl), *Bombapcosis quinata* (Pochote), *Cupressus lusitánica* (Ciprés), *Gmelina arbórea* (melina), *Swietenia macrophylla* (Caoba), *Tectona grandis* (Teca), *Terminalia amazonia* (Amarillón), *Terminalia oblonga* (Surá) y *Vochysia guatemalensis* (Botarrama), que son utilizadas actualmente en proyectos de reforestación comercial, otras son consideradas en los planes de aprovechamiento de bosques naturales y en el desarrollo de productos maderables (Moya *et al.* 2010).

El proyecto se realizó en cinco regiones del país (Zona Norte, Atlántica, Sur, Valle Central y Guanacaste) y se dirigió a grupos promedio de quince personas que se caracterizaban por tener edades de 25 a 50 años, de ambos géneros y con formación en ciencias forestales o bien con experiencia en el desarrollo de actividades forestales con fines industriales y comerciales. El proceso de selección de dichos participantes se dio en función a su disposición en participar en todas las actividades del curso y estar ligados en actividades laborales que vincularan los conocimientos de ambos temas.

5.2 Diseño de la investigación

La investigación se diseñó con tres fases las cuales conformaron los tres objetivos secundarios de esta investigación, todos ellos enfocados al mismo grupo de estudio; en la primera fase se desarrollaron los manuales que se diseñaron para ser de lectura eficiente, claros y prácticos en su entendimiento y puesta en práctica; en la segunda fase se diseñaron charlas de las temáticas de tipo teórico-prácticas en las cuales se combinó los conocimientos

teóricos presentes en los manuales desarrollados en conjunto con prácticas en situaciones reales de los temas, con el fin de que las personas capacitadas entendieran el funcionamiento de cada tema y tuvieran claro su aplicación en las actividades laborales, esto se complementó con el tercer objetivo que consistió en la valuación de dicho aprendizaje, definir el conocimiento adquirido en el tiempo, definir carencias y fortalezas del sistema implementado y definir una línea base para mejorar el proceso de extensión forestal en adultos.

5.3 Proceso de evaluación y desarrollo del proyecto en función a los objetivos

5.3.1 Metodología específica del objetivo: “Dotar a la industria forestal de instrumentos para el uso y manejo de la madera y sus residuos”

Se planteó como producto de este objetivo el desarrollo de dos manuales, uno enfatizado en conceptos de bioenergía y manejo del material y uno segundo enfatizado en normas INTECO a continuación muestras el proceso metodológico de cada uno de ellos.

1. Manual de conceptos sobre bioenergía y manejo del material

1. *Mercado meta:* se desarrolló en función de productores forestales, industriales y consumidores de residuos forestales, con un conocimiento del tema de residuos y energético moderado, pero con un interés en el tema elevado, su cobertura planteada es a nivel nacional y sin restricciones de tipo edad.
2. *Fuentes de Información:* la información recopilada para el manual se basó en estudios previos y actividades de investigación desarrollados en la Escuela de Ingeniería Forestal, en combinación a publicaciones científicas y experiencias similares desarrolladas en la región latinoamericana.
3. *Manejo de Información:* la información recopilada se organizó de forma que se abordara temática en general, con inicio conceptos, terminologías inductoras, posterior a ello procesos industriales y productivos con relación a tecnologías, aspectos técnicos y puntos relevantes y posterior a ello inicio temas técnicos y relevantes de cada proceso y detallas; este sistema jerárquico se desarrolló en un manual en formato docs.

4. *Elementos de consideración de montaje de manual:* en el desarrollo del manual se utilizó principalmente como base la información de los proyectos “Parámetros energéticos de 10 especies de rápido crecimiento” y “Balance energético en dos sistemas de secado de residuos ligno-celulósicos producidos en Costa Rica”, se cuenta información base para la estructuración y desarrolló del manual.
5. Manual de conceptos sobre el uso de la norma costarricense INTE 06-07-02: 2011 Madera aserrada para uso general
6. *Mercado meta:* se desarrolló en función de productores forestales, industriales, personal de ventas y control de calidad de madera y consumidores de madera forestales, con un conocimiento mínimo en aspectos de calidad de la madera, pero con un interés en implementarlo en sus actividades laborales diarias.
7. *Fuentes de Información:* la información recopilada para el manual se basó en la normativa de INTECO en conjunto a consultas de los especialistas desarrolladores de la norma y organizaciones que ya han iniciado a implementar la normativa a nivel nacional.
8. *Manejo de Información:* la información recopilada se organizó de forma que se abordara temática en general, con inicio conceptos, terminologías inductoras, posterior a ello se mencionan criterios, procedimientos y ejemplos reales de cada criterio de la norma además de proceso para designación final de una pieza de madera
9. *Elementos de consideración de montaje de manual:* en el desarrollo del manual se usó como base las normas *INTE 06-07-01: 2011: Terminología* y *INTE 06-07-02: 2011: madera de uso general*.
10. *Formato del manual:* El manual se desarrolló en modalidad “de bolsillo”, es decir un manual de uso diario que contendrá la información básica y necesaria para la evaluación visual de la calidad de la madera aserrada. El formato desarrollado fue tipo electrónico debido su simplicidad, facilidad de ser compartido y portable en un

dispositivo móvil, además, de la capacidad de ser consultado en cualquier hora y sitio y sin temer que se degrade con el tiempo.

11. Validación del manual: se realizó en 4 industrias forestales ubicadas en Cartago, donde se evaluó junto con un operario de estas industrias, la funcionalidad del manual. Esta validación permitió hacer ajustes al manual en términos del lenguaje, claridad de conceptos y forma de aplicación.

5.3.2 Metodología específica del objetivo: “Aumentar y desarrollar capacidades en el sector industrial forestal costarricense en el uso y manejo de la madera y sus residuos”

1. Estructuración de los cursos

La temática del uso de bioenergía se desarrolló a través de charlas magistrales, bajo una modalidad informativa de lo que potencialmente se puede realizar con los residuos, tanto su manejo como su mercado potencial; el tema de tecnología de la madera, específicamente el tema de secado, preservado y norma INTECO se desarrolló en modalidad curso (cuadro 1).

El proceso de aprendizaje implementado fue del tipo significativo-observacional (Kashiwaba, Kozawa, & Uchida, 2012) que consistió en dos fases: la primera la impartición de clases magistrales sobre terminologías y conceptos básicos en los temas y la segunda fase consistió en el desarrollo de actividades grupales prácticas en las que se aplicaba el proceso de evaluación y operación del tema.

Cuadro 1. Temas, cantidad de actividades y tiempo de duración, de la extensión de los temas desarrollados, en el proyecto.

Tema	Cantidad de charlas propuestas	Duración de curso (horas)
Uso de bioenergía a partir de biomasa forestal	5	8
Industrialización de las 10 especies	5	16
identificación de las dimensiones y defectos comunes en madera aserrada, para su clasificación según grado de calidad	3	16

2. Proceso de convocatoria

EL proceso de convocatoria se desarrolló desde tres líneas, la primera mediante invitaciones por correo electrónico a los egresados de la Carrera de Ingeniería Forestal, esto se pudo desarrollar ya que esta unidad cuenta con una base actualizada con direcciones y contactos de los egresados; la segunda línea consistió en invitaciones directas a empresarios e instituciones de relevancia en el sector forestal y que en evaluaciones previas mostraron los índices de mayor preocupación a estas temáticas y finalmente con la colaboración de la Oficina Nacional Forestal (ente formo parte directa de este proyecto), la convocatoria se desarrolló entre 15 y 30 días previos a la realización de los respectivos cursos y charlas.

3. Material desarrollado para impartición de cursos

Para cada charla se desarrollaron presentaciones previamente establecidas por investigadores especializados en dichas áreas, estas pretendían informar y dar una serie de elementos necesarios para que el usuario pudiese empezar a tener criterio en el momento de querer desarrollar una actividad o proyecto en el tema de bioenergías. En el caso del tema de secado, preservado y norma de calidad se desarrollaron en la sección teórica presentaciones ejecutivas las cuales proporcionaron a los grupos de aprendizaje los elemento necesarios para disponer de criterios profesionales y a su vez disponer de una copia de las presentaciones para su uso en aprendizaje o material de consulta, en la sección práctica se dispuso de material de prueba real, con equipos (de ser necesario) y una serie de prácticas para orientar a los grupos con el apoyo del profesional conocedor del tema. Finalmente como elemento complementario en cada curso se entregó el manual de bolsillo de Normas de calidad Visual de Madera Aserrada.

5.3.2 Metodología específica del objetivo: “Sistematizar el proceso de extensión y evaluar su efecto sobre la población destino”

Este análisis se enfocó a las temáticas de secado, preservado y norma INTECO de clasificación de la madera.

1. Evaluación de aprendizaje de los temas evaluados

Se desarrolló tres evaluaciones del proceso de aprendizaje, la primera se aplicó previo a la impartición del conocimiento de cada una de las temáticas, la segunda se realizó una vez implementada la lección teórica y práctica de cada tema y finalmente se desarrolló 30 semanas posterior a la finalización el curso; estas evaluaciones se realizaron al mismo grupo de estudio y se utilizó los aspectos mostrados en el cuadro 1, considerando: conocimiento base del usuario, conocimiento teórico y conocimiento práctico.

Cuadro 1. Variables evaluadas en el proceso de aprendizaje aplicado con tres temáticas industriales forestales.

Sección funcional	Aspecto evaluado
Conocimiento base del usuario	Conoce la definición de secado/preservado
	Conoce la variación de secado /preservado por especies madera
	Conoce utilidad de la actividad de secado/preservado
Conocimiento teórico del usuario	Dominio de tecnicismos de las operaciones de secado/preservado
	Entendimiento de valores o parámetros generados en las actividades
	Diferenciación y entendimiento de distintos sistemas de secado/preservado
Conocimiento práctico del usuario	Como desarrolla actividades de secado/preservado
	Proceso de control del secado/preservado
	Reconocimiento de la calidad de la actividad realizada
	Aplicación práctica de control de normas de calidad

2. Análisis estadístico

La caracterización previa del curso se desarrolló a partir de un análisis descriptivo de conocimiento previo, habilidades prácticas de la temática, interés de aprendizaje y percepción de dificultad. Para definir si existía significancia en los resultados se realizó un análisis de varianza de una vía, en caso de presentar diferencias significativas en los resultados se aplicó la prueba de Tuckey. La Curva de conocimiento adquirido cuantifico (CAC) se desarrolló con los datos adquiridos del precurso, postcurso y 30 semanas post curso, se generó a partir de la ecuación 1, en la cual conforme el valor del CAC tienda a 100 la información cuantificable asimilada es mayor.

$$CAC (\%) = \left((VAC_{teórico} + VAC_{práctico}) / 2 \right) \cdot 100\% \quad (1)$$

Donde:

CAC: es el valor porcentual de la Curva de conocimiento adquirido cuantifico

$VAC_{teórico}$: Valores de aprendizaje cuantificado teórico

$VAC_{práctico}$: Valores de aprendizaje cuantificado práctico

Los VAC teóricos y prácticos se generaron a partir de la ecuación 2, que se obtuvo de los estudios previos desarrollados (Aponte, 1998; Prisăcariu, 2014; Wahlgren, Mariager-Anderson, & Sørensen, 2016),

$$VAC_{t/p} = CP \cdot 0,1 + AA_{t/p} \cdot 0,25 + CRC_{t/p} \cdot 0,15 \quad (2)$$

Donde:

$VAC_{t/p}$ es el valor de aprendizaje cuantificado teórico o práctico.

CP es el conocimiento previo.

$AA_{t/p}$ es el aprendizaje adquirido teórico o práctico.

$CRC_{t/p}$ es la capacidad de razonamiento crítico (capacidad entendimiento real de lo aprendido) teórico o práctico.

El análisis perceptual de los cursos (tanto general como la sección teórica y práctica), se realizó bajo los términos de utilidad (utilidad elevada-utilidad baja) y complejidad (simple-complicado), para lo cual se utilizó un análisis tipo SANN (Analysis/Deployment) a partir

del principio de clasificación de VAC teórico y práctico. Los análisis estadísticos se realizaron con los programas STATISTICA versión 8,9 y R versión 3.3.1 con un nivel de significancia de 0,05.

6. Resultados

En esta sección se presentan los resultados del proyecto, tesis, artículo científico y charlas, todos productos de la investigación que se han preparado.

6.1 Resultados correspondientes al primer objetivo: “Dotar a la industria forestal de instrumentos para el uso y manejo de la madera y sus residuos”

Los productos de este objetivo se centraron en un Manual Práctico de Biomasa, en un Manual básico de apoyo para la aplicación y uso de las normas INTE 06-07-01:2011 e INTE 06-07-02:2014 para madera aserrada de uso general.

6.1.1 Manual de biomasa: Concepto y Manejo de Materia

A continuación, se presenta el borrador del manual de biomasa, este se desarrolló con la colaboración del Dr. Roger Moya, se llegó a nivel de borrador debido que en el proceso de elaboración e implementación (punto 6.2), se encontraron puntos a mejorar y adaptar para cumplir requerimientos de mercado meta para el cual se diseñó.

Manual de Biomasa: Conceptos y Manejo de Material

Introducción

Actualmente la mayor demanda de energía en el mundo es suministrada por combustibles fósiles (George & Cowie, 2011 y Khanal *et al*, 2010), esto ha provocado un incremento del dióxido de carbono y otros gases, que contribuyen al calentamiento global provocando problemas ambientales y socioeconómicos (Kim *et al*, 2013 y Liu *et al*, 2012). De acuerdo a la Administración de Información de Energía de los Estados Unidos (USEIA), se proyecta que dentro de 20 años el consumo mundial de energía aumentará un 50% y el principal suministrador de energía será el combustible fósil (Kim *et al*, 2013).

Ante la necesidad de reducir las emisiones de efecto invernadero y la dependencia de los combustibles fósiles en el mundo, surge la bioenergía como alternativa renovable en la producción de energía (Khanal *et al*, 2010; Kasmoui & Ceulemans, 2013 y Stoof *et al*, 2015). La bioenergía es la energía que proviene de fuentes de biomasa, incluidos cultivos energéticos, residuos y subproductos de la agricultura, producción de alimentos y silvicultura (Offermann *et al.*, 2011). Según Dale *et al* (2013) y Stoof *et al* (2015), la biomasa es la única materia prima renovable que puede actuar como complemento o reemplazo del combustible.

Sin embargo; para desarrollar energía a partir de biomasa, es necesario conocer adecuadamente las propiedades, el procesamiento, calidad y demás aspectos relacionados a este tipo de fuente energética. Bajo este contexto, este manual tiene como objetivo mostrar los aspectos relacionados con las características y procesamiento de la biomasa, para fines bioenergéticos.

1. Conceptos básicos

Para trabajar con la biomasa y comprender su adecuado procesamiento, es necesario el conocimiento de dos términos:

B.1. Fotosíntesis: proceso biológico realizado por las plantas y árboles, en el cual a partir de la radiación solar y en combinación con el dióxido de carbono (CO₂) en la atmósfera, el agua y una serie de nutrientes que generalmente están en el suelo se produce y almacena biomasa (Figura 1).

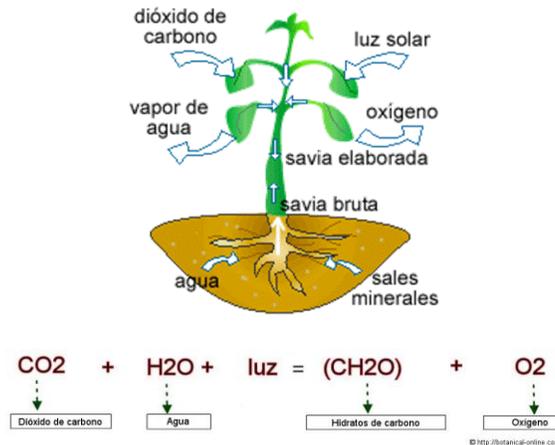


Figura 1. Ciclo de la fotosíntesis realizado en las plantas y árboles, en donde se presenta una relación entre los nutrientes, la radiación solar y las condiciones ambientales. Fuente: <http://fotosintesisma.blogspot.com/>

B.2. Biomasa: material derivado de animales, plantas y árboles resultado de la conversión del proceso fotosintético; material compuesto principalmente por carbono, oxígeno e hidrógeno, el cual forma la celulosa, lignina y hemicelulosa.

