

Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera



Memorias 2023

1er FORO DE POSGRADO EN TECNOLOGÍA DE LA MADERA



División de Estudios de Posgrado

Facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera

Memorias 2023

Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera

Comité organizador:

Ing. Sergio Mauricio Escobedo Torres

Director de la Facultad

Dr. Crisanto Velázquez Becerra

Jefe de la División de Estudios de Posgrado en Ciencias y

Tecnología de la Madera

Dra. Nelly Flores Ramírez

Profesora Investigadora de la Facultad

Dra. Nancy Eloísa Rodríguez Olalde

Secretaria Académica de la Facultad

Edición y diseño:

M.C. Carlos Alberto Urtis Flores

Dr. Crisanto Velázquez Becerra

PUBLICACIÓN MULTIPLATAFORMA EN LÍNEA

Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

Facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera

PRÓLOGO

Esta obra se crea en virtud de la finalización del Primer Foro de Posgrado en Ciencias y Tecnología de la Madera, realizado el once de noviembre del 2022 en la máxima casa de estudios del Estado de Michoacán; la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, con la finalidad aumentar la difusión científica realizando un compendio de los proyectos desarrollados por el cuerpo estudiantil de distintos grados académicos adscritos a los distintos programas que ofrece la Facultad de Ingeniería y Tecnología, siendo a su vez un reconocimiento al mérito de la investigación desarrollada y una continuación de la responsabilidad civil y su disposición a beneficio de la sociedad como caracteriza y demandan los valores del Nicolaita y la ética científica estructurada de manera consciente e informada.

La ciencia ofrece una oportunidad para intentar comprender los fenómenos que suceden en el universo conocido mediante la interpretación consiente de las disciplinas del conocimiento humano, sin embargo es una realidad que difícilmente tiene el alcance que la comunidad científica desearía y normalmente queda centralizada en grupos de trabajos especializados generando distintos “núcleos” del conocimiento donde inclusive entre gente especializada existe un desconocimiento o una falta de correlación con los trabajos desarrollados en otras disciplinas u otros enfoques de investigación, esperamos que la presente memoria sirva para difundir por un principio a nuestra comunidad estudiantil, esperando que continúen versiones posteriores de este trabajo, siendo así una contribución a la responsabilidad social que tenemos como miembros de la comunidad científica del país. La estructura de la recopilación es sencilla, se intentaron clasificar los trabajos buscando los puntos comunes presentes entre ellos, al mismo tiempo se intenta dar un contexto general previo a la presentación de los resúmenes donde se da una introducción y resultados obtenidos por los distintos equipos de trabajo.

Morelia Michoacán, México, 8 de mayo de 2023

Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

Facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera

ÍNDICE

Membrana Electroconductora a partir de Nanofibras Electrohiladas Compuestas de Celulosa/Cenizas de Café.....	VI
Resinas naturales: una fuente orgánica para la síntesis de nanomateriales de carbono por CVD y su aplicación biotecnológica.....	VII
Aguarrás: Un Precursor De Carbono Biorenovable Extraído De Pinos Michoacanos Y Su Aplicación En La Síntesis De Nanotubos De Carbono.....	VIII
Aprovechamiento de Colofonia en México para la Obtención de un Éster de Glicerina para su Uso como Emulsificante Grado Alimenticio.....	X
Compósitos Sustentables Elaborados a partir de Cenizas de Madera y de Caña de Azúcar con Poliestireno Expandido.....	XI
Bioconversión de residuos lignocelulósicos de <i>Quercus castanea</i> Neé- <i>Zea maíz</i> para la formación de bioplásticos utilizando micelio fúngico.....	XII
Diseño de filamento para impresión 3D con residuos de material lignocelulósico.....	XIII
Estudio de la higroscopicidad de tableros sin adhesivos de aserrín de <i>pinus spp.</i> con y sin tratamiento termomecánico.....	XV
La rugosidad superficial en tableros MDF, resultado de las operaciones de corte y grabado por router CNC.....	XVI
Alcances en el Desarrollo de Tableros Tipo OSB desde la Ingeniería Molecular.....	XVII
Determinación de la composición primaria de cuatro especies de fabáceas a través de un método químico (gravimétrico) y un método térmico (TGA-DTG).....	XIX
Diseño de un modelo sistemático de identificación mediante ADN para especies de <i>Pinus</i> en el estado de Michoacán.....	XX
Medición de la Anisotropía Acústica en Madera Mexicana del Género <i>pinus</i> (Reciente Corta y de Recuperación), por medio de Ultrasonido.....	XXI
El estudio del flujo de fluidos en la madera a través de imágenes 3D y su aplicación en recursos forestales.....	XXIII
Preservación de la madera de <i>Pinus sp.</i> con aceites esenciales frente al ataque de hongos xilófagos y cromógenos.....	XXIV

Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

Facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera

PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS DE LA MADERA

Los organismos vegetales cumplen importantes roles ecológicos y tróficos debido a su gran capacidad genotípica/fenotípica y a su plasticidad metabólica, son organismos eucariontes, capaces de realizar fotosíntesis y secretar metabolitos secundarios difusibles/volátiles útiles para modificar las propiedades fisicoquímicas de un nicho, ocupando así un rol elemental en la constitución de las relaciones biológicas presentes en paisajes y estructuras naturales. De manera concreta los recursos forestales se definen como el conjunto de los recursos bióticos y abióticos que conforman los ecosistemas boscosos, contempla la totalidad o la parcialidad de dichos recursos y se suele aplicar principalmente a aquellos destinados a cumplir con alguna demanda específica por distintos sectores de la sociedad, de manera muy general estos pueden ser divididos en maderables y no maderables, la presente compilación es una muestra del trabajo desarrollado en las diferentes líneas de investigación que se desarrollan dentro de la facultad para aprovechar los recursos antes mencionados en maneras innovadores, sustentables y tecnológica-económicamente viables.

Como sabemos la madera es una matriz heterogénea de polímeros de variado peso molecular y con composiciones químicas diferenciales entre la filogenia de las diferentes especies, esto tiene un impacto directo en las propiedades fisicoquímicas de los constituyentes y por tanto en su valor para distintos sectores de interés. De manera concreta en el área de los materiales tiene un interés por productos y/o desechos derivados de los recursos forestales o de la industria maderera obtenidos por técnicas reproducibles, fácilmente estandarizables, de baja toxicidad y viabilidad económica como lo pueden ser la deposición química de vapor o el electro hilado, esta investigación es explicada porque muchos elementos constitucionales de la madera son sustratos útiles para la generación de nanopartículas, nano y microfibras cuyas aplicaciones abarcan campos como la agricultura, la medicina y la farmacología. El electro hilado es una técnica instrumental donde a partir de una solución polimérica con una carga iónica y parámetros controlados (viscosidad, conductividad, concentración) se somete a un alto voltaje con la finalidad de modificar la tensión superficial de la solución consiguiendo una aspersion o jet estable, durante el trayecto de la aspersion se volatilizan los solventes depositando así nano fibras secas.

Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

Facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera

Membrana Electroconductora a partir de Nanofibras Electrohiladas Compuestas de Celulosa/Cenizas de Café

Miranda Pacindo, H.¹; Flores Ramírez N. ^{1}*

¹Facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Mich., México.

Resumen

El reciclaje y la reutilización de residuos para obtener nuevos materiales y dispositivos funcionales son de gran interés en la protección del medio ambiente y el desarrollo de recursos sostenibles. El café gastado es un residuo que puede ser reutilizado y es considerado un precursor importante de materiales conductores, que permiten explotar la tecnología de materiales eléctricos renovables verdes y altamente sostenible. En la actualidad se generan anualmente en todo el mundo aproximadamente seis mil millones de kilogramos de granos de café gastados, además de su composición química lo convierte en una excelente fuente de la biomasa. Por otra parte, el papel es un material versátil que se usa para escritura e impresión al igual también como material de embalaje. Los materiales compuestos de papel y materiales eléctricamente conductores tienen una aplicación potencial en nuevos materiales funcionales, incluidos papeles antiestáticos y de protección electromagnética. Por lo que en esta investigación se obtendrá una membrana electroconductora a partir de nanofibras de celulosa/cenizas de café obtenidas por electrohilado para su uso en dispositivos electro sensibles, se considera su aplicación en el desarrollo de papel funcional con propiedades electroconductoras. Las membranas se obtendrán a partir de nanofibras de celulosa/café gastado, formadas por la técnica de electrohilado. El electrohilado es una técnica altamente efectiva y de bajo costo, en donde se puede usar una amplia variedad de soluciones poliméricas y materiales en estado fundidos para la formación de nano o microfibras. Estas fibras tienen una aplicación potencial como elementos de refuerzo en sistemas de materiales poliméricos compuestos; en particular, se han incorporado como refuerzo o cargas en los materiales compuestos de madera. Se evaluarán las características morfológicas, térmicas, estructurales, físicas y mecánicas de las membranas obtenidas variando las relaciones en peso de los componentes. Con los productos obtenidos se aportará en el desarrollo en la industria del papel.