Puede ser utilizada como fuente de energía sostenible, posterior a su cosecha, al mismo tiempo mitiga los efectos del cambio climático al almacenar carbono.

La biomasa es considerada la materia prima más antigua utilizada para la producción de calor, nuestros antepasados la utilizaron para hacer las primeras exploraciones nocturnas, dar una temperatura adecuada para el cuerpo y el cocimiento de los alimentos. Este tipo de energía era considerada de combustión directa; sin embargo, en la actualidad se han desarrollado procesos más eficientes y limpios para la conversión de biomasa en energía, por ejemplo a través de la gasificación (producción de gas) o pirolisis (carbonización).

2. Tipos de biomasa

Existen distintos tipos de biomasa, los cuales se pueden industrializar según la disponibilidad y procedencia (Cuadro 1):

1. **Cultivos para producir biomasa:** son plantas o árboles que se cultivan con el objetivo de ser utilizados para la producción de energía, por ejemplo árboles, girasol, maíz, forrajes, entre otros.
2. **Residuos post-cosecha:** residuos producto de la cosecha de un producto principal, ya sea de aserraderos, cultivo de piña, palma aceitera, maíz, entre otros.
3. **Desechos industriales:** residuos provenientes de todo tipo de carnes y vegetales cuyo tratamiento como desechos representan un costo considerable para la industria.
4. **Desechos urbanos:** los centros urbanos generan una gran cantidad de biomasa en muchas formas, por ejemplo en residuos alimenticios, papel, cartón, madera y aguas negras.

Cuadro 1. Clasificación de la biomasa por tipo de residuo.

Biomasa	Tipo de residuo
Residuos forestales	Restos de aserrío: corteza, aserrín, astillas. Restos de ebanistería: aserrín, trozos, astillas. Restos de plantaciones: ramas, corteza, raíces.
Residuos agropecuarios	Cáscara y pulpa de frutas y vegetales. Cáscara y polvo de granos secos (arroz, café). Estiércol. Residuos de cosechas: tallos y hojas, cáscaras, maleza, pastura.
Residuos industriales	Pulpa y cáscara de frutas y vegetales. Residuos de procesamiento de carnes. Aguas de lavado y precocado de carnes y vegetales. Grasas y aceites vegetales.
Residuos urbanos	Aguas negras. Desechos domésticos orgánicos (cáscara de vegetales). Basura orgánica (madera).

Costa Rica por ser un país tropical, presenta condiciones de temperatura y precipitación óptimas para la producción de biomasa; sin embargo, su procesamiento dependerá de la disponibilidad y la factibilidad de centrarla en un sitio para su industrialización. Algunos ejemplos de biomasa que puede ser producida y procesada en nuestro país para la producción de bioenergía son: bagazo de caña, pulpa de banano, cascarilla de café, pollinaza, aserrín, leña, cascarilla de arroz.

5. Composición química de la biomasa

Como se mencionó la biomasa se compone principalmente de carbono, oxígeno e hidrogeno, respectivamente en mayor proporción (Cuadro 2). Además de estos componentes hay otros elementos menores tales como el nitrógeno, azufre y cloro, que cumplen una función importante en el momento de la combustión, al determinar el comportamiento de la biomasa con respecto a la cantidad de emisiones generadas. Estos y otros elementos menores quedan depositados como residuos en la ceniza luego del proceso de combustión de la biomasa. La cantidad de elementos que componen la biomasa varía en las diferentes especies (Cuadro 2).

Cuadro 2. Cantidad de elementos químicos y contenido de cenizas presentes en diferentes especies maderables y especies agrícolas.

Tipo de biomasa	Porcentaje del peso (sin humedad)						
Madera	C	H	N	O	S	Cl	Ceniza
Sauce	47,66	5.20	0.30	44.70	0.03	0.01	1.45
Madera suave	52,10	6.10	0.20	39.90	-	-	1.70
Corteza madera dura	50,35	5.83	0.11	39.62	0.07	0.03	3.99
Madera dura	50,48	6.04	0.17	42.43	0.08	0.02	0.78
Eucalipto	50,43	6.01	0.17	41.53	0.08	0.02	1.76
Roble	49,89	5.98	0.21	42.57	0.05	0.01	1.29
Corteza de pino	52,30	5.80	0.29	38.76	0.03	0.01	2.90
Aserrín pino	52,49	6.24	0.15	40.45	0.03	0.04	0.60
Sub-productos agrícolas	C	H	N	O	S	Cl	Ceniza
Brizna de trigo	39.07	4.77	0.58	50.17	0.08	0.37	4.96
Caña de azúcar	44.80	5.35	0.38	39.55	0.01	0.12	9.79
Bagazo de caña	46.95	5.47	0.38	39.55	0.01	0.12	9.79
Paja de arroz	39.65	4.88	0.92	35.77	0.12	0.50	18.16
Cascarilla de arroz	38.68	5.14	0.41	37.45	0.05	0.12	18.15
Paja de maíz	46.91	5.47	0.56	42.78	0.04	0.25	3.99
Olote de maíz	47.79	5.64	0.44	44.71	0.01	0.21	1.20
Fibra de coco	50.29	5.05	0.45	39.63	0.63	0.28	4.14
Carbón mineral	71.70	4.70	1.30	8.30	0.64	0.06	20.70

6. Proceso de combustión de la biomasa

El proceso de combustión de la biomasa consiste en someter la madera a un calentamiento inicial (temperatura de ignición), una vez aplicada la temperatura, se da la separación de los elementos químicos que la componen (carbono, oxígeno e hidrogeno) en forma de celulosa, lignina e hemicelulosas. En dicho proceso de separación hay una liberación de la energía, conocido técnicamente como combustión o popularmente como quemado de la biomasa. En este proceso de combustión se producen sustancias combustibles y materiales volátiles (gases o humo). El detalle del proceso de combustión se muestra en la figura 2.

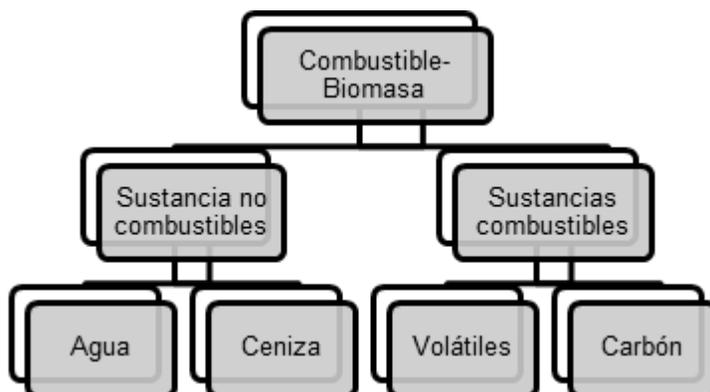


Figura 2. Clasificación de los componentes generados durante el proceso de combustión de la biomasa (Fuente: Marutzky, Seeger 1999).

En la combustión se producen una serie de sustancias volátiles relacionadas a los elementos químicos que la contienen. En estas sustancias volátiles se pueden producir gases no adecuados para el medio ambiente. Por esa razón es que en muchos países regulan las emisiones durante el proceso de combustión o quemado.

7. Capacidad calórica o valor de energía de la biomasa

Este concepto está referido a la cantidad de calor que puede generar la biomasa y generalmente es representado en las unidades de energía por unidad de masa que tenga el material. En el caso de la biomasa, este valor puede variar según la especie y el grado de humedad que contenga la biomasa. La biomasa habitualmente se mide por la cantidad de calor suministrado por el poder calórico, el cual representa la energía de combustión del carbono e hidrógeno de la materia orgánica y del azufre pirético y en parte del orgánico. En este sentido se establecen dos tipos de mediciones de la energía suministrada por la biomasa, las cuales dependen del grado de humedad:

F.1. Poder calórico bruto o capacidad calórica máximo: es la energía contenida en el material o la cantidad de calor generada por una combustión completa de una masa específica de carbón en presencia de oxígeno. Aquí no hay presencia de agua, se expresa en unidades de calor por la masa del material. El cuadro 3 detalla el poder calórico máximo para diferentes especies.

Cuadro 3. Poder calórico máximo para diferentes especies con producción de biomasa.

Tipo de Biomasa	Valor calórico bruto (MJ/kg)
Madera	
Astilla de madera	20,89
Corteza de pino	20,95
Desechos industriales de madera	19
Sub-productos agrícolas	
Paja de trigo	18,94
Caña	18,06
Bagazo	18,09
Cáscara de coco	18,69
Olote de maíz	17,72
Paja de arroz	15,61
Cascarilla de arroz	15,58
Aserrín	19,34

En la figura 3, se detalla este valor de poder calórico para especies maderables de plantación de Costa Rica.

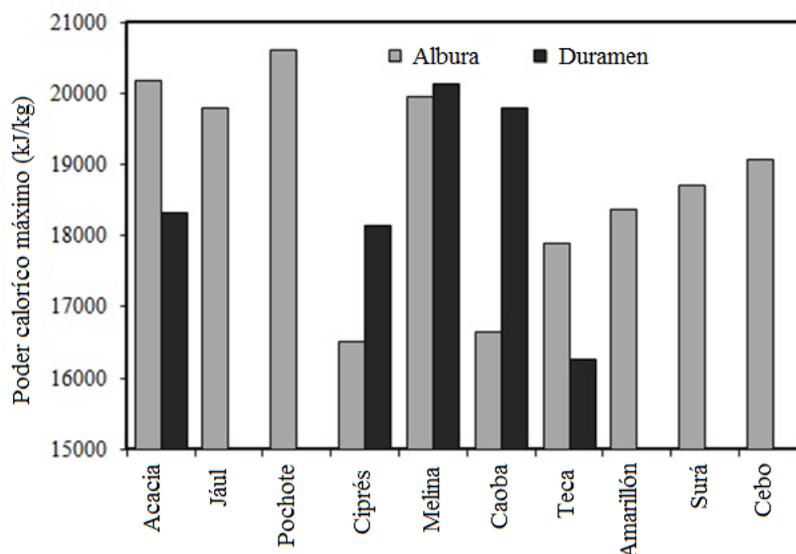


Figura 3. Poder calórico máximo en la albura y el duramen para diferentes especies forestales utilizadas en reforestación comercial de Costa Rica.

F.2. Poder calórico neto: representa la energía liberada menos el calor que el material ha gastado en evaporar el agua contenida en la biomasa, por lo general está involucrada la cantidad de agua que presenta el material.

8. Humedad en la biomasa

La biomasa por tratarse de un material de origen biológico posee agua, la cual tiene incidencia directa en la cantidad de calor que suministra la biomasa. El agua disminuye la capacidad calórica de la biomasa, ya que una proporción de la energía generada por el material tiene que ser consumida en evaporar el agua presente en el material. Esa humedad, en el caso de su futura utilización, es necesario eliminarla para así tener una mayor eficiencia energética. Existen dos ecuaciones de cálculo para determinar la cantidad de agua en la biomasa: la primera se refiere al concepto humedad de la biomasa de una totalidad de peso (Ecuación 1)

y la segunda va enfocada a determinar la humedad en relación a la materia seca de la biomasa (Ecuación 2).

$$\text{Contenido humedad (\%)} = \frac{\text{cantidad en peso de agua} \times 100}{\text{peso de madera sin agua}} \quad (1)$$

Humedad > o < a 100%

$$\text{Contenido humedad (\%)} = \frac{\text{cantidad en peso de agua} \times 100}{\text{peso de madera saturada agua}} \quad (2)$$

Humedad < a 100%

Por ejemplo, una muestra en condición recién cortada presenta un peso de 5 500 g y luego de secar la muestra a 100 °C por 24 horas, esta presenta un peso de 2 750 g. Seguidamente se presenta los valores de contenido de humedad en base seca y en base humedad.

$$\text{Contenido humedad en base seca (\%)} = \frac{(5\,550\text{ g} - 2\,750\text{ g}) \times 100}{2\,750\text{ g}} = 101,82\%$$

$$\begin{aligned} \text{Contenido humedad en base húmeda (\%)} &= \frac{(5\,550\text{ g} - 2\,750\text{ g}) \times 100}{5\,550\text{ g}} \\ &= 50,45\% \end{aligned}$$

9. Porcentaje de Cenizas

Este parámetro indica la cantidad de materia sólida no combustible por kilogramo de material y por lo general tiene efectos negativos en el poder calórico o en el comportamiento de la caldera, ya que un alto contenido de este material demanda un esfuerzo mayor para eliminarla durante la combustión. Por ello en los procesos que incluyen la combustión de la biomasa, es importante conocer el porcentaje de generación de ceniza, ya que este involucra una mayor cantidad de limpieza. En algunos casos, ésta puede ser utilizada; por ejemplo, la ceniza de la cascarilla de arroz es un excelente aditivo en la mezcla de concreto o para la fabricación de filtros de carbón activado. Sin embargo, en otros tipos de biomasa no es posible su aprovechamiento debido a la presencia de una serie de sustancias nocivas.

Cuadro 4. Porcentaje de ceniza para distintos tipos de biomasa estudiados en Costa Rica.

Tipo de biomasa	Porcentaje del peso
Madera	Ceniza
Sauce	1,45
Madera suave	1,70
Corteza de madera dura	3,99
Madera dura	0,78
Eucalipto	1,76
Roble	1,29
Corteza de pino	2,90
Aserrín pino	0,60
Sub-productos agrícolas	Ceniza
Brizna de trigo	4,96
Caña de azúcar	9,79
Bagazo de caña	9,79
Paja de arroz	18,16
Cascarilla de arroz	18,15
Paja de maíz	3,99
Olote de maíz	1,20
Fibra de coco	4,14
Carbón mineral	20,70

10. Densidad aparente

Esta se define como el peso por unidad de volumen del material en el estado físico que presenta, por ejemplo aserrín o material molido, y que el volumen contiene espacios vacíos. Combustibles con alta densidad aparente favorecen la relación de energía por unidad de volumen, requiriéndose menores tamaños de los equipos y aumentando los períodos entre cargas. Por otro lado, materiales con baja densidad aparente necesitan mayor volumen de almacenamiento y transporte y, algunas veces, presentan problemas para fluir por gravedad, lo cual complica el proceso de combustión, y eleva los costos del proceso.

11. Materiales volátiles

Los materiales volátiles, como se ha definido, son desprendimientos gaseosos de la materia orgánica e inorgánica durante el calentamiento o combustión de la biomasa. Y los materiales volátiles pueden contener sustancias como metano, dióxido de carbono, entre otros que contribuyen a aumentar el efecto invernadero. Una biomasa debe contener bajo contenido de materiales volátiles para que mayor proporción de esta sea convertida en energía, por el contrario biomasa con alto contenido de material volátil no es adecuado para una buena combustión ya que una proporción de la energía es gastada para producir estos materiales volátiles. El Cuadro 5 presenta los valores de contenido de materiales volátiles para algunas tipos de biomasa de Costa Rica.

Cuadro 5. Contenido de materiales volátiles presentes en diferentes tipos de biomasa en Costa Rica.

Tipo de biomasa (Especie)	Nombre común	Materiales volátiles (%)
<i>Arundo donax</i>	Arundo	70,5 ^{DE}
<i>Cupressus lusitanica</i>	Ciprés	76,7 ^{AB}
<i>Elaeis guineensis</i>	Pinzote de palma aceitera	71,7 ^{CD}
<i>Elaeis guineensis</i>	Fruto de palma aceitera	72,4 ^C
<i>Gynerium sagittatum</i>	Sorgo	75,1 ^B
<i>Pennisetum purpureum</i>	Zacate gigante	69,2 ^E
<i>Phyllostachys aurea</i>	Bambú	75,3 ^B
<i>Saccharum officinarum</i>	Caña de azúcar	78,0 ^A
<i>Sorghum bicolor</i>	Sorgo	72,6 ^C
<i>Tectona grandis</i>	Teca	75,9 ^B

12. Carbono fijo

El carbono que queda disponible en la biomasa luego de un proceso de pirolisis o carbonización; se obtiene por la diferencia de: contenido de material volátil, cantidad de cenizas y la cantidad de agua que tenga la madera. Este carbono generalmente es lo que se convierte en carbón durante el proceso de carbonización de la madera y varía de 16 a 25% dependiendo del tipo de biomasa.

13. Secado de la biomasa

L.1. Efecto del agua en el calor

El agua en la biomasa, como se ha mencionado disminuye el poder calórico de este, específicamente durante la combustión o quemado tiene un efecto absorbente de calor para realizar el proceso de evaporación del agua, por tanto disminuye la capacidad calórica. Es por esto que muchas veces antes de utilizar la biomasa es necesario secar esta madera hasta una humedad adecuada que permita la obtención de la mayor cantidad de energía con la menor cantidad de calor suministrado para el secado. Entonces se habla de un balance energético que presenta una ecuación de dos partes, por un lado, la energía que es necesaria para secar la biomasa y por otro la cantidad de energía que suministra la biomasa.

El secado de la biomasa es importante en muchos procesos de utilización de uso final que se le pueda dar. Por ejemplo en el pasado, cuando la leña de las podas de café era utilizada en el sector rural para cocinar, luego de la poda, esta era apilada para que la humedad bajará o se secase para posteriormente utilizar esta en el cocimiento de los alimentos en las casas. La figura 4 muestra los tipos de biomasa que necesitan secado durante la conversión de esta en diferentes tipos de utilización.

Vías de conversión de la biomasa

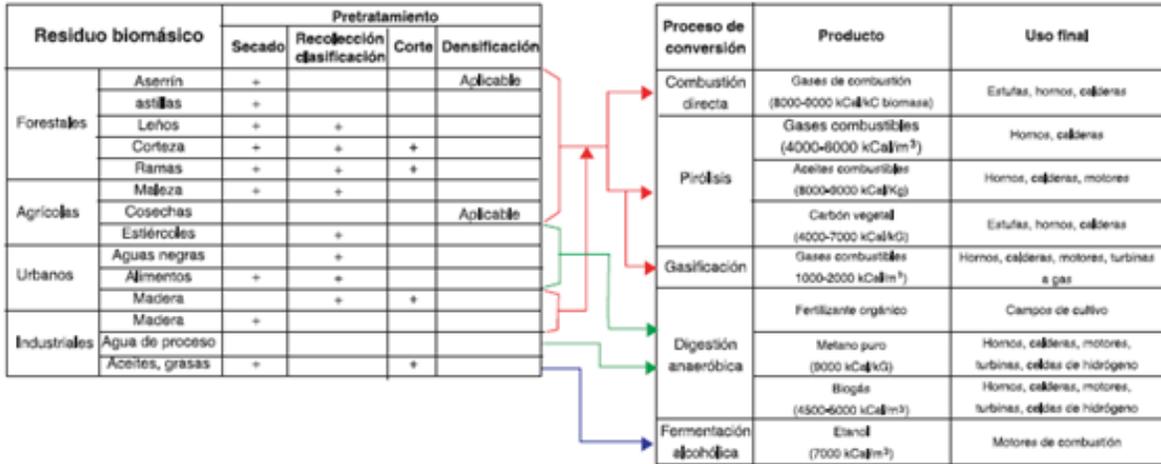


Figura 4. Diferentes procesos necesarios para la conversión de la biomasa en diferentes usos que pueda tener esta.

L.2. Modelo de secado de la biomasa.

La disminución del secado en relación al tiempo de secado tiene una relación de la forma $Contenido\ de\ humedad\ (\%) = contenido\ de\ humedad\ inicial * \epsilon^{tiempo*b}$. En la figura 5 se presenta gráficamente el comportamiento del contenido de humedad de diferentes tipos de biomasa (tipo granulado) a 50 grados de temperatura. Todos ellos presentan una forma de secado como la fórmula anteriormente presentada.

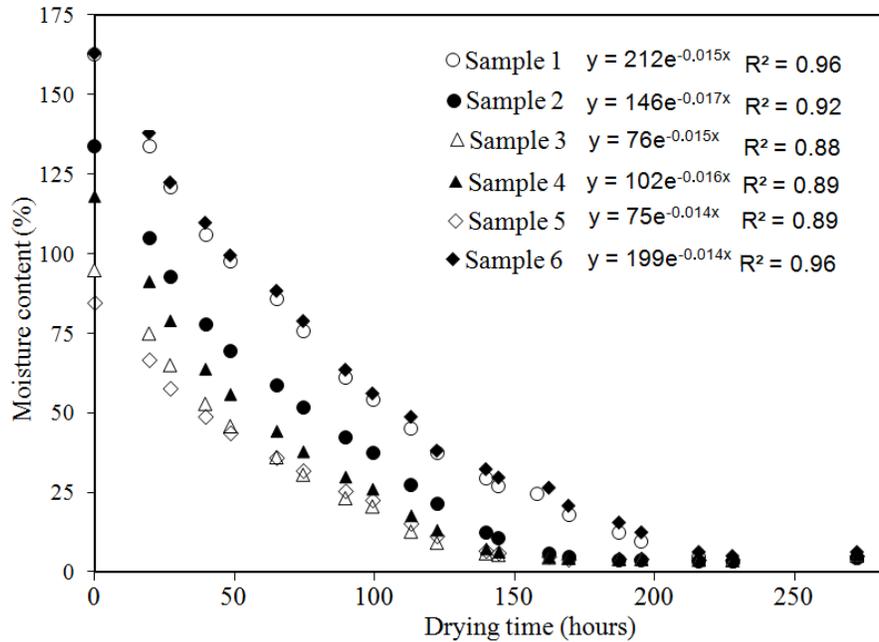


Figura 5. Comportamiento del contenido de humedad con respecto al tiempo de secado para 6 tipos de biomasa de tipo granulado según modelo matemático presentado.

L.3. Proceso de secado

El proceso de secado consiste en reducir la humedad de la biomasa a una condición adecuada para su procesamiento posterior o si es la combustión lograr una mejor eficiencia, por lo que esto debe lograrse con la mayor eficiencia posible. En tanto, la operación de secado conlleva a un gasto energético, para luego tener más energía. En el secado está involucrada la humedad del material.

En el secado se involucra muchos factores, pero estos pueden agruparse en dos grandes grupos: uno relacionado a las características propias del material y otra al sistema de secado utilizado. En el primer factor las características propias de la biomasa es un factor determinante, ya que cada biomasa tiene su propia forma de secado, algunas biomásas secan más rápido que otras, mientras que otras son de más lento secado. Por ejemplo biomasa provenientes de árboles por lo general son de más lento secado que la biomasa proveniente de algunos cultivos agrícolas.

Así mismo, cada tipo de biomasa cuenta con un contenido de humedad inicial que determina la cantidad de agua que debe eliminarse durante el secado, por lo que biomasa con altos con

altos grados de humedad tienden a presentar mayores tiempo de secado, por lo que hay un mayor consumo energético para secar y por el contrario, biomasa de baja humedad producen bajo consumo energético. Así por ejemplo, las biomásas provenientes de cultivos agrícolas como se ha comentado contienen mayor humedad que las especies que desarrollan algún tipo de leño como las maderas.

En el proceso de secado es importante con el fin de lograr los mejores tiempos posibles y lograr la máxima eficiencia posible, que se reduzca el tamaño de la biomasa a partículas pequeñas, por lo que hay una primera etapa por lo general llamada “reducción de tamaño”.

Por ejemplo para lograr que la madera seque más rápidamente si se quiere utilizar como biomasa y lograr la máxima eficiencia energética posible es necesario reducir los pedazos de mayor tamaño a un material particulado (Moya et al., 2013). Otro ejemplo para clarificar el efecto de la forma de la biomasa sobre el efecto en el secado, es un estudio llevado a cabo por Moya et al (2013), dichos autores compararon el secado de aserrín de madera, el pinzote provenientes de la palma aceitera y las hojas de piña, utilizando diferentes tipos de secado: en cámara, de tipo solar y al aire libre. Fue determinado que el pinzote junto con el aserrín de madera presentó tiempo de secado muy similares entre ellos, pero la piña si no hay un tratamiento previo de reducción de tamaño el tiempo de secado es muy prolongado.

En lo relacionado a la reducción del tamaño de la biomasa, hay diferentes formas de realizarlo, la cual en adelante se retomará. Sin embargo; para cuantificar esto mostramos el ejemplo de la hoja de piña: si la mata de piña es pasada por un molino similar al que se utiliza en el procesamiento de la caña el tiempo de secado se reduce a solamente horas, a diferencia de la hoja sin ningún tipo de procesamiento que logra tiempos de secado muy prolongados. Otra forma de procesar la hoja de piña para lograr tiempos de secado menor es cortar esta largos que varían de 2 a 10 cm de largo (Figura 6a) o bien realizar algún tipo de estrías a las hojas para lograr exponer mejor la humedad. Este procesamiento permite

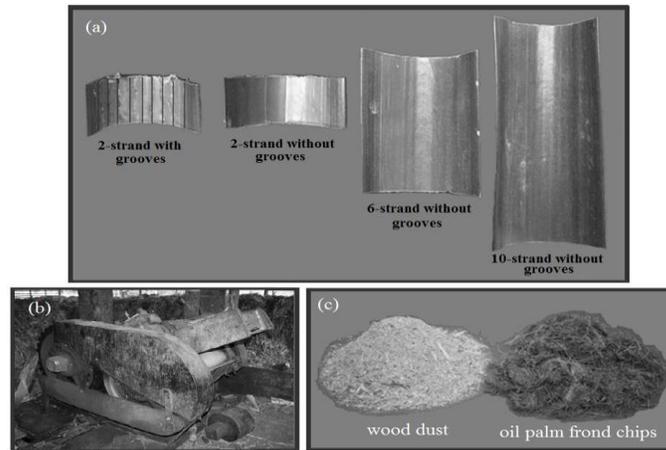


Figura 6. Diferentes formas de procesamiento de la hoja de piña para reducir los tiempos de secado: (a) cortar la hoja en largo de 2 a 10 cm o realizar algún tipo de estrías. (b) utilización del molino utilizado para en la extracción del jugo de caña para procesar la mata de piña y (c) forma de la partícula reducida de madera de piezas de madera y el pinzote proveniente de la palma aceitera.

La reducción del tamaño en el caso de la hoja de piña o bien pasar las hojas de la caña de azúcar por el molino y particular las piezas de madera y el pinzote de la palma aceitera, permite hacer determinaciones más precisas sobre el grado de humedad óptimo al cual se debe secar esta biomasa.

Por ejemplo en el caso de aserrín de madera y el pinzote de la palma aceitera, secar a contenidos de humedad inferiores al 10% produce que el consumo de energía se incremente rápidamente luego de este punto. En tanto que la hoja de piña, además de presentar mayor consumo energético en relación a los anteriores tipos de biomasa, luego del 5% de humedad el consumo incrementa rápidamente.

14. Industrialización de la biomasa

El proceso de industrialización de la biomasa involucra muchas etapas hasta llegar a su aprovechamiento; sin embargo, en este manual solo se explica el proceso de industrialización desde el momento de la cosecha hasta el proceso de densificación. En general la

industrialización de la biomasa contempla las siguientes etapas: cosecha, recolección, transporte, reducción de tamaño, almacenamiento, secado, densificación y almacenamiento.

M.1. Proceso de industrialización:

1. Ubicación de la biomasa, cosecha y recolección

La biomasa puede proceder de diferentes partes, lo que significa que cada una de ellas tiene diferentes características que establecen ventajas y desventajas para su posterior procesamiento (Cuadro 11). A continuación se hace un detalle de los diferentes tipos de biomasa:

1. **Desechos de procesos industriales en fábricas o planteles industriales:** broza de café en beneficios, aserraderos, empacadores de piña, producción de masa de maíz, trapiches y procesamiento del fruto de la palma aceitera.

2. **Residuos agrícolas en plantaciones y forestales luego de la extracción del producto principal:** plantaciones forestales, cultivo de la piña, cultivo del maíz, cultivos de flores, cultivo de chile y cultivo de naranja.

3. **Cultivos energéticos:** son aquellos cultivos creados exclusivamente para la producción de energía y su aprovechamiento puede ser el fruto, follaje, el fuste u otra parte importante. Los cultivos típicos son: caña, árboles a diferentes densidades de siembra, tempate, coco, jatrofa, entre otros.

Cuadro 6. Ventajas y desventajas de la biomasa de acuerdo a su localización.

Tipo de biomasa	Ventajas	Desventajas
Desechos de procesos industriales en fábricas o planteles industriales.	<ul style="list-style-type: none"> •Se encuentran recolectados. •Fácil de transformar. 	<ul style="list-style-type: none"> •Por lo general pertenecen a los centros de productos. •Tienen cierto mercado establecido. •Presentan fácil degradación.
Residuos agrícolas y forestales luego de la extracción del producto principal.	<ul style="list-style-type: none"> •De gran volumen. •De bajo costo. 	<ul style="list-style-type: none"> •De difícil recolección, al estar dispersos. •El aspecto energético debe ser analizado con cuidado. Debe reducirse para aumentar la densidad aparente. •Dependencia del clima y periodo corto de aprovechamiento.
Cultivos energéticos.	<ul style="list-style-type: none"> •De gran volumen. •Concentrados en poca área. 	<ul style="list-style-type: none"> •De difícil recolección, al estar dispersos. •El aspecto energético debe ser analizado con cuidado. •Debe reducirse para aumentar la densidad aparente.

Existen diferentes tipos de maquinaria que pueden ser utilizadas en la etapa de cosecha; las ideales son aquellas en las cuales una vez cosechada la biomasa inmediatamente hace la reducción del tamaño (aumentar paralelamente la densidad aparente) para depositar posteriormente a un equipo de transporte (Figura 7). Sin embargo, el uso de este tipo de equipos, por las condiciones de topografía y características de suelo en Costa Rica puede ser limitado.



Figura 7. Diferentes equipos que pueden utilizarse en la cosecha y triturado de la biomasa.

4. Transporte

En relación con el transporte, en Costa Rica esta etapa es un factor determinante para el aprovechamiento de la biomasa, ya que los costos son los que determinan la distancia a la que se debe transportar la biomasa, por ejemplo las primeras experiencias en el transporte de la biomasa han establecido que la distancia de transporte debe estar en un rango de 20-30 km del sitio donde se va procesar esta, cuando se trata de biomasa en condición húmeda.

Durante el transporte se debe buscar, con el fin de hacer la actividad más apropiada y económica, reducir el tamaño de la biomasa y que presente un bajo contenido de humedad, de esta forma se transporta una mayor densidad energética. Asimismo, se debe buscar que el método de carga y descarga de la biomasa sea realizado fácilmente y de esta manera economizar recursos. La figura 8 muestra algunos ejemplos de camiones utilizados en el transporte de la biomasa que facilitan la descarga de la misma.



Figura 8. Maquinaria posible utilizada para el transporte de biomasa.

5. Almacenamiento

Una desventaja de la biomasa, en especial recién cortada o procesada, es que tiende a degradarse o descomponerse rápidamente, dando como resultado que no puede permanecer mucho tiempo almacenada a espera del siguiente proceso. Además de ese problema la biomasa tiende a ocupar grandes áreas, por lo que los problemas de espacio en las industrias puede ser

una limitante. Además, en Costa Rica por ser una región tropical este problema se acentúa más, al presentar condiciones ideales de temperatura y precipitación para la degradación de la misma.

6. Secado

Antes de seleccionar el equipo óptimo para secar la biomasa, es importante saber ¿cuál es el volumen de biomasa que se debe secar?. Un sistema ideal de secado es aquel que es realizado en minutos, por lo que probablemente involucra alta temperatura y alto consumo de energía. En el secado de biomasa es común utilizar tambores rotatorios (Figura 9), en el cual el material pasa por la parte interna, y al final del tambor, la biomasa está seca.