Palabras Clave: Electrohilado, nanofibras, celulosa, café.

Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

Facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera

Resinas naturales: una fuente orgánica para la síntesis de nanomateriales de carbono por CVD y su aplicación biotecnológica

Ignacio-De la Cruz, J. L.^{1}; Domratcheva-Lvova L.¹ & Sánchez-Yáñez J. M.²*

¹Facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera, ²Laboratorio de Microbiología Ambiental, Instituto de Investigaciones Químico-Biológicas, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Mich., México.

Resumen

Las diferentes formas de carbono a escala nanométrica como las esferas, los nanotubos de pared sencilla y múltiple, etc., han revolucionado diferentes campos científicos a través de nuevos materiales, productos y tecnologías. Actualmente se busca minimizar el uso de productos petroquímicos en la síntesis de nanomateriales de carbono, debido a que algunos son tóxicos al ambiente. Una alternativa de solución sostenible y sustentable es el uso de nuevos precursores orgánicos que no causan daño al medio ambiente, sean de bajo costo y accesibles como las resinas naturales. El objetivo de esta investigación fue sintetizar nanomateriales de carbono a partir de una resina natural por Deposición Química de Vapor (CVD) y aplicarlas en semillas de mezquite. La síntesis se llevó a cabo en un reactor de cuarzo y la resina como fuente de carbono; se utilizó argón como gas portador. La temperatura de síntesis fue 850°C/60 min. La caracterización de las muestras fue por microscopía electrónica de barrido, que registró esferas de carbono (CSs) con diámetros variables, las cuales, según el análisis de espectroscopía de energía dispersa indicó, estaban constituidas por un 88% de carbono, seguido de 12% de oxígeno. El análisis por espectroscopia Raman detectó las bandas D, G y G' típicas de CSs; y por Difracción de Rayos X, se observaron los planos característicos del grafito hexagonal. Estas CSs se lograron aplicar en semillas de mezquite (*Prosopis glandulosa*), las cuales mejoraron su germinación hasta en un 92% respecto a un control absoluto. Se concluye, es posible generar CSs utilizando resinas naturales como fuente de carbono que no causan contaminación ambiental y son fácilmente accesibles; y que podrían ser aplicadas en semillas comerciales para evaluar su efecto en germinación.

Palabras Clave: nanotecnología, resinas naturales, CVD, germinación.

Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

Facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera

Aguarrás: Un Precursor De Carbono Biorenovable Extraído De Pinos Michoacanos Y Su Aplicación En La Síntesis De Nanotubos De Carbono

Pérez Gasquez y Marín A.^{1}; Lara-Romero J.¹; López-Tinoco J.¹; Ramírez-Cardoso F.²*

¹Facultad de Ingeniería Química, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Avenida Francisco J. Mújica S/N, 58030, Morelia, Michoacán México.

²Facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Michoacán, México.

Resumen

El uso de precursores de carbono no renovables como el benceno, tolueno, etc., para la síntesis de nanotubos de carbono (NTC) además de ser contaminantes, son riesgosos para la salud de quien los usa, por ende, se buscan alternativas como el aguarrás, un precursor biorenovable extraído de la separación de los componentes de la resina de pinos michoacanos. La ciencia del carbono ha pasado a ser una ciencia de mucho interés después de los descubrimientos de los fullerenos por parte de Kroto y Smalley, así como de los nanotubos de carbono de pared sencilla y multipared por parte de Ijima y Donal Bethune. Existen diferentes técnicas para la síntesis de NTC como Descarga de Arco eléctrico, Ablación Laser y Deposición Química de Vapor (CVD), siendo este último el indicado por su fácil control de variables. La síntesis de NTC de alta cristalinidad se realizará utilizando la técnica de Rocío Pirolítico (una modificación de la técnica CVD) con aguarrás y ferroceno como catalizador a 800°C. Como resultados se tiene la obtención de cerca de 0.9 g en promedio de NTC por reacción de aproximadamente 30 – 40 min. El análisis por Espectroscopia Raman muestra la presencia de los picos característicos D (~1320 cm⁻¹), G (~1600 cm⁻¹) y G' (~2500-2600 cm⁻¹) los cuales son huellas dactilares de los NTC. Con los valores de estos picos se puede calcular la cristalinidad de estos siendo $I_D/I_G = 0.66$ lo cual es un muy buen valor. El análisis por Difracción de Rayos X (XRD) muestra la presencia de los planos gráficos (002), (100) y (004) en 26, 44 y 54°. El análisis por Microscopia Electrónica de Transmisión (TEM) muestra la morfología de los NTC donde se aprecia el buen apilamiento de paredes y un rango de paredes de 40 – 70. El aguarrás es un excelente candidato para la síntesis de NTC por medio de la técnica de Rocío Pirolítico por ser económico, viable y de fácil obtención, además de biorenovable.

Palabras Clave: Aguarrás, Biorenovable, Spray, NTC.

Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

Facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera

APROVECHAMIENTO Y VALOR AGREGADO

Como hemos mencionado anteriormente, la diferente composición química de la madera y sus extraíbles, así como de otras plantas leñosas, ha probado ser una fuente rica e inexplorada de sustratos y precursores químicos de alto valor para procesos industriales, inclusive los desechos o desperdicios pueden seguir procesos posteriores para el aprovechamiento en nuevos productos dando una segunda vida y nuevos valores agregados (por ejemplo las reacciones puzolánicas que facilitan la aglomeración de partículas), desde un punto de vista energético, la energía contenida en los componentes bioquímicos del árbol lo vuelven una excelente fuente combustible, que en la actualidad, es el principal combustible utilizado en zonas sociales de alta marginación y países en desarrollo. Los constituyentes de la pared celular de la madera pueden ser aprovechados incluso después de haber pasado por procesos previos, por mencionar algunos ejemplos, los distintos isómeros y aleatoriedad con la que los monolignoles derivados de la fenilalanina que son constituyentes de la lignina, o las variables ramificaciones estructurales y los puentes de hidrógenos y otras interacciones posibles derivadas de la distinta conformación de hemicelulosas le confieren un alto potencial para la recuperación de sustancias químicas precursoras o usos como adhesivos naturales o composites para la construcción cuando son modificados de manera termomecánica, también existen reportes de bioconversión de residuos en bioplásticos mediante el uso de microorganismos fúngicos, también la manera en que las proteínas transmembranales y las pectinas interactúan pueden darles diferentes propiedades mecánicas a las distintas maderas según su destino final, siendo así utilizadas para la construcción, refuerzos estructurales de nanomateriales, alternativas energéticas e incluso son actualmente explorados como un material potencial para la elaboración de filamentos de impresión 3D.

Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

Facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera

Aprovechamiento de Colofonia en México para la Obtención de un Éster de Glicerina para su Uso como Emulsificante Grado Alimenticio

Guzmán Mejía Erandini.¹; Flores Ramírez Nelly^{1}, Cruz de León José.¹*

¹Facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Mich., México.

Resumen

El estado de Michoacán es el estado con mayor producción de colofonia en México, a pesar de ello existen pocos estudios enfocados a obtención de derivados. En este estudio se obtendrá un éster de glicerina, producto alimenticio con alto valor agregado, mediante la esterificación de ácidos carboxílicos presentes en la colofonia, su importancia radica en su versatilidad y su origen natural a partir de un recurso renovable. Existen dos tipos de colofonias utilizadas como fuente de obtención; colofonia de madera y de goma. Particularmente el éster de madera (GEWR) es el único aprobado actualmente en la Unión Europea. Mediante una investigación interdisciplinaria se evaluará los diversos factores químicos, anatómicos y estructurales implicados en ambos procesos de esterificación. Se utilizará colofonia de goma comercial (mezcla de especies) y la de, *Pinus Oocarpa* del municipio de Nuevo Urecho en Michoacán, para la obtención del GEGR. Existe evidencia de que las colofonias de madera y goma poseen características que las hacen similares por lo que, a partir de esta consideración, se evaluará la calidad de las colofonias, mediante normas ASTM, cuantificación de los ácidos resínicos por CG e identificación de grupos funcionales mediante espectroscopia IR-ATR, así también para los ésteres, y el cumplimiento de estándares regulados por el Comité Internacional Mixto FAO/OMS de Expertos en Aditivos Alimentarios para evaluación de Inocuidad (JEFFA) en conjunto con la EFSA organismo en la UE, posteriormente se compararán los resultados con un éster comercial GEWR como referencia. Por lo que en esta investigación se desarrollará un producto de alto valor agregado sustentado en la metodología científica, promoviendo el uso de la colofonia mexicana y de manera indirecta generar una aportación para la conservación de bosques, biorremediación climática y aprovechamiento de los recursos naturales de manera sustentable.