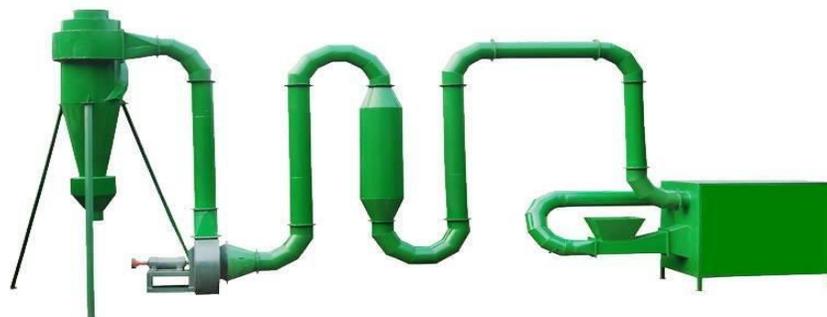


Figura 9. Diferentes tipos de tambores rotatorios utilizados para el secado de las partículas de biomasa.

Referencias bibliográficas

- Dale, V. H., Kline, K. L., Perla, D., & Lucier, A. (2013). Communicating about bioenergy sustainability. *Environmental management*, 51(2), 279-290.
- El Kasmoui, O., & Ceulemans, R. (2013). Financial analysis of the cultivation of short rotation woody crops for bioenergy in Belgium: barriers and opportunities. *BioEnergy Research*, 6(1), 336-350.
- George, B. H., & Cowie, A. L. (2011). Bioenergy systems, soil health and climate change. In *Soil health and climate change* (pp. 369-397). Springer Berlin Heidelberg.
- Khanal, S., Surampalli, R., Zhang, T., Lamsal, B., Tyagi, R., & Kao, C. (2010). Bioenergy and biofuel from biowastes and biomass. *American Society of Civil Engineers (ASCE)*.
- Kim, H. K., Parajuli, P. B., & To, S. F. (2013). Assessing impacts of bioenergy crops and climate change on hydrometeorology in the Yazoo River Basin, Mississippi. *Agricultural and forest meteorology*, 169, 61-73.
- Moya, R., & Tenorio, C. (2013). Fuelwood characteristics and its relation with extractives and chemical properties of ten fast-growth species in Costa Rica. *Biomass and Bioenergy*, 56, 14-21.
- Moya, R., Tenorio, C., Bond, B. 2013. Energy balance for three lignocellulosic residues using different drying techniques. *Bioresources* 8(2): 2033-2046.
- Offermann, R., Seidenberger, T., Thrän, D., Kaltschmitt, M., Zinoviev, S., & Miertus, S. (2011). Assessment of global bioenergy potentials. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 16(1), 103-115.
- Stoof, C. R., Richards, B. K., Woodbury, P. B., Fabio, E. S., Brumbach, A. R., Cherney, J., ... & Steenhuis, T. S. (2015). Untapped potential: Opportunities and challenges for sustainable bioenergy production from marginal lands in the Northeast USA. *BioEnergy Research*, 8(2), 482-501.
- Tenorio, C., Moya, R., 2012. Evaluation of different approaches for the drying of lignocellulose residues. *Bioresources* 7(3), 3500-3514.
- Tenorio, C., Moya, R., Tomazello-Filho, M., & Valaert, J. (2015). Quality of pellets made from agricultural and forestry crops in Costa Rica Tropical climates. *BioResources*, 10(1), 482-498.
- Tenorio, C., Moya, R., Tomazello Filho, M., & Valaert, J. (2015). Application of the X-ray densitometry in the evaluation of the quality and mechanical properties of biomass pellets. *Fuel Processing Technology*, 132, 62-73.

6.1.2 Manual básico de apoyo para la aplicación y uso de las normas INTE 06-07-01:2011 e INTE 06-07-02:2014 para madera aserrada de uso general.

El manual de aplicación de la norma INTE 06-07-01:2011 y INTE 06-07-02: 2014 se desarrolló y validó con los grupos de extensión desarrollados (sección 6.2), continuación se presenta un extracto de este manual (en el Apéndice uno del CD titulado: 01_MANUAL_BASICO_NORMA_MADERA.pdf, se cuenta con el documento completo); este manual se concretó con el apoyo de la MUCAP.

Manual de apoyo

Manual básico de apoyo para la aplicación y uso de las normas INTE 06-07-01:2011 e INTE 06-07-02:2014 para madera aserrada de uso general.

“Fortalecimiento de las capacidades del sector industrial forestal a través de la transferencia y apropiación del conocimiento generado en proyectos de investigación del área de tecnología de productos forestales”



TEC | Tecnológico de Costa Rica



Compilado por: Ing. Pamela Chaves Sánchez
Revisado por: Ing. Diego Camacho Cornejo
Febrero 2015

1. Presentación

El presente manual tiene como objetivo principal contribuir a la aplicación de las normas INTE 06-07-01:2011 e INTE 06-07-02:2014 elaboradas para madera aserrada de uso general, esto dirigido hacia los aserraderos y empresarios del sector forestal e industrial en Costa Rica.

2. Descripción

Las normas utilizadas para este manual fueron elaboradas por el Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica (INTECO), junto con la participación de expertos en el tema y universidades nacionales.

Norma INTE 06-07-01:2011: Normas de terminología de maderas.

Se compone principalmente de la sección de términos de la madera, además del anexo A con fotografías para la mayoría de los términos. Esta norma no es equivalente con ninguna norma internacional, por no existir referencia alguna al momento de su elaboración. Esta norma equivale parcialmente a la norma **ASTM D9 - 09ae1** Standard Terminology Relating to Wood and Wood-Based Products.

Norma INTE 06-07-02:2014: Madera aserrada para uso general.

Requisitos.

Los apartados de mayor importancia en esta norma son los requisitos dimensionales para la madera aserrada y clasificación, ambos con sus respectivas tablas además de la identificación de la clase de la madera: código de clasificación y criterios de aceptación y rechazo de lotes comerciales.

Para el desarrollo de esta norma nacional se tomó en cuenta la norma Colombiana **NTC 1305**, “Maderas. Clasificación de maderas aserradas” y se tomó como referencia la norma INTE 06-07-01-10, “Norma de terminología de maderas” y la norma INTE/ISO 2859-1:2009, “Procedimiento de muestreo para inspección por atributos”.

3. Observaciones importantes

Para la correcta aplicación de las normas se recomienda seguir los siguientes pasos:

- a. Identificar la especie de madera que será clasificada según la norma.
- b. Medir las dimensiones del producto: espesor en mm, ancho en cm y largo en m.
- c. Determinar la cara de la pieza con más defectos para ser evaluada.
- d. Realizar la evaluación según defectos para madera húmeda o seca.
- e. Clasificar según clases.

Se recomienda el uso de la métrica para realizar las mediciones de algunos de los defectos que lo requieran.

4. Definiciones técnicas

A continuación, se muestran algunas de las definiciones de la terminología, parte de la Norma INTE 06-07-01:2011: Normas de terminología de maderas.

Tabla 1. Principales definiciones técnicas relacionadas con la madera y sus respectivas figuras, según terminología de la norma INTE 06-07-01:2011.

Descripción	Figura
<p>Acanalado Es la distorsión de una tabla de madera en la cual existe una desviación, en la dirección perpendicular a la cara, de una línea recta a lo largo del ancho de la tabla.</p>	 <p>Fuente. Norma INTE 06-07-01:2011 (2011). Figura 1. Acanalado</p>
<p>Acebolladura Es la separación de leño o madera entre dos anillos.</p>	 <p>Fuente. Norma INTE 06-07-01:2011 (2011) Figura 2. Acebolladura.</p>

<p>Agujero por médula Espacio vacío que deja el desprendimiento de un nudo muerto.</p>	 <p>Fuente. Norma INTE 06-07-01:2011 (2011) Figura 3. Agujero por médula.</p>
---	--

6.1.3 Aplicativo para la inspección y mantenimiento de casas con madera

Un producto extra en este proyecto consistió en el Diseño de una herramienta digital para la inspección y mantenimiento de casas con madera, que se llevó acabo, por el estudiante Lino Mora Vicariolo, como trabajo de graduación para optar por el grado Licenciatura en Ingeniería en Construcción, en la Universidad de Costa Rica. Este trabajo lo supervisó como profesor tutor el MBA. Diego Camacho. Seguidamente se presenta el resumen y un extracto de los resultados de dicho proyecto (el documento completo se encuentra en el Apéndice 2 del CD del proyecto y se titula: 02_DISEÑO_HERRAMIENTA_DIGITAL_MANTENIMIENTO_CASAS_MADERA.pdf)

RESUMEN

En este documento se presenta el trabajo final de graduación para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería en Construcción del Instituto Tecnológico de Costa Rica. Los sistemas constructivos en madera requieren de mayor nivel de profesionalismo, lo cual se puede lograr con insumos de apoyo para los procesos de inspección de las obras; además, para sacar el mayor provecho a estas edificaciones, es importante que tengan una vida útil más larga y esto es posible con un adecuado mantenimiento, que permitirá la prevención de daños mayores.

El eje fundamental del trabajo es el diseño y validación de una metodología para la inspección y el mantenimiento de viviendas con sistemas constructivos en madera; este tipo de insumos se perfilan como recursos valiosos para el campo de la ingeniería en construcción y disciplinas relacionadas, específicamente con el uso de la madera.

Los manuales fueron elaborados de manera electrónica por medio de un sitio web adaptativo y con posibilidades de ser utilizado en diferentes dispositivos. Otra ventaja de utilizar un formato digital es que facilita la distribución del enlace web, el uso de formularios, fácil actualización y ampliación

del recurso, de manera que las nuevas versiones mantienen el enlace del usuario.

Palabras clave: madera, diseño, validación, viviendas, inspección, mantenimiento.

RESULTADOS (muestra)

5.2 Manual de mantenimiento

En esta sección se muestra el análisis realizado luego de la valoración y validación del manual de mantenimiento; este proceso permitió ver la opinión de profesionales en el área de ingeniería sobre aspectos de contenido, pertinencia y diseño del manual. En la siguiente figura se muestra la distribución por género, siendo más de las dos terceras partes hombres.

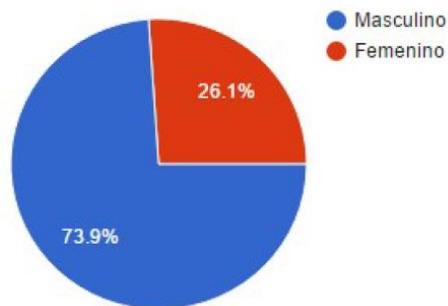


Figura 21: Distribución por sexo del manual de mantenimiento. Fuente: elaboración propia.

En cuanto a la experiencia laboral, se muestra como casi la mitad de los consultados tienen más de 10 años de laborar en el área de ingeniería, esto resulta valioso por el criterio que están brindando.



Figura 22: Distribución de experiencia laboral manual de mantenimiento. Fuente: elaboración propia.

La población encuestada labora en su mayoría en el sector público, más del 40% de los mismos. Además, en orden de importancia se tiene el privado y el independiente.

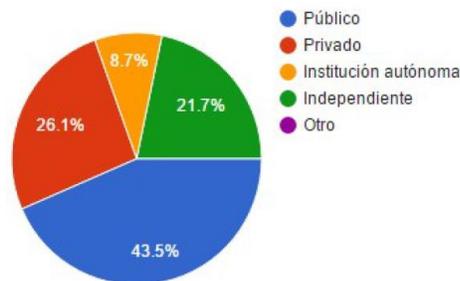


Figura 23: Distribución sobre el sector donde se desempeña. Fuente: elaboración propia.

6.1.4 Diseño de una vivienda de interés social con madera de melina cultivada en Costa Rica

El segundo producto extra en este proyecto consistió en el Diseño de una vivienda de interés social con madera de melina cultivada en Costa Rica, que se llevó acabo, por el estudiante Javier Fernando Lang Oreamuno, como trabajo de graduación para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería en Construcción, en la Universidad de Costa Rica. En este trabajo formó parte como lector el MBA. Diego Camacho. Seguidamente se presenta el resumen y un extracto de los resultados de dicho proyecto (el documento completo se encuentra en el Apéndice 3 del CD del proyecto y se titula: 03_DISEÑO_VIVIENDA_MELINA_COSTA_RICA.pdf)

RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue determinar la factibilidad de construir viviendas de interés social con madera de melina a nivel nacional con el fin de promover la construcción con maderas nacionales en Costa Rica para disminuir la huella de carbono del país. Esta investigación se presenta como una herramienta para estudiantes de Ingeniería Civil y otras carreras afines al tema desarrollado. No obstante, permite ser una guía para los productores nacionales de madera en cuanto a niveles de calidad y seguridad exigidos en el ámbito constructivo para este material. o legal para la reglamentación aplicable, definiciones, características, propiedades y parámetros para cada una de los elementos diseñados. A partir de esta información fue posible establecer un concepto de vivienda sobre el cual se diseñaron el sistema estructural y el sistema electromecánico. Paralelamente se conformó, en conjunto con un profesional en el área de ingeniería forestal, una estrategia de mantenimiento y preservación de la madera basándose en investigación bibliográfica e investigación de campo en distintas regiones del país.

El conjunto de información obtenido a partir de estas fases de desarrollo permitió concebir un juego de planos arquitectónicos, estructurales, de cimentación, y electromecánicos para una vivienda que pueda ser utilizada en cualquier región del país. El juego de planos, además, incluye un manual de especificaciones técnicas relacionadas con los materiales utilizados, la mano de obra, y las condiciones constructivas y de diseño. Una vez concluidas estas etapas fue posible determinar un presupuesto constructivo y estimar un valor de precio real para la vivienda diseñada.

DISEÑO; INTERÉS SOCIAL; VIVIENDAS; PREFABICABLE, MADERA DE MELINA

RESULTADOS (muestra)

4.3 Costo de la vivienda

El costo se determinó enfocándose en los materiales y la mano de obra. Para determinar el costo de los materiales se desarrolló una lista de materiales para el sistema eléctrico, mecánico y la estructura y se enviaron a cotizar. En cuanto al precio de la madera, así como el costo del curado y del secado se utilizan datos brindados por la EIF del Tecnológico de Costa Rica. Se utiliza un valor de 710 colones por pulgada maderera tica para la melina el cual incluye el precio de la madera, el secado y el curado. Para los costos de las placas de acero y pernos de tamaños no estándar, se utilizaron costos obtenidos a partir de una cotización en un taller de acero y una empresa dedicada a la confección de

pernos. El costo de las cimentaciones se deja por fuera debido a que este depende de la ubicación de la construcción y puede variar significativamente.

En cuanto al cálculo de los costos por mano de obra, se tomaron valores utilizados por una empresa que trabajaba en la construcción de viviendas similares. No obstante, es un valor estimado dado que realmente no existen datos de rendimientos para una vivienda con estas características de instalación. La presentación de los costos se segmenta en materiales y mano de obra.

4.3.1 Costos totales

Para calcular los costos totales de la vivienda se tomaron valores porcentuales típicos de la construcción en Costa Rica. Es decir, los costos indirectos se estimaron en un 14 % de los costos directos, los costos administrativos se estiman en un 5 % de los costos directos, y se utiliza un valor de 12 % de utilidad.

Los costos indirectos de esta vivienda corresponden a la herramienta utilizada en obra y en planta, los costos administrativos contemplan los gastos de la empresa, y la utilidad utiliza un valor común a nivel nacional. En los cuadros 4.34, 4.35 y 4.36 se presentan los costos totales de la vivienda ordenados por opciones similares.

Cuadro 4.34. Costo total las combinaciones que utilicen la opción de techos 1.

<i>Opción de techos 1: Paredes y entrepiso con madera de melina, tapichel de celosías de madera</i>	
TOTAL (colones)	7 804 313 ₡
<i>Costo por metro cuadrado</i>	174 828 ₡
<i>Opción de techos 1: Paredes de gypsum y entrepiso con madera de melina, tapichel de celosías de madera</i>	
TOTAL (colones)	7 423 604 ₡
<i>Costo por metro cuadrado</i>	166 299 ₡
<i>Opción de techos 1: Paredes de fibrocemento y entrepiso con madera de melina, tapichel de celosías de madera</i>	
TOTAL (colones)	7 376 062 ₡
<i>Costo por metro cuadrado</i>	165 234 ₡
<i>Opción de techos 1: Paredes con madera de melina, entrepiso de fibrocemento, tapichel de celosías de madera</i>	

TOTAL (colones)	8 006 713 ¢
<i>Costo por metro cuadrado</i>	179 362 ¢
Opción de techos 1: Paredes de gypsum y entrepiso de fibrocemento, tapichel de celosías de madera	
TOTAL (colones)	7 626 004 ¢
<i>Costo por metro cuadrado</i>	170 833 ¢
Opción de techos 1: Paredes y entrepiso de fibrocemento, tapichel de celosías de madera	
TOTAL (colones)	7 578 462 ¢
<i>Costo por metro cuadrado</i>	169 768 ¢

Fuente: Lang, 2015

6.2 Resultados correspondientes al segundo objetivo: “Aumentar y desarrollar capacidades en el sector industrial forestal costarricense en el uso y manejo de la madera y sus residuos”

6.2.1 Actividades desarrolladas

En total se desarrollaron 16 actividades entre, cursos, charlas y conversatorios, con una asistencia total de 250 personas en cuatro temáticas, en el apéndice 4 y 5 se anexan las hojas de asistencia a los cursos y charlas. Con el tema de biomasa forestal se desarrollaron las 5 clases planteadas en el proyecto con una duración de 8 horas cada una, estas se desarrollaron entre enero y noviembre del 2016 en cinco regiones de país (cuadro 1) y con una asistencia total de 80 personas.

Cuadro 1. Actividades, sitios y número de participantes en el tema de biomasa forestal.

CURSO	LUGAR	FECHA	No PARTICIPANTES	DURACIÓN
Biomasa Forestal	La Palma, Osa. Dirigido a Industriales y productores de Golfito, Puntarenas.	23/01/2016	20	8
	La Lima, Cartago. Dirigido a Industriales de embalaje del Gran Área Metropolitana.	26/04/2016	12	8
	San José, Pérez Zeledón. Dirigido a Industriales del Valle del General.	23/06/2016	17	8
	Sarapiquí, FUNDECOOR. Dirigido a Industriales de la Región Caribe.	19/08/2016	13	8
	Heredia, UNA.	23/11/2016	18	8

Con respecto al tema de industrialización de 10 especies forestales se enfatizó a temas de secado, preservado y calidad de la madera como material, cumpliendo los cinco cursos programados en el proyecto en cinco regiones del país y con una duración media de 16 horas, estas actividades contaron con la asistencia total de 80 personas (Cuadro 2), actividades se desarrollaron entre abril y noviembre del 2015.

Cuadro 2. Actividades, sitios y número de participantes en los temas Curso Industriales: Secado, Preservación, Trabajabilidad y Normas INTECO.

CURSO	LUGAR	FECHA	No PARTICIPANTES	DURACIÓN
Curso Industriales: Secado, Preservación, Trabajabilidad y Normas INTECO	La Palma, Golfito, Puntarenas.	17/18-04-2015	14	16
	Guapiles, Limón.	12/13-05-2015	12	16
	Ciudad Quesada, San Carlos, Alajuela.	18/19-06-2015	13	16
	Hojancha, Guanacaste	28/29-08-2015	19	16
	Cartago.	25-11; 02-12-2015	22	16

Con la actividad de norma de calidad de madera INTECO originalmente el proyecto tenía programadas 3 actividades de 16 horas (exceptuando dos actividades una en Cartago y la otra en Heredia, debido al conocimiento de los grupos era avanzado) dirigidas a proveedurías, sin embargo, el proyecto pudo desarrollar cinco actividades en igual cantidad de regiones con una asistencia total de 69 personas. Las actividades se desarrollaron entre junio 2015 y octubre del 2016.

Es importante destacar que las tres proveedurías capacitadas en el tema de la normativa INTECO; utilizan como base la información recibida para generar los carteles de licitación de madera aserrada.

Cuadro 3. Actividades, sitios y número de participantes en el tema de norma de calidad INTECO.

CURSO	LUGAR	FECHA	No PARTICIPANTES	DURACIÓN
Curso: Normas INTECO	INA San José. Dirigido a la proveeduría del INA.	12/13 -06-2015	15	16
	Municipalidad de Cartago. Dirigido a proveedurías de la Municipalidad de Cartago y MUCAP.	25-09/ 02-10-2015	14	16
	San Pedro, San José. Dirigido a proveedurías del BANVHI Y MIVAH.	28/29 -01-2016	15	16
	Cartago, TEC. Dirigido a estudiantes del TEC.	05-06-2016	10	8
	Heredia, UNA.	19-10-2016	15	8

Posteriormente se desarrolló un taller final con el tema uso de la madera nacional en la construcción basada en las normas INTECO con una duración de 8 horas y una asistencia de 21 personas en la región de Cartago.

Cuadro 4. Actividad, sitio y número de participantes del taller final del proyecto.

CURSO	LUGAR	FECHA	No PARTICIPANTES	DURACIÓN
Taller Final: Uso de la madera nacional en la construcción basada en las normas INTECO	El Guarco, Cartago.	13/10/2016	21	8

6.2.2 Impacto base de las actividades desarrolladas

En el proceso de desarrollar actividades forestales en la temática de tecnología de la madera se enfocó en el tema de preservación y secado de la madera en conjunto con el tema de las normas de calidad de INTECO. Las evaluaciones previas mostraron que en el tema de secado todos los participantes tenían conocimiento acerca de la definición de secado, sin embargo,

apenas un 63% tenía idea de al menos un sistema de secado y un 75% consideraba que el tema sería de utilidad para su labor (figura 1), respecto a la definición de preservado de la madera un 63% mencionó conocer acerca de este; un 40% conocían claramente un proceso y un 80% consideraron era un aspecto importante a utilizar en su empresa.

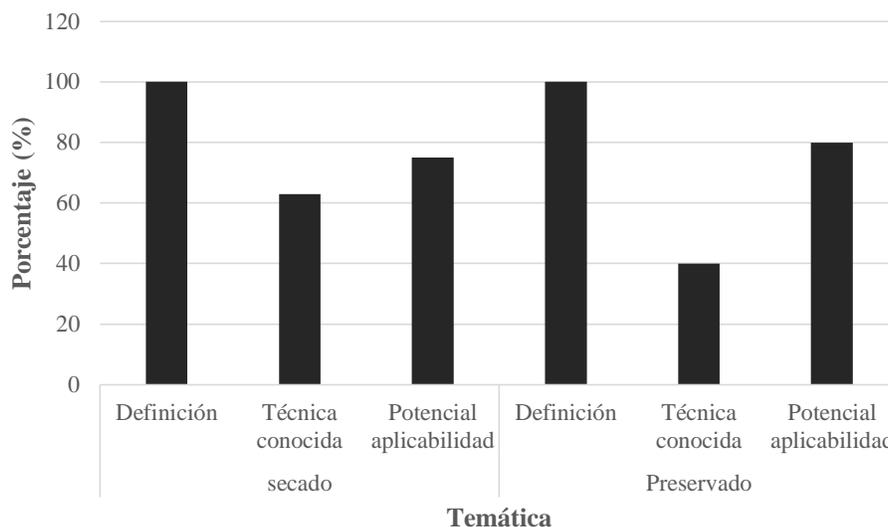


Figura 1. Porcentaje de conocimiento e interés mostrado temas de secado y preservación.

Para el tema de la normas de calidad de la madera de INTECO la percepción es distinta, el conocimiento de la normativa (figura 2) a nivel de las personas que participaron de los cursos inicialmente era inferior al 10%, con la disyuntiva que en la parte laboral el 40% de los mismos participantes expresaron que las empresas u organizaciones en las cuales laboraban implementaban una norma de calidad distinta a la de INTECO, mostrando heterogeneidad en el momento de evaluar la calidad de las maderas.

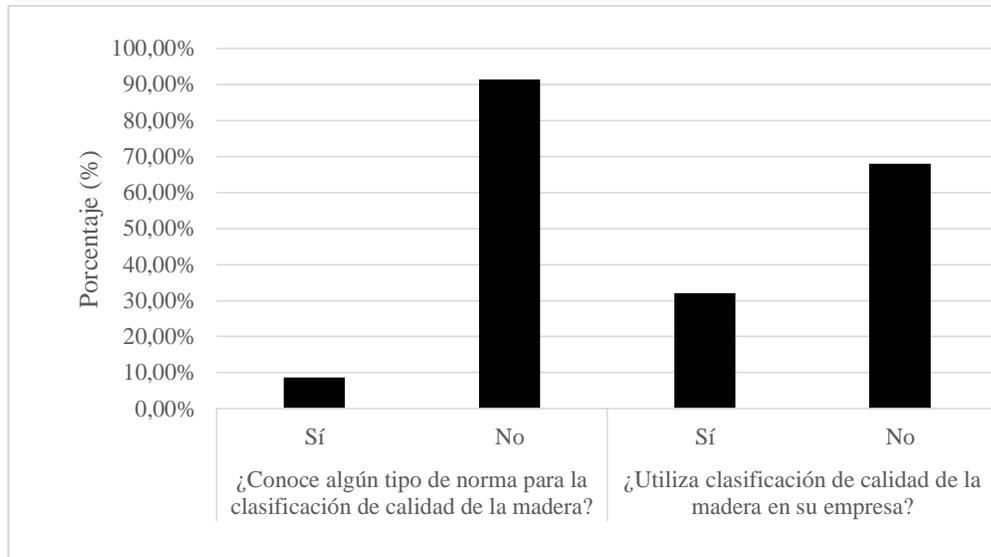


Figura 2. Porcentaje de conocimiento y aplicabilidad actual del tema de la norma INTECO. Respecto al tipo de normas utilizadas antes de la capacitación, menos de un 12% de los participantes manifestaron su uso. La mayoría indicó que de una forma subjetiva seguían lo estipulado por el cliente según sus necesidades, denotando que la norma INTECO aún no ha mostrado un impacto en el mercado maderero nacional.

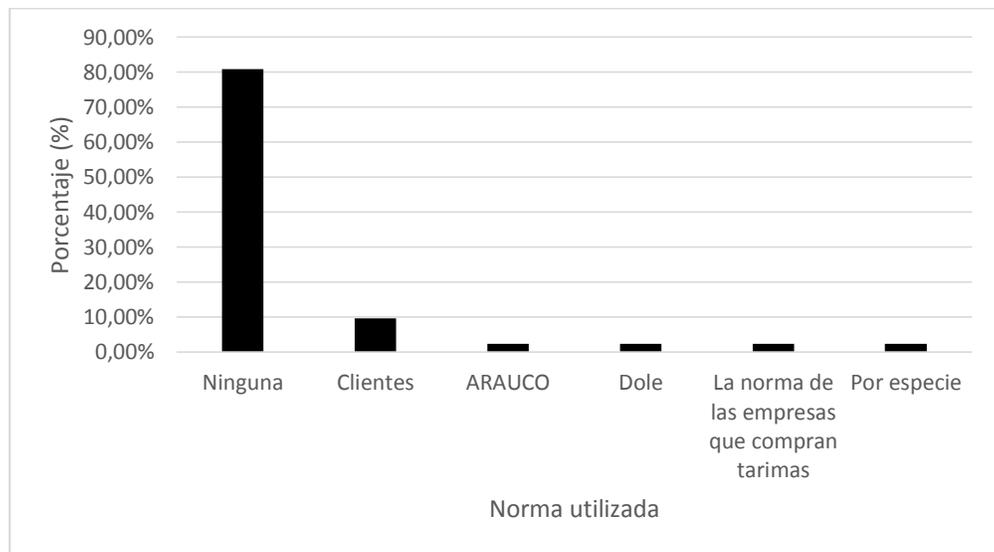


Figura 3. Normas de calidad implementadas por parte de los participantes antes de los cursos de calidad de normas INTECO.

6.2.3 Memoria del taller del uso de la madera

Seguidamente se presenta un extracto del taller realizado el 13 de octubre del 2016 titulado “TALLER USO DE LA MADERA NACIONAL EN LA CONSTRUCCIÓN BASADA EN LA NORMAS INTECO” (el documento completo se encuentra en el Apéndice 2 del CD del proyecto y se titula: 06_MEMORIA_TALLER.pdf)

TECNOLOGICO DE COSTA RICA
Vicerrectoría Investigación y Extensión
Escuela de Ingeniería Forestal
Centro de Investigación en Innovación Forestal
Oficina Nacional Forestal

Proyecto: *“Fortalecimiento de las capacidades del sector industrial forestal a través de la transferencia y apropiación del conocimiento generado en proyectos de investigación del área de tecnología de productos forestales”*

Código del Proyecto: 5402-1401-1033 / C.F. 1401056

DOCUMENTO MEMORIA
TALLER USO DE LA MADERA NACIONAL EN LA
CONSTRUCCIÓN BASADA EN LA NORMAS INTECO

13 OCTUBRE 2016

Realizado por:

Ing. Diego Camacho (Coordinador)

MSc. Cynthia Salas Garita

Dr. Alexander Berrocal Jimenez

Ing. Lupita Vargas Fonseca

Presentación de actividad

Descripción del proyecto

La Vicerrectoría de Investigación y Extensión (VIE) del Tecnológico de Costa Rica (TEC) aprobó el proyecto *Fortalecimiento de capacidades al sector industrial forestal del Costa Rica*, donde metodológicamente se ofreció capacitación en diferentes zonas del país con poblaciones metas como industriales, comercializadores, ingenieros y proveedurías del Estado costarricense. Los temas de la capacitación fueron sobre secado de la madera, preservación de la madera y normas de calidad de la madera aserrada.

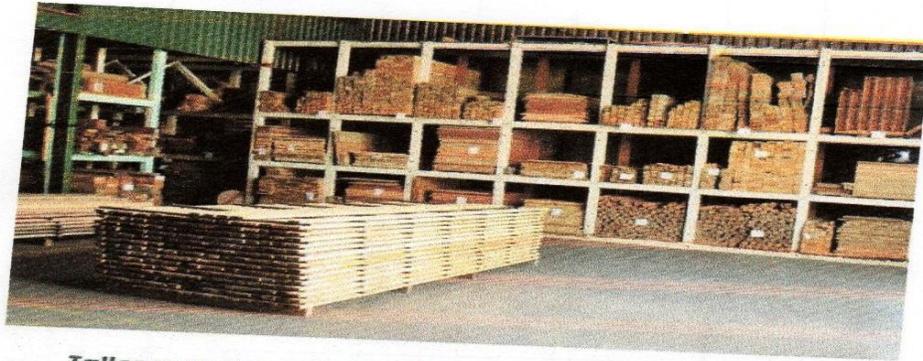
Esta información, generada mediante proyectos de investigación del Centro de Investigación e Innovación Forestal (CIF), de la Escuela de Ingeniería Forestal, se adjunta en el siguiente cuadro:

Actividad	Fecha	Lugar	No Participantes
Curso a Industriales: Secado, preservación, trabajabilidad y normas INTECO	17-18/04/2015	La Palma, Osa	14
Curso a Industriales : Secado, preservación, trabajabilidad y normas INTECO	12-13/05/2015	Guápiles	12
Curso a Industriales: Secado, preservación, trabajabilidad y normas INTECO	18-19/06/2015	Ciudad Quesada	13

Curso a Industriales: Secado, preservación, trabajabilidad y normas INTECO	28-29/08/2015	Hojancha	19
Curso a Industriales: Secado, preservación, trabajabilidad y normas INTECO	25/11, 02/12/2015	Cartago	22
Curso a Proveedurías: Tecnología de la madera y normas INTECO	11-12/2014	INA	15
Curso a Proveedurías: Tecnología de la madera y normas INTECO	25/09, 02/10- 2015	Municipalidad Cartago- MUCAP	14
Curso a Proveedurías: Tecnología de la madera y normas INTECO	28-29/01/2016	BANVHI- MIVAH- ENTIDADES FINANCIERAS	16
		TOTAL	125

El cierre del proyecto se efectuó el día 13 octubre del 2016 en el Hotel El Guarco, Cartago, en alianza con la Oficina Nacional Forestal (ONF), con un *Taller sobre uso de la madera en la construcción por medio de las norma INTECO*.