Palabras Clave: Colofonia de goma, éster, emulsificante, JECFA.

Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

Facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera

Compósitos Sustentables Elaborados a partir de Cenizas de Madera y de Caña de Azúcar con Poliestireno Expandido

Gallegos-León, G.¹; Flores-Ramírez N. ^{1}; Vázquez-García S.R.²*

¹Facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Mich., México, ² Facultad de Ingeniería Química, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Mich., México

Resumen

Las cenizas de madera (CME) y las de bagazo de caña (CBCA) son residuos que provienen de las calderas industriales de los ingenios azucareros y de la quema de madera. Adicionalmente, la ceniza volcánica (CV) es un material que se concentra en grandes cantidades en las zonas volcánicas en el estado de Michoacán y en México en general. Estas cenizas presentan contenidos de compuestos inorgánicos con la posibilidad de generar reacciones puzolánicas. Por otra parte, una gran cantidad de poliestireno expandido (PS) es desechado, contaminando el medio ambiente una vez que ha sido usado. El metacaolín (MK), es usado como precursor principal en los procesos de geopolimerización para producir materiales ecológicos. Por lo anterior, el interés en esta investigación es desarrollar un material compuesto con buenas propiedades físico-mecánicas, mediante el uso de cenizas (CME, CBCA, CV) y MK como matriz, en combinación con el poliestireno (refuerzo).

Para caracterizar los compósitos a nivel de composición y morfología se empleó, fluorescencia de rayos X (FRX), espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier (FTIR), Difracción de rayos X (DRX) y microscopía electrónica de barrido (SEM). Se han determinado las densidades y el grado de absorción de agua de los compósitos, así como la resistencia en compresión, dureza Vickers, coeficiente de fricción y tasa de desgaste. También se han determinado los niveles de resistividad eléctrica (NMX-C-122-ONNCCE), así como sus características térmicas (DSC y TGA). Por su naturaleza puzolánica y los resultados de caracterización hasta ahora obtenidos, se ha demostrado el potencial que tienen las cenizas estudiadas en esta investigación, para sintetizar materiales compuestos, con posibilidades de uso en construcción, tales como, muros divisorios, aparente en muros estructurales y como material aislante termoeléctrico.

Palabras Clave: Compósito, Ceniza de madera de encino, Ceniza de bagazo de caña de azúcar, Poliestireno expandido.

Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

Facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera

Bioconversión de residuos lignocelulósicos de *Quercus castanea* Neé-*Zea maíz* para la formación de bioplásticos utilizando micelio fúngico

Ocegueda Vega, D.S.¹; Flores Ramírez, N. ¹; Vásquez García, S.R.^{2}; Vilchis García, M.A ²*

¹ Facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Mich., México. ² Facultad de Ingeniería Química, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Mich., México.

Resumen

La mayor parte de los plásticos tradicionales se utilizan en envases de un solo uso, como los embalajes. De igual forma, se encuentran los textiles de moda rápida, donde sus fibras son deficientes y con desgaste rápido. El desecho de los materiales antes citados afecta de manera permanente el ecosistema ya que, además, de generar residuos tóxicos y microplásticos, genera materiales que afectan la vida marina y terrestre. Una alternativa, es el uso de los bioplásticos a base micelio fúngico y residuos lignocelulósicos, cuyo proceso de elaboración no contamina y al final de su vida útil no generan residuos deletéreos. La metodología de esta investigación consiste en utilizar el crecimiento micelial de un hongo lignolítico (*Pleurotus ostreatus*) inoculándolo en moldes cubiertos con sustratos de residuos lignocelulósicos de *Quercus castanea* y *Zea maíz*: astillas, aserrín y olotes. Con las condiciones ambientales adecuadas, se desarrollarán hifas filamentosas en forma de redes que degradarán y unirán las partículas de los sustratos. Cuando el micelio se desarrolla complemente, se someten a una temperatura adecuada para detener el crecimiento de las hifas y eliminar el exceso de agua. Como producto final, se obtienen bioplásticos altamente biodegradables y compostables, cuyos nutrientes regresan al ciclo ecológico mejorando la estructura del suelo. Estos bioplásticos, son generados a bajo costo debido a que utilizan el crecimiento biológico y natural de los hongos, mientras que los sustratos utilizados (olote, aserrín y astilla) son residuos agroforestales que se obtienen en grandes volúmenes, son de uso muy limitado y con un bajo valor comercial, por lo cual, su uso innovador en la elaboración de bioplásticos promueve su importancia otorgándoles un valor agregado, generando una economía circular sustentable.

Palabras Clave: Bioplásticos, micelio, residuos lignocelulósicos, sustratos.

Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

Facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera

Diseño de filamento para impresión 3D con residuos de material lignocelulósico.

Becerril Mendoza V.^{1}; Paz González, J.A.²; López Albarrán P.³; García Rodríguez I.⁴; Rosel Solís M.J.⁵; Morales Contreras O.A.⁶*

³ Facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Mich., México,

^{1,2,4,5,6} Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Tecnología, Universidad Autónoma de Baja California, Tijuana, B.C., México.

Resumen

La madera como material lignocelulósico, renovable y de bajo impacto ambiental, ha generado gran interés en la impresión 3D. Esta investigación presenta una propuesta de material renovable para impresoras 3D al diseñar un filamento con material reciclado de ácido poliláctico (PLA) y residuos del maquinado de tableros de partículas (PB) y tableros de fibras (MDF). El proceso para generar el filamento inicia con la molienda del PLA, posteriormente se criban las materias primas para garantizar tamaños menores de 350 μm , se mezcla cada residuo lignocelulósico al 20% de peso con respecto al PLA, para las siguientes combinaciones PLA/PB-Lijado, PLA/PB-fresado, PLA/MDF-Lijado, PLA/MDF-fresado. Después se someten a un proceso de extrusión por husillo simple con temperatura controlada, generando un filamento de 1.75 mm de diámetro, para continuar con un proceso de enfriamiento por convección forzada. Finalmente, el filamento se sometió a pruebas de tensión para determinar el módulo elástico y su esfuerzo, en cada una de las combinaciones bajo la norma ASTM D885. Los resultados indican las diferencias entre los residuos del proceso de lijado que generan partículas con geometría circular de diámetros de 12 a 27 μm para MDF y 14 a 35 μm para PB, contra los residuos del proceso de fresado en forma de viruta con dimensiones de 22 x 140 μm para MDF y 59 x 155 μm para PB. Se compararon los resultados de las propiedades mecánicas de cada filamento entre los dos tipos de tablero y los residuos del proceso de lijado y fresado, se concluye el potencial de la fabricación de filamentos renovables que den un segundo uso a los residuos, reduciendo los costos y el impacto al medio ambiente.

Palabras Clave: Impresión 3D, Fabricación aditiva, Residuos maderables, PLA.

Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera

PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA MADERA

Los tableros de madera son definidos como piezas con dimensiones variables, conformados por distintos materiales lignocelulósicos unidos mediante distintas sustancias adhesivas o alguna técnica termo-mecánica, que pueden ser adicionados con otras sustancias para modificar algunas propiedades como podría ser la resistencia al fuego o al daño generado por el agua, debido a las diferentes composiciones de los materiales también hay que añadir que existe la variación en los tamaños de partícula pudiéndose trabajar con aglomerados, fibras o virutas de material por mencionar algunos ejemplos, los cuales variaran en propiedades físicas repercutiendo directamente con las propiedades mecánicas que pueden tener dichos elementos, los cuales buscan emular o asemejarse a las propiedades físico-químicas que presentan las maderas naturales a un menor costo; debido a esto sus aplicaciones son muy variadas, por lo cual es mejor considerar los fines específicos que se pretender dar al material para escoger la opción más adecuada para la necesidad específica.

Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

Facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera

Estudio de la higroscopicidad de tableros sin adhesivos de aserrín de *pinus spp.* con y sin tratamiento termo-mecánico

Parra Alcaraz M; Espinoza Herrera R; Ambriz Parra E.

Facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Mich., México,

Resumen

Existe una gran cantidad de residuos en la industria de la madera, donde el más común es el aserrín. Sin embargo, el aserrín presenta elevados índices de higroscopicidad al igual que otras partículas que provienen de la madera. Esto pudiera causar problemas cuando se requiere tableros sin adhesivos. Por lo que el objetivo del presente trabajo es estudiar la higroscopicidad variando el tipo de partícula con el aserrín sin y con tratamiento termo-mecánico, que consiste en fraccionar y calentar el aserrín para facilitar la expulsión de líquido intracelular (lignina), favoreciendo la adhesión de una nueva partícula, con estas partículas se elaboran las probetas sin adhesivos, variando temperatura por arriba de la transición vítrea (Tg por sus siglas en inglés) de la lignina y presiones de trabajo, para estudiar su influencia en la higroscopicidad. Las temperaturas de trabajo son de 130° y 180°C donde la lignina pasa de estado vítreo a gomoso y finalmente a líquido, que permite la extrusión de la lignina de su pared celular al exterior de las partículas actuando con adhesivo natural del tablero y a presiones de 500 y 1000 kg/cm² facilitando su autoadhesión. Los ensayos de higroscopicidad constatarán de hinchamiento y absorción de agua. En resultados preliminares encontramos que el aserrín con tratamiento tiene una menor higroscopicidad en un 22% y un aumento de la densidad aparente de 205 a 410 kg/cm².

Palabras Clave: Higroscopicidad, Tg de lignina, Tableros sin adhesivos, albura, Aserrín

Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

Facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera

La rugosidad superficial en tableros MDF, resultado de las operaciones de corte y grabado por router CNC.

Becerril Mendoza V.^{1}; López Albarrán P.²; Pimentel Mendoza A.B.³*

^{1,3} Facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Mich., México,

^{1,2} Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Tecnología, Universidad Autónoma de Baja California, Tijuana, B.C., México.

Resumen

Los procesos de maquinado por router CNC (Control Numérico Computarizado) permiten diferentes operaciones en los tableros MDF (Tableros de Fibras de Madera), entre ellas el corte y grabado. La calidad superficial obtenida depende de las variables del corte: la herramienta, la velocidad de rotación, la velocidad de avance, la profundidad del corte y la trayectoria del maquinado. En este trabajo se presenta un diseño de experimentos con tres variables independientes a tres niveles, para determinar la rugosidad superficial mediante un rugosímetro de contacto, identificando la rugosidad más baja con la mayor tasa de remoción de material. Se presentan los resultados de la profundidad del corte y grabado, identificando la importancia del gradiente de densidad en el tablero MDF de la superficie hacia el centro del espesor. Las operaciones de grabados en bajo relieve menores a 2 mm de profundidad registran $R_a = 11 \mu\text{m}$, mientras que en relieves mayor a los 2 mm tiene un incremento de la rugosidad $R_a = 13 \mu\text{m}$, sin que afecte la dirección de la trayectoria del maquinado. La influencia de los parámetros de maquinado en la calidad superficial es de importancia en la industria del mueble, en el maquinado por router CNC y para los procesos subsecuente de lijado, ensamble y acabados, de manera que se garantice su calidad, durabilidad y su incidencia en los muebles a base de tableros.

Palabras Clave: Rugosidad superficial, Tablero de fibras, Maquinado Router CNC

Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

Facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera

Alcances en el Desarrollo de Tableros Tipo OSB desde la Ingeniería Molecular

Chávez-García L. E.; López-Albarran P.; Rodríguez-Olalde N. E.; Rutiaga Quiñones J.G.; Espinoza-Herrera R.; Herrera-bucio R.

Facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Mich., México.

Resumen

El objetivo de este estudio fue evaluar los efectos de tres ensayos para favorecer la unión adhesiva de las hojuelas de chapa de madera de pino *Pinus sp* provenientes de la empresa triplay monarca del municipio de Indaparapeo Michoacán en la consolidación del ensamble de tableros tipo OSB. En el primer ensayo las hojuelas se sometieron a un tratamiento de vaporización dentro de un recipiente de presión a 0.16Mpa y a una temperatura de 120° C, durante un tiempo de 60 minutos. Para el segundo ensayo las hojuelas se trataron mediante su inmersión en un recipiente con agua destilada durante 60 minutos. Finalmente, el tercer ensayo no implicó ningún tratamiento en las hojuelas de chapa de madera. Los paneles fueron preparados con 0.6kg/cm³ densidad objetivo entrecruzados con una resina fenólica de fenol-formaldehído. El contenido de resina usado fue al 7%. El proceso de prensado se llevó a cabo con apoyo de una prensa hidráulica de 60 Ton marca EKA con una mesa de 450 X 480 mm adaptada con calentamiento mediante resistencias eléctricas a una temperatura de 150° C un cierre de prensa de 45 kg/cm³ y un tiempo de 600 segundos. Los resultados muestran que para el primer tratamiento de vaporización se logra la consolidación del tablero, mientras que para el segundo tratamiento sumergido en agua destilada la consolidación del tablero es limitada. Por su parte, el tercer ensayo sin ningún tratamiento la consolidación del tablero se logra en menor medida, de tal manera que los tres prototipos de tableros OSB lograron diferentes niveles de consolidación, lo que sustenta de manera adecuada el desarrollo de nuevos prototipos los cuales contengan como base en su formulación adhesiva lignina despolimerizada dentro de su conformación y sustituir en mayor parte o totalmente los reactivos carcinógenos como el formaldehído por glioxal, gracias a las formulaciones adhesivas desarrolladas desde la ingeniería molecular.