Se invitó a un 20% de los participantes en las capacitaciones, entre estos proveedurías del Estado, industriales forestales, comercializadores, ingenieros y productores. Se hizo una presentación de los resultados de las capacitaciones y de la sistematización de los resultados. Para profundizar el tema se presentó una propuesta de cómo debería ser la madera nacional para construir bajo una norma de calidad como es la de INTECO y luego, en grupos, se discute la viabilidad de implementar la metodología y los parámetros.



Taller y conversatorio sobre uso de madera nacional para la industria de la construcción

Fecha: 13 octubre, 2016
Lugar: Hotel El Guarco, Cartago
Horario: de 9:00 am a 2:00 pm

Objetivos:

- Determinar oportunidades de la madera nacional en la industria de la construcción: disponibilidad materia prima, calidades, entre otros.
- Crear la línea base para mediano plazo.
- Crear sinergias entre ofertantes y demandantes.

Cupo Limitado

Favor confirmar su asistencia con el Ing. Luis Diego Camacho al teléfono 25502142 o al correo dicamacho@itcr.ac.cr a más tardar el 7 de octubre del 2016

Organizan:



Programa:

9:00 am – 9:30 am	Desayuno
9:30 am – 9:45 am	Bienvenida - Presentación
9:45 am – 10:00 am	ONF-Sebastian Ugalde
10:00 am – 10:15 am	Diego Camacho
10:30 am – 12:30 pm	Trabajo en grupos
12:30 am – 1:15 pm	Plenaria
1:15 pm – 2:00 pm	Almuerzo

Propuesta de características de la madera nacional para construir

La calidad de la madera nacional para construir casas u otros edificios debe ser:

1. Madera seca, o sea, con contenido de humedad menor o igual a 19%.
2. Calidad visual de la madera calidad 1, según Norma INTE-06-07-03-2014.
3. Calidad del preservante con una retención de boro en la madera 0,5 Kg/m³ y 100% de penetración de preservante en la albura.

6.3 Resultados correspondientes al tercer objetivo: *“Sistematizar el proceso de extensión y evaluar su efecto sobre la población destino”*

El tercer objetivo se cubrió con el borrador de la publicación que se presenta a continuación y que se encuentra en revisión por pares evaluadores de la revista Tecnología en Marcha, la cual esta indexada en SCIELO; posterior al borrador se presenta el correo del recibido conforme por parte de la editora de dicha revista.

En esta publicación se destacan los siguientes aspectos del proyecto:

1. El impacto cuantitativo en el aprendizaje práctico y teórico de cada uno de los temas de extensión desarrollados, mostrando que, aunque se utilice los mismos grupos de estudio y sistemas, el aprendizaje varió significativamente, siendo necesario desarrollar cambios de aprendizaje acorde al tema.
2. La relevancia de disponer de una línea base para la población en estudio, con el fin de definir el sistema de abordaje educativo óptimo para que los temas sean funcionales.
3. Relevancia de incluir aspectos prácticos en el proceso de extensión forestal para afianzar el aprendizaje.

Medición del conocimiento adquirido en la tecnología de la madera por industriales forestales en Costa Rica

Measuring knowledge acquired in wood technologies by forest industries in Costa Rica

Luis Diego Camacho-Conejo¹, Cynthia Salas-Garita², Lupita Vargas-Fonseca³, Juan Carlos Valverde-Otárola⁴

Resumen

La cuantificación del conocimiento adquirido en individuos de edad adulta, permite no solo definir la efectividad de un sistema de aprendizaje, sino que también abre la posibilidad de definir las fortalezas y debilidades del sistema y analizar mejoras para el aumento de la retención de conocimiento; por lo cual el objetivo de este estudio consistió en cuantificar el conocimiento adquirido en tres temáticas de tecnología de la madera dirigidas a industriales forestales de Costa Rica. Se trabajó con cinco grupos focales de distintas zonas del país, a los cuales se les proporcionó conocimiento en tres temáticas: secado, preservado y normas de calidad en madera, impartidas mediante un sistema de aprendizaje significativo-observacional, evaluando el conocimiento en tres etapas: previo e inmediatamente posterior a la impartición del curso y 30 semanas postcurso. Los resultados mostraron que el sistema empleado fue funcional en el tema de secado, el cual expuso retenciones de conocimiento superiores al 70% con la percepción por parte del grupo de estudio de que el tema se impartió de forma muy funcional y simple; respecto al tema preservado se presentó una retención del 62,9 % y una funcionalidad aceptable del sistema, con la observación que se debe mejorar la impartición del conocimiento teórico el cual el grupo denotó como complicado y que incidió una retención teórica baja. Finalmente, el tema de la norma de calidad, no mostró una

1 Profesor-Investigador; Tel (506)2550-2142, Correo Electrónico: dicamacho@itcr.ac.cr; Escuela de Ingeniería Forestal, Tecnológico de Costa Rica.

2 Profesora-Investigadora; Tel (506) 2550-9093, Correo Electrónico: cysalas@itcr.ac.cr; Escuela de Ingeniería Forestal, Tecnológico de Costa Rica.

3 Profesora-Investigadora; Tel (506) 2550-2489, Correo Electrónico: lvargas@itcr.ac.cr; Escuela de Ingeniería Forestal, Tecnológico de Costa Rica.

4 Investigador; Tel (506)2550-2881, Correo Electrónico: jcvalverde@itcr.ac.cr; Escuela de Ingeniería Forestal, Tecnológico de Costa Rica.

funcionalidad óptima con el sistema de aprendizaje aplicado, presentando la menor retención del conocimiento (54,7 %) y una opinión muy dividida del grupo estudio de su funcionalidad y simplicidad sugiriendo la necesidad de valora un cambio de sistemas de aprendizaje o re evaluación del sistema empleado.

Palabras Clave: aprendizaje, cuantificación de conocimiento, secado madera, preservado madera, normas de calidad.

Abstract

Quantification of knowledge acquired in adulthood individuals, can not only define the effectiveness of a learning system, but also opens the possibility of defining the strengths and weaknesses of the system and analyze improvements to increase knowledge retention; so the aim of this study was to quantify the knowledge acquired in three thematic wood technology aimed at forest industry of Costa Rica. We worked with five focus groups in different areas of the country, which were provided knowledge on three themes: dried, preserved and quality standards wood, delivered through a system of significant-observational learning, assessing knowledge in three stages: prior and immediately following the delivery of the course and 30 weeks post-course. The results showed that the system used was functional in the subject drying, which exhibited superior knowledge withholding 70% with the perception by the study group was given the issue very functional and simple; preserved issue regarding retention of 62.9% and an acceptable system functionality, with the observation that should improve the teaching of theoretical knowledge which the group denoted as complicated and influenced a low theoretical retention was presented. Finally, the issue of quality standard, showed optimal functionality with the system applied learning, presenting the slightest knowledge retention (54.7%) and a very divided opinion of the study group functionality and simplicity suggesting the need for values a change or re-learning systems evaluation system used.

Keywords: learning quantification of knowledge, drying wood, preserved wood, quality standards.

Introducción

El aprendizaje es el proceso en el cual un individuo adquiere conocimientos (Kashiwaba, Kozawa, & Uchida, 2012;Barrantes & Yagüe, 2015; McElwain et al., 2016) , habilidades (Berasategi, Alonso, & Roman, 2016; Miller, Taylor-Piliae, & Insel, 2016) y actitudes (Barrantes & Yagüe, 2015; Miller et al., 2016) a partir de enseñanza directa (generada por experiencias personales) o indirecta (transmitida por otro individuo) en el tiempo; la medición del aprendizaje consiste en el desarrollo de herramientas que permitan definir cuantitativa y cualitativamente la cantidad de información que el usuario efectivamente adaptó en su razonamiento(Berasategi et al., 2016; Miller et al., 2016) . Uno de los aspectos de mayor inferencia en el aprendizaje y su evaluación es la edad (McElwain et al., 2016) al inferir en cambios en la capacidad de asimilar conceptos por parte de un individuo; factores como la receptibilidad neurológica, capacidad de asimilación, conciencia de entendimiento y capacidad de retención (Berasategi, Alonso, & Roman, 2016). Siendo necesario varían significativamente técnicas y los sistemas de medición de conocimiento adquirido (Miller et al., 2016).

En el caso específico de la retención de conocimiento de la etapa adulta comprendida de los 20 a 60 años, estudios desarrollados por Kashiwaba, Kozawa, & Uchida, (2012) con varios grupos étnicos a nivel mundial, han encontrado que uno de los sistemas de aprendizaje que mejor respuesta ha presentado es el significativo-observacional, debido que la combinación de conceptos teóricos y actividades prácticas aceleran la capacidad de entendimiento de información y con ello el tiempo de aprendizaje se disminuye y la retención de información en el mediano plazo es elevada; sin embargo, se dan limitaciones en su valoración cuantitativa debido que aspectos como la variabilidad de conocimientos previos de los individuos en conjunto a prejuicios previos y factores exenticos como el estrés, cargas emocionales y limitaciones de tiempo hacen que la evaluación no sea óptima y en muchos casos engañosa, por tanto se deben considerar en la evaluación para que esta pueda minimizar estos efectos en las cuantificación (Németh, 2014; (Berasategi et al., 2016; Hei, Strijbos, Sjoer, & Admiraal, 2016; Németh, 2014; Zhan, Xiang, & Elliott, 2016) .

Dentro de los sistemas de evaluación de conocimiento adquirido con el sistema significativo-observacional se destaca la evaluación memorística, que se basa en la aplicación periódica de pruebas y consulta de temas o aspectos específicos o procedimientos prácticos, siendo un sistema de control continuo, pero no garantiza la retención de información en el mediano plazo (Mayo, 2013); otro sistema es la evaluación mixta que combina aspectos teóricos y prácticos a la vez en la evaluación, permitiendo generar perfiles de aprendizaje amplios y especificar qué áreas o aspectos del individuo han tenido un aprendizaje bajo o ineficiente, la limitación de este sistema es la complejidad de su ejecución (Milana, 2015), recientemente se ha incluido la evaluación humanista que considera una vinculación de evaluaciones de elementos emocionales, que permite ver el grado de relación de la capacidad de síntesis de información con el estado emocional que le genera, con ello poder desarrollar aprendizajes de forma más placentera, la limitación actual de este sistema ha sido su complejidad de desarrollo (Mayo, 2013; Milana, 2015).

En el caso específico del aprendizaje y su cuantificación en temáticas forestales, la FAO (2016) menciona que es un tema prioritario en esta década, al ser el impacto social que tiene la trasmisión de conocimientos de manejo del recurso forestal un potencial de desarrollo de comunidades pero en la realidad actual, mundialmente el aprendizaje no ha sido el idóneo ya que muchas de las técnicas tradicionales de enseñanza implementadas carecen de herramientas reales de cuantificación del aprendizaje, involucrando con ello problemas al definir los elementos de enseñanza a mejorar o corregir, la razón de esto se ha debido a que muchos de los profesionales en ciencias forestales no cuentan con las herramientas adecuadas de aprendizaje o las metodologías implementadas se limitan a la transmisión del conocimiento de una manera más teórica y desconectada con la realidad de la región. Por tanto, se planteó como objetivo del presente estudio cuantificar el conocimiento adquirido de tres temáticas de tecnología de la madera dirigidas a industriales forestales de Costa Rica.

Materiales y métodos

Temáticas desarrolladas y grupo de estudio

El proceso de aprendizaje se desarrolló con tres temas: el secado (Silva, Silva, Silva, & Nascimento, 2011; lo define como el proceso en el cual se extrae la humedad de la madera), preservado (proceso en que se aplican químicos para aumentar la durabilidad del material en

el tiempo según Obounou-Akong, Gérardin, Thévenon, & Gérardin-Charbonnier, 2015) y norma de calidad de la madera INTE O6-07-02-2014 (Uso general de la madera) y INTE O6-07-01-2011 (sistema estandarizado para definir el grado calidad de las tablas de madera, PN INTE, 2008) en diez especies forestales (*Acacia mangium*, *Alnus acuminata*, *Bombapcosis quinata*, *Cupressus lusitanica*, *Gmelina arborea*, *Swietenia macrophylla*, *Tectona grandis*, *Terminalia amazonia*, *Terminalia oblonga* y *Vochysia guatemalensis*) utilizadas actualmente en proyectos de reforestación comercial, consideradas en el manejo de bosques naturales y en el desarrollo de productos maderables (Moya *et al.* 2010). En ambas temáticas se abarcaron aspectos como los tipos de secado y preservado existentes, aplicabilidad de la normativa, sus características, ventajas y desventajas, además, si existen normas que los evalúen y como se implementan en sistemas productivos.

El proceso de aprendizaje se realizó en cinco regiones del país (Zona Norte, Atlántica, Sur, Valle Central y Guanacaste) y se dirigió a grupos promedio de quince personas que se caracterizaban por tener edades de 25 a 50 años, de ambos géneros y con formación en ciencias forestales o bien con experiencia en el desarrollo de actividades forestales con fines industriales y comerciales. El proceso de selección de dichos participantes se dio en función a su disposición en participar en todas las actividades del curso y estar ligados en actividades laborales que vincularan los conocimientos de ambos temas.

Proceso de aprendizaje implementado

El proceso de aprendizaje implementado fue del tipo significativo-observacional (Kashiwaba, Kozawa, & Uchida, 2012) que consistió en dos fases: la primera la impartición de clases magistrales sobre terminologías y conceptos básicos en los temas de secado y preservado de madera y la segunda fase consistió en el desarrollo de actividades grupales prácticas en las que se aplicaba el proceso de evaluación y operación del secado y preservado de la madera, así como una guía supervisada del control y evaluación de calidad de la madera.

Evaluación de aprendizaje

Se desarrolló tres fases de evaluación del proceso de aprendizaje, la primera se aplicó previo a la impartición del conocimiento de cada una de las temáticas, la segunda se realizó una vez implementada la lección teórica y práctica de cada tema y finalmente se desarrolló 30

semanas posterior a la finalización el curso; estas evaluaciones se realizaron al mismo grupo de estudio y se utilizó los aspectos mostrados en el cuadro 1, considerando: conocimiento base del usuario, conocimiento teórico y conocimiento práctico.

Cuadro 1. Variables evaluadas en el proceso de aprendizaje aplicado con tres temáticas industriales forestales.

Sección funcional	Aspecto evaluado
Conocimiento base del usuario	Conoce la definición de secado/preservado
	Conoce la variación de secado /preservado por especies madera
	Conoce utilidad de la actividad de secado/preservado
Conocimiento teórico del usuario	Dominio de tecnicismos de las operaciones de secado/preservado
	Entendimiento de valores o parámetros generados en las actividades
	Diferenciación y entendimiento de distintos sistemas de secado/preservado
Conocimiento práctico del usuario	Como desarrolla actividades de secado/preservado
	Proceso de control del secado/preservado
	Reconocimiento de la calidad de la actividad realizada
	Aplicación práctica de control de normas de calidad

Análisis estadístico

La caracterización previa del curso se desarrolló a partir de un análisis descriptivo de conocimiento previo, habilidades prácticas de la temática, interés de aprendizaje y percepción de dificultad. Para definir si existía significancia en los resultados se realizó un análisis de varianza de una vía, en caso de presentar diferencias significativas en los resultados se aplicó la prueba de Tuckey. La Curva de conocimiento adquirido cuantifico (CAC) se desarrolló con los datos adquiridos del precurso, postcurso y 30 semanas post curso, se generó a partir de la ecuación 1, en la cual conforme el valor del CAC tienda a 100 la información cuantificable asimilada es mayor.

$$CAC (\%) = \left((VAC_{teórico} + VAC_{práctico}) / 2 \right) \cdot 100\% \quad (1)$$

Donde:

CAC: es el valor porcentual de la Curva de conocimiento adquirido cuantifico

VAC_{teórico}: Valores de aprendizaje cuantificado teórico

VAC_{práctico}: Valores de aprendizaje cuantificado práctico

Los VAC teóricos y prácticos se generaron a partir de la ecuación 2, que se obtuvo de los estudios previos desarrollados (Aponte, 1998; Prisăcariu, 2014; Wahlgren, Mariager-Anderson, & Sørensen, 2016),

$$VAC_{t/p} = CP \cdot 0,1 + AA_{t/p} \cdot 0,25 + CRC_{t/p} \cdot 0,15 \quad (2)$$

Donde:

VAC_{t/p} es el valor de aprendizaje cuantificado teórico o práctico.

CP es el conocimiento previo

AA_{t/p} es el aprendizaje adquirido teórico o práctico

CRC_{t/p} es la capacidad de razonamiento crítico (capacidad entendimiento real de lo aprendido) teórico o práctico

El análisis perceptual de los cursos (tanto general como la sección teórica y práctica), se realizó bajo los términos de utilidad (utilidad elevada-utilidad baja) y complejidad (simple-complicado), para lo cual se utilizó un análisis tipo SANN (Analysis/Deployment) a partir del principio de clasificación de VAC teórico y práctico. Los análisis estadísticos se realizaron con los programas STATISTICA versión 8,9 y R versión 3.3.1 con un nivel de significancia de 0,05.

Resultados

Caracterización cuantitativa de grupo de estudio previo a los cursos

La evaluación previa del conocimiento al grupo estudiado (Cuadro 2.) mostró que el conocimiento de la temática de secado y preservado era similar, en cambio la norma de calidad de madera presentó valores significativamente distintos. Los resultados mostraron un nivel bajo de conocimientos básicos (inferiores al 50%), pero con una aplicabilidad de las

temáticas en las actividades laborales diarias elevada en el caso de secado y preservado (mayor al 60%) y baja con la norma calidad (45,5%), evidenciando una aplicabilidad laboral significativa de las temática pero con ausencia de conocimientos verídicos que la sustenten; en contra parte al evaluar el interés de adquisición del conocimiento, el grupo presentó un grado de interés superior al 90% considerado como muy alto pero con la premisa que la precepción de la temática de la norma de calidad podría ser significativamente más difícil (60,8 %) que los temas de secado y preservado, los cuales no mostraron diferencias estrés sí (entre 30 y 45 %).

Cuadro 2. Valores medio de los parámetros considerados en la línea base de conocimientos del grupo de estudio aplicado con tres temáticas industriales forestales.

Parámetro considerado	Temática	Valor porcentual
Conocimiento básico de la temática	Secado	56,5 ^a (10,5)
	Preservado	56,4 ^a (11,6)
	Norma de calidad	33,3 ^b (15,7)
Aplicación de las temáticas en actividades laborales	Secado	66,8 ^a (8,9)
	Preservado	60,8 ^a (7,0)
	Norma de calidad	45,4 ^b (9,1)
Interés de adquisición del conocimiento para futuros proyectos	Secado	93,7 ^a (9,7)
	Preservado	90,9 ^a (5,7)
	Norma de calidad	90,0 ^a (10,1)
Consideración del grado de dificultad del tema	Secado	42,6 ^a (7,6)
	Preservado	33,3 ^a (4,0)
	Norma de calidad	60,8 ^a (11,5)

Nota: valores entre paréntesis representa la desviación estándar; letras diferentes indican diferencias significativas con un $\alpha=0,05$

Análisis de adquisición de conocimientos y efectos de aprendizaje teórico y práctico

La evaluación de la curva de conocimiento adquirido cuantifico (CAC) (figura 1), mostró una misma tendencia en las tres temáticas que consistió en un aumento del CAC a la

finalización de cada curso, seguido por un decrecimiento posterior a 30 semanas; el aumento del CAC varió del 30 al 52 %, siendo la temática de la norma de calidad la que mostró mayor conocimiento adquirido (del 51,3%), seguida por preservado (con 33,5%) y en menor cantidad la de secado (con 20,4%), posterior a 30 semanas se encontraron decrecimientos del 12 al 30 % reiterando la tendencia que la norma de calidad presentó una pérdida del 34,6% (una retención del 54,7%), seguida por la el tema de preservado con un 23,3% (retención del 62,9%) y secado con apenas un 11% de decrecimiento (retención del 73,4 %).

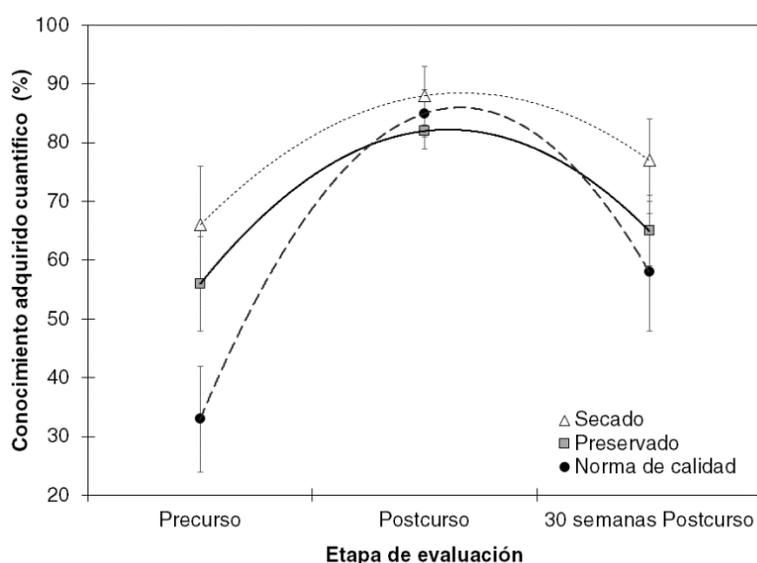


Figura 1. Curva de conocimiento adquirido cuantitico (CAC) en la etapa de Precurso, Postcurso y 30 semanas Postcurso con tres temas de aprendizaje forestal a cinco grupos de estudio.

Al analizar la composición de CAC a partir del valores de aprendizaje cuantificado (VAC) teóricos y prácticos (Cuadro 3), se encontró que la curva de temática de secado presentó el menor aumento en el conocimiento, los valores del VAC teórico y práctico no mostraron diferencias significativas entre la fase post curso y 30 semanas post curso, lo que significa que el proceso de evaluación incidió en una buena asimilación del conocimiento; respecto al conocimiento en la norma de calidad el VAC teórico y práctico muestran diferencias significativas del conocimiento adquirido, la impartición del curso aumentó el conocimiento; sin embargo posteriormente se dio la pérdida de retención, el valor a 30 semanas post curso no llegó a ser tan bajo como el pre curso (inferiores al 46 %) siendo eficiente de manera parcial el sistema empleado, mostrando que si se mantuvo la permanencia del conocimiento

en los usuario. El VAC teórico del tema de preservado muestra como el sistema de aprendizaje utilizado incrementó significativamente el conocimiento adquirido después de impartido el curso, y este presentó una disminución significativa posterior a las 30 semanas post curso; sin embargo, la retención del conocimiento en comparación con la valoración pre curso fue beneficiosa y significativa, caso contrario los valores portados para el VAC práctico de preservado, en el cual la pérdida de conocimiento a las 30 semanas adquiere valores similares al conocimiento poseído previo del curso, siendo el sistema utilizado ineficiente.

Cuadro 3. Valores de aprendizaje cuantificado (VAC) teórico y práctico obtenido en tres fases de evaluación con tres temáticas industriales forestales.

Temática	Fase de Evaluación	VAC (%)	
		Teórico	Práctico
Secado	Precurso	55,5 ^a (6,5)	78,5 ^a (7,0)
	Postcurso	85,1 ^b (4,0)	92,2 ^b (8,8)
	30 semanas Postcurso	70,7 ^b (6,9)	84,4 ^b (6,7)
Preservado	Precurso	38,3 ^a (6,0)	74,2 ^a (5,7)
	Postcurso	70,0 ^b (8,6)	93,3 ^b (6,7)
	30 semanas Postcurso	65,5 ^c (8,8)	75,0 ^a (4,3)
Norma de calidad	Precurso	22,9 ^a (6,5)	45,3 ^a (4,6)
	Postcurso	75,7 ^b (7,7)	90,2 ^b (6,7)
	30 semanas Postcurso	51 ^c (9,0)	62,0 ^c (8,0)

Nota: valores entre paréntesis representa la desviación estándar; letras diferentes indican diferencias significativas con un $\alpha=0,05$

Análisis perceptual del método de aprendizaje implementado

La percepción del método significativo-observacional empleado vario significativamente en las tres temáticas (figura 2), la temática de secado obtuvo la mejor percepción (r^2 de 0,82), al considerar que se impartió con una utilidad y simplicidad elevada, siendo altamente funcional, lo cual incide con los resultados de la figura 1 y cuadro 2, en los cuales se muestra como la retención del conocimiento fue mayor; en cambio con la temática de preservado se mantuvo la percepción que el sistema presentó una utilidad elevada pero con una tendencia mayor a ser considerado el sistema complicado, esta percepción no fue homogénea y por ende el coeficiente de determinación fue menor que el obtenido en secado (r^2 de 0,61). Por otra parte, en la temática de la norma de calidad no se observa una tendencia perceptual clara, al tener una respuesta heterogénea, incidiendo en un coeficiente de determinación muy bajo (r^2 de

0,43), aunque la tendencia muestra ser de utilidad elevada y simple, una cantidad significativa de usuarios opinaron lo contrario, lo que no permitió observar la tendencia.

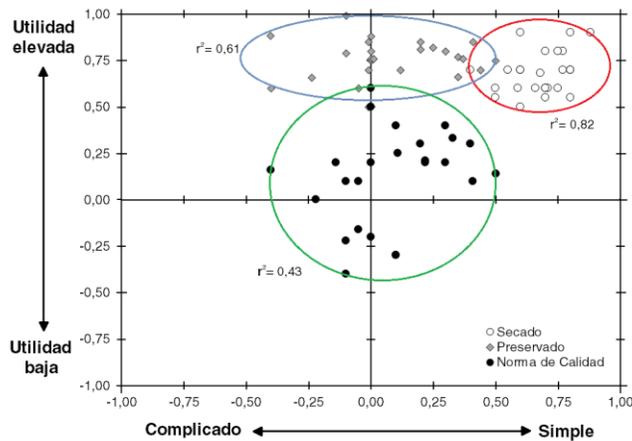


Figura 2. Agrupaciones perceptuales obtenidas en la valoración de tres temas de aprendizaje forestal a cinco grupos de estudio.

Al descomponer esta percepción con la sección teórica y práctica del curso (figura 3) se destaca una mejor percepción grupal a la sección práctica (figura 3b) en comparación a la teórica que presentó valores en los ejes negativos. Al analizar la temática de secado con ambas secciones del sistema de aprendizaje empleado presentan percepciones superiores a 0,20, considerada como muy eficientes y simple; para el tema preservado se mantiene para ambas partes la percepción de utilidad elevada; sin embargo, la sección teórica mostró una tendencia a ser complicada, lo cual indica que el sistema requiere ajustes en la parte teórica, al no ser tan aceptada como la práctica. Finalmente, con la temática de la norma de calidad la alta heterogeneidad de los datos no permite visualizar una tendencia clara, si bien la sección práctica tiende a ser mejor calificada que la teórica, no es significativa (r^2 de 0,39), lo que implica que el sistema utilizado no se adecua completamente a este tipo de temática, requiriendo ajustes significativos en la sección práctica y en menor medida en la teórica.

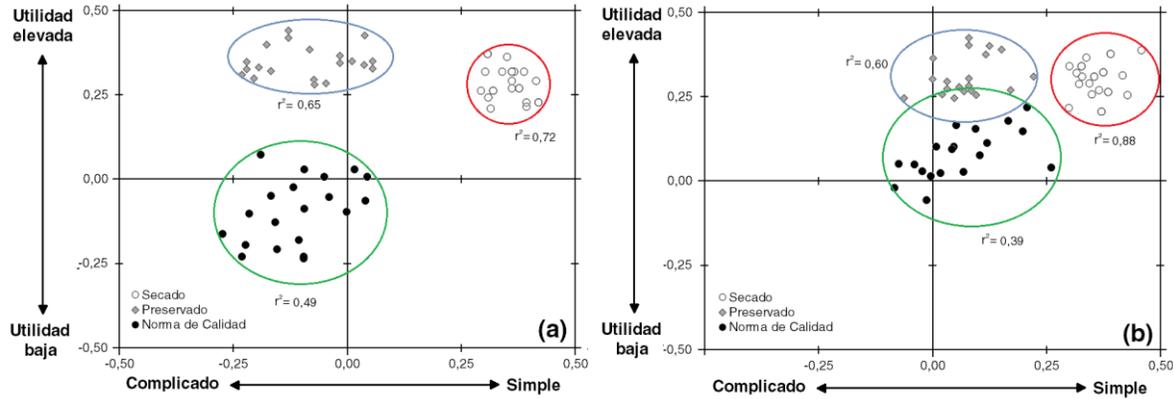


Figura 3. Agrupaciones perceptuales obtenidas en la valoración teórica (a) y práctica (b) de tres temas de aprendizaje forestal a cinco grupos de estudio.

Discusión

Variabilidad de las respuestas en la adquisición de conocimientos en cada temática

Los resultados mostraron una diferencia considerable en cuanto el nivel de conocimiento adquirido en cada temática independientemente de haber implementado el mismo sistema de aprendizaje, algo normal según lo mencionado por Hubackova & Semradova (2015) al considerar cambios de instructor, ambiente y facilidad de transmisión del conocimiento, lo que puede influir en la estimulación de la capacidad receptora del usuario meta, además de motivar su aprendizaje si se relaciona estratégicamente a actividades que el usuario aplica diariamente. Por su parte aportes realizados por Aponte (1998), Prisăcariu (2014), Schendel & McCowan (2016) pueden explicar la variación obtenida en tres factores fundamentales: 1. Conocimiento base del tema, 2. Aplicabilidad del tema en aspectos laborales y 3. Relación funcionalidad-tiempo. Con el primer punto de conocimiento inicial (cuadro 2) se evidenció que en las temáticas de secado y preservado se tenía un mayor grado de conocimiento inicial en comparación con la temática de la norma de calidad, la cual evidenció una mayor retención de información a las 30 semanas postcurso (figura 1), Cakula, Jakobsone, & Florea (2015) mencionan que esto se debe al fenómeno de asociación previa, en el cual el individuo en estudio al tener conocimientos previos del tema tiene una idea del grado de dificultad o aplicabilidad del conocimiento y por ende dispone de una mayor respuesta, ya que al disponer de poca o nula información previa, no cuenta con la formación de conexiones neuronales previas para hacer asociaciones conceptuales más simples. Wahlgren et al., (2016) menciona que en cursos con poca duración la recepción de aspectos teóricos tiende a ser alta en plazos

cortos debido a la poca disposición del conocimiento pero su pérdida en el tiempo es entre un 15 y 30% mayor en aquellos temas en los cuales el usuario no tenía un conocimiento previo.

Respecto a la temática de la norma de calidad, la cual presentó la menor retención, evidenciando la necesidad de mejorar o replantear el sistema de aprendizaje evaluado, Schendel & McCowan (2016) destaca que pérdidas de retención superiores al 20 % en menos de 6 meses demuestra que el sistema de aprendizaje utilizado fue complicado o que no genera la atracción o desarrollo suficiente para que el usuario pueda tener mayor capacidad de interpretación.

El segundo argumento muestra como la variabilidad de adquisición de conocimiento está influenciado por su aplicabilidad en aspectos laborales, Hubackova & Semradova (2015) enfatizan que un elemento fundamental del sistema de aprendizaje significativo-observacional, es que el usuario pueda aplicar o reintegrar a sus actividades diarias la mayoría de los conocimientos adquiridos, esto debido a que el procesamiento de reintegración de información es la contante reiteración de un concepto o elemento que facilita la capacidad de retención de información, por esta razón en varias temáticas el aspecto práctico (cuadro 3) presentó mejores retenciones en comparación con la parte teórica, al implementar los usuarios en sus actividades laborales los temas de secado y preservado, permitiendo asimilar y reintegrar mejor la información que los conceptos teóricos que son menos utilizados, Barrantes & Yagüe (2015), Miller et al. (2016) mencionan que este tipo de actividades en las cuales el elemento práctico tiene más reintegración que el elemento teórico, se debe motivar y simular al usuario un análisis crítico de la actividad en la cual de forma consiente reincorpore el concepto teórico y balancee la retención de información.

El último punto es la relación funcionalidad-tiempo, este concepto se basa en la capacidad de desarrollar el conocimiento adquirido en el tiempo (McElwain et al., 2016), conforme el tema sea funcional y no solo permita al usuario implementarlo sino incentivarlo a aumentar su conocimiento, con el tiempo el manejo de la temática será mejor y presentará mayor fluidez neuronal en el momento de aplicar el conocimiento. La poca relación de funcionalidad-tiempo genera que el conocimiento se pierda en el tiempo y su potencialidad de uso disminuya, Barrantes & Yagüe (2015), McElwain et al. (2016) destacan en este

aspecto que temas complicados o de percepción compleja (cuadro 1) deben ser explotados en funcionalidad para mantenerse en el tiempo, de lo contrario la retención será mínima, razón por la cual el tema norma de calidad muestra menores valores de aprendizaje, menor retención y mayor pérdida de retención y expectativa de aprendizaje, el sistema empleado en conjunto a su poca implementación laboral generan funcionalidad baja en el tiempo provocando no ser recordado de forma adecuada por los usuarios, caso contrario mostraron los temas de secado y preservado de la madera, los cuales por su impacto y uso constante en sus actividades laborales tienden a ser funcionales en el tiempo.

Puntos a considerar en el proceso de aprendizaje en temáticas forestales

Es importante destacar el principio de variabilidad educativa de temas paralelos, que presentan Berasategi, Alonso, & Roman (2016) que consiste en temas con funcionalidad similar, pero con conceptos distintos, en los cuales se puede usar un sistema de aprendizaje análogo, pero con modificaciones en los puntos de mayor desgaste de aprendizaje (reconsiderados como conceptos o actividades complicadas); en el caso de este proyecto, los temas de secado, preservado y norma de calidad se presintieron eran temas análogos por cual el sistema de aprendizaje implementado fue funcional entre sí; sin embargo, la percepción por parte de los usuarios no fue conforme, el tema secado y preservado son paralelos por su común aplicabilidad en las actividades labores, en cambio la norma de calidad no presenta el mismo patrón (figura 3) ya que presentó mayor complejidad y una utilidad menor, Miller, Taylor-Piliae, & Insel (2016) mencionan como en estos casos se deben hacer modificaciones y analizar la carga de conceptos teóricos y prácticos, análisis de las actividades prácticas desarrolladas y el manejo conceptual implementado, ya que temas con percepción variable no garantizan la utilización de los conceptos adquiridos al largo plazo y muestran pérdidas de retención superiores al 70 %.

Lo que implica que en temas forestales es necesario hacer un análisis y replanteamiento de las técnicas empleadas, ya que existe una alta posibilidad de que su efecto sea mínimo o nulo, como destaca Silva et al. (2011), indicando que los temas forestales deben ser impartidos con claridad, al ser su impacto elevado en el tiempo en temas de recursos naturales y sostenibilidad ambiental, Milana (2015) menciona la necesidad de mejorar aspectos como, el reforzamiento extensionista, el manejo de conceptos claros, un buen balance de conceptos

teóricos y prácticos, evaluaciones subjetivas que permitan definir las fortalezas y debilidades del proceso empleado a partir del cual se pueda mejorar el sistema empleado y finalmente el proceso de la constante actualización y reforzamiento de conceptos forestales adquiridos. Esto con el fin de mejorar la capacidad y retención del conocimiento de los usuarios meta en el tiempo.

Conclusiones

La aplicación del sistema de aprendizaje significativo-observacional en temáticas forestales mostró respuestas distintas, con el tema secado se presentó una mayor retención (superior al 70%) y desarrollo de aprendizaje, lo cual incidió que el sistema implementado se interpretara como muy útil y simple; caso similar con la temática de preservado que mostró un aprendizaje con una retención superior al 62,9 % y una percepción final del tema de moderadamente simple pero muy útil, estos resultados se debieron al conocimiento previos de los usuarios, en conjunto con la posibilidad de aplicación de conceptos en actividades diarias que incidieron en que estos conceptos sean funcionales en el tiempo.

Contrario a lo mencionado, la temática de norma de calidad presentó menor funcionalidad con el sistema de aprendizaje utilizado, que provocó menor retención del conocimiento (56 %) y una percepción variable del curso, debido a que su conocimiento previo fue bajo, al no aplicarse en sus labores diarias y su funcionalidad no fue la óptima, por cual es necesario hacer revaloraciones o cambios en el sistema empleado para aumentar la retención y funcionalidad del tema.

Agradecimientos

Se agradece a la Vicerrectoría de Investigación y Extensión (VIE) del Instituto Tecnológico de Costa Rica por el apoyo para el desarrollo de esta investigación.

Bibliografía

- Aponte, E. (1998). Towards a new evaluation culture in higher education. *Prospects*, 28(3), 393–399. doi:10.1007/BF02736813
- Barrantes, C., & Yagüe, J. (2015). Adults' Education and Agricultural Innovation: A Social Learning Approach. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 191, 163–168. doi:10.1016/j.sbspro.2015.04.387
- Berasategi, N., Alonso, I., & Roman, G. (2016). Service-learning and Higher Education: Evaluating Students Learning Process form their Own Perpective. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 228, 424–429. doi:10.1016/j.sbspro.2016.07.065

- Cakula, S., Jakobsone, A., & Florea, M. (2015). Automated Learning Support System for Adult Education Institutions and Enterprises. *Procedia Computer Science*, 77, 191–198. doi:10.1016/j.procs.2015.12.383
- FAO, 2016. Propuesta de Educación Forestal. (en línea) Consultado el 18 de septiembre del 2016. Disponible en: <http://www.fao.org/forestry/material-educativo/es/>
- Hei, M., Strijbos, J.-W., Sjoer, E., & Admiraal, W. (2016). Thematic review of approaches to design group learning activities in higher education: The development of a comprehensive framework. *Educational Research Review*, 18, 33–45. doi:10.1016/j.edurev.2016.01.001
- Hubackova, S., & Semradova, I. (2015). Research Study on Motivation in Adult Education. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 159, 396–400. doi:10.1016/j.sbspro.2014.12.395
- PN INTE 06 –07 –03 –09, 2008. Madera estructural –Clasificación en grados estructurales para la madera aserrada mediante una evaluación visual. Primera Edición. INTE CTN 06. San José, Costa Rica. 37 p
- Kashiwaba, Y., Kozawa, K., & Uchida, H.-H. (2012). *Evaluation of learning environment for ESD (Education for Sustainable Development) using activity index of salivary amylase* (pp. 1087–1090). doi:10.1007/978-94-007-3010-6_229
- McElwain, A., Finnegan, V., Whittaker, A., Kerpelman, J., Adler-Baeder, F., & Duke, A. (2016). Evaluation and lessons learned from an undergraduate service learning course providing youth-focused relationship education. *Evaluation and Program Planning*, 58, 116–124. doi:10.1016/j.evalprogplan.2016.06.002
- Miller, S., Taylor-Piliae, R., & Insel, K. (2016). The association of physical activity, cognitive processes and automobile driving ability in older adults: A review of the literature. *Geriatric Nursing*, 37(4), 313–320. doi:10.1016/j.gerinurse.2016.05.004
- Moya; R., Muñoz, F., Salas, J., Berrocal, A., Leandro, L., Esquivel, E. 2010. Tecnología de madera de plantaciones forestales: Fichas Técnicas. *Revista Forestal Mesoamericana* 7(18-19):207 p
- Németh, B. (2014). Research and Development of Adult Education through Higher Education Institutions: A Challenge and Perspective for Better Adult Learning and Education. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 142, 97–103. doi:10.1016/j.sbspro.2014.07.594
- Obounou-Akong, F., Gérardin, P., Thévenon, M.-F., & Gérardin-Charbonnier, C. (2015). Hydrogel-based boron salt formulations for wood preservation. *Wood Science and Technology*. doi:10.1007/s00226-015-0701-4
- Prisăcariu, A. (2014). Approaches of Quality Assurance Models on Adult Education Provisions. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 142, 133–139. doi:10.1016/j.sbspro.2014.07.623
- Schendel, R., & McCowan, T. (2016). Expanding higher education systems in low- and middle-income countries: the challenges of equity and quality. *Higher Education*, 72(4), 407–411. doi:10.1007/s10734-016-0028-6
- Silva, W., Silva, L., Silva, C., & Nascimento, P. (2011). Optimization and simulation of drying processes using diffusion models: application to wood drying using forced air at low temperature. *Wood Science and Technology*, 45(4), 787–800. doi:10.1007/s00226-010-0391-x
- Wahlgren, B., Mariager-Anderson, K., & Sørensen, S. (2016). Expanding the traditional role of the adult education teacher – The development of relational competences and actions. *Teaching and Teacher Education*, 60, 303–311. doi:10.1016/j.tate.2016.09.005
- Zhan, M., Xiang, X., & Elliott, W. (2016). Education loans and wealth building among young adults. *Children and Youth Services Review*, 66, 67–75. doi:10.1016/j.childyouth.2016.04.024

El artículo se envió el 18 de octubre del 2016 y se dio una respuesta de acuso de recibido el 25 de octubre del mismo año por parte de Alexa Ramírez, editora técnica de dicha revista.

De: Alexa Ramirez [mailto:alexarv11@gmail.com]
Enviado el: martes, 25 de octubre de 2016 08:02 a.m.
Para: Lupita Vargas Fonseca
CC: Alexa Ramírez Vega; Ana Ruth Vílchez Rodríguez
Asunto: Re: Artículo para Revista Tecnología en Marcha

Estimada **Lupita**.

Gracias por el interés de publicar en la revista Tecnología en marcha. En las próximas semanas su documento será enviado a revisión de experto, de ser aprobado se estaría publicando en el número 30-3 correspondiente al periodo julio-setiembre del próximo año.

Cualquier otra duda o consulta quedo a la orden.

Saludos cordiales,

Ing. Alexa Ramírez Vega

*Editora Técnica Revistas Científicas
Encargada Portal de Revistas TEC
Instituto Tecnológico de Costa Rica*

Tel. (506)2550-2336

Email. alamirez@itcr.ac.cr

<http://revistas.tec.ac.cr>



7 Conclusiones del proyecto

A partir de las actividades y productos del proyecto se concluye:

1. Se completaron satisfactoriamente dos manuales, uno con fines de manejo de residuos para bioenergía y otro de manejo de norma de calidad de la madera. Con la colaboración de 2 estudiantes de la carrera en Ingeniería Civil de la Universidad de Costa Rica, se diseñaron dos manuales extras: uno digital para calidades de madera y otro como un diseño de una casa de interés social en madera, con ello se aporta cuatro nuevos recursos al sector forestal, diseñado para responder las necesidades del mercado y ser una guía de aplicabilidad simple.
2. Se concretó el desarrollo de 16 actividades extensionistas en los temas de manejo de residuos, normas de calidad, secado y preservado de la madera, con una participación total de 250 personas entre profesionales libres, empresarios, personal de empresas y organizaciones vinculadas al sector forestal, cumpliendo satisfactoriamente el objetivo planteado y permitiendo ser una herramienta de validación de los manuales generados.
3. Se logró que las tres proveedurías capacitadas en el tema de las normas, hicieran un cambio en los carteles de licitación, utilizando la normativa como base.
4. Se logró cuantificar y sistematizar el proceso de extensión implementado de tipo significativo-observacional en temáticas forestales, mostrando respuestas distintas según el tema abordado. Siendo este sistema de aprendizaje utilizado funcional en cuanto a la capacidad de retención de conocimiento posterior al curso para los temas de secado y preservado, sin embargo, para el tema de las normas de calidad es un sistema poco funcional en cuanto a su implementación, lo que evidencia la necesidad de un cambio en la estrategia de extensión utilizada. Con ello se dispone de una primera herramienta con aplicación forestal para evaluar la retención del conocimiento en los cursos en el tiempo y evaluar las mejoras en los temas tratados con el fin de aumentar la capacidad de aprendizaje.

8 Recomendaciones

A partir del proyecto se recomienda:

1. Desarrollar póstumos trabajos siguiendo esta línea que permita generar actividades extensionistas con temas relacionados al manejo de bosques, certificación forestal, manejo de plantaciones, manejo de viveros y temas afines.
2. Continuar la línea de cuantificación del aprendizaje con uso y valoración de otras técnicas de educación con el fin de buscar las metodologías más acordes a cada temática.
3. Desarrollar proyectos que permitan dar seguimiento a largo plazo, con el fin valorar curvas de aprendizajes a 24 y 36 meses post curso combinadas con micro ciclos de reforzamientos y expansión del conocimiento.
4. Promover el desarrollo del elemento de extensión en otras temáticas forestales que se desarrollan en el TEC con el fin de incentivar y adaptar el conocimiento enterado a las necesidades de sectores productivos nacionales.

9 Bibliografía

- Aponte, E. (1998). Towards a new evaluation culture in higher education. *Prospects*, 28(3), 393–399. doi:10.1007/BF02736813
- Barrantes, C., & Yagüe, J. (2015). Adults' Education and Agricultural Innovation: A Social Learning Approach. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 191, 163–168. doi:10.1016/j.sbspro.2015.04.387
- Berasategi, N., Alonso, I., & Roman, G. (2016). Service-learning and Higher Education: Evaluating Students Learning Process form their Own Percpective. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 228, 424–429. doi:10.1016/j.sbspro.2016.07.065
- Cakula, S., Jakobsone, A., & Florea, M. (2015). Automated Learning Support System for Adult Education Institutions and Enterprises. *Procedia Computer Science*, 77, 191–198. doi:10.1016/j.procs.2015.12.383
- CIIBI. 2013. Centro Investigación e Integración Bosque Industria. Consulta personal a Ing. Francisco Monge: “Concepto de extensión”. Escuela Ingeniería Forestal. Tecnológico de Costa Rica Cartago Costa Rica.

- FAO, 2016. Propuesta de Educación Forestal. (en línea) Consultado el 18 de septiembre del 2016. Disponible en: <http://www.fao.org/forestry/material-educativo/es/>
- Hubackova, S., & Semradova, I. (2015). Research Study on Motivation in Adult Education. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 159, 396–400. doi:10.1016/j.sbspro.2014.12.395
- ONF. 2014. Oficina Nacional Forestal. Impacto de la madera en Costa Rica. San José, Costa Rica.
- ONF. 2016. Oficina Nacional Forestal. Usos y aportes de la madera en Costa Rica: estadísticas 2015. San José, Costa Rica. 35p.
- Moya, R. 2012. Tecnología de Maderas de Plantaciones forestales. Vicerrectoría Investigación y extensión. Escuela Ingeniería Forestal. Tecnológico de Costa Rica Cartago Costa Rica.
- Moya; R., Muñoz, F., Salas, J., Berrocal, A., Leandro, L., Esquivel, E. 2010. Tecnología de madera de plantaciones forestales: Fichas Técnicas. *Revista Forestal Mesoamericana* 7(18-19):207 p
- Prisăcariu, A. (2014). Approaches of Quality Assurance Models on Adult Education Provisions. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 142, 133–139. doi:10.1016/j.sbspro.2014.07.623
- Schendel, R., & McCowan, T. (2016). Expanding higher education systems in low- and middle-income countries: the challenges of equity and quality. *Higher Education*, 72(4), 407–411. doi:10.1007/s10734-016-0028-6
- SINAC. 2011. Sistema Nacional de Áreas de Conservación. Censo Nacional de Industria Forestal. San José, Costa Rica.

10 Apéndices

Consultas en el CD:

1. Apéndice 1: 01_MANUAL_BASICO_NORMA_MADERA.pdf
2. Apéndice 2: 02_DISEÑO_HERRAMIENTA_DIGITAL_MANTENIMIENTO_CASAS_MADERA.pdf
3. Apéndice 3: 03_DISEÑO_VIVIENDA_MELINA_COSTA_RICA.pdf

4. Apéndice 4: 04_LISTA_ASISTENCIA_PARTE_A
5. Apéndice 5: 05_LISTA_ASISTENCIA_PARTE_B
6. Apéndice 6: 06_MEMORIA_TALLER