Palabras Clave: OSB, Lignina, adhesivo, ingeniería molecular.

Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

Facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera

ANATOMÍA Y CLASIFICACIÓN

Vale la pena recordar que la madera suele ser estudiada desde tres puntos de vista anatómicos para facilitar el trabajo descriptivo desde un enfoque morfológico y celular, dado que las características taxonómicas son más fácilmente identificables de esa manera, sin embargo también la identificación primaria de los elementos atómicos hasta una propuesta de marcadores genéticos son prueba de los distintos niveles de magnificación y complejidad con los que pueden ser abordados estas entidades biológicas y su comportamiento ante diferentes fenómenos; muchas propiedades de la madera continúan siendo exploradas y arrojan nuevos e intrigantes resultados, acompañadas de los avances y las innovaciones tecnológicas que permiten explorar nuevas caras del material, siempre teniendo en mente, que la madera es un material anisotrópico, lo que lo define como un material con propiedades diferentes en función de la perspectiva que se analice, lo cual suele ser importante en parámetros de la construcción, como la densidad, la capacidad de soportar compresión, expansión, torsión, etc., sin embargo es muy valorado en otros ámbitos como la música o el estudio sobre la degradación de la madera por diferentes agentes, ya que las propiedades acústicas de la madera se correlacionan de manera intensa y directa con las propiedades y el tratamiento que se le da desde su origen.

Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

Facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera

Determinación de la composición primaria de cuatro especies de fabáceas a través de un método químico (gravimétrico) y un método térmico (TGA-DTG)

Pintor-Ibarra, L.F.^{1}; Alvarado-Flores, J.J.¹; Rutiaga-Quiñones, J.G.¹*

¹ Facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Mich., México,

Resumen

México es un país con gran diversidad de especies maderables, donde existe poca información sobre las propiedades químicas de sus recursos forestales. Por otro lado, actualmente el aumento de los precios del petróleo, y los esfuerzos mundiales para evitar los efectos del cambio climático, surge la búsqueda con urgencia de combustibles limpios y renovables. El objetivo de este trabajo es determinar los principales componentes químicos de las maderas de *Acacia farnesiana* (L.) Willd, *Acacia pennatula* (Schl. et Cham) Benth, *Albizia plurijuga* (Standl.) Britton & Rose, y *Prosopis laevigata* (Humb. & Bonpl.) Jonhst), a través del análisis termogravimétrico (TGA), usando la deconvolución de su derivada (DTG), y por un método gravimétrico, con fines bioenergéticos. Los resultados de este trabajo permitirán discutir; la reproducibilidad, ventajas y desventajas de estos métodos. En este sentido existen numerosas técnicas para evaluar los principales componentes químicos de la biomasa, algunos de los métodos más usados son los gravimétricos, pero estos métodos suelen ser rutinarios y requieren de mucho tiempo. En contraste, existen procedimientos modernos, que ofrecen cuantificaciones más exactas pero muy costosas, por ejemplo, los análisis instrumentales como el termogravimétrico (TGA) entre otros, que pocos investigadores tienen acceso debido a que muchos laboratorios carecen de altos presupuestos económicos. Los resultados derivados de estas metodologías contribuirán al conocimiento científico de estas 4 especies de fabáceas y su posible uso como biocombustibles.

Palabras Clave: poder calorífico, celulosa, lignina, extraíbles.

Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

Facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera

Diseño de un modelo sistemático de identificación mediante ADN para especies de *Pinus* en el estado de Michoacán.

Ruiz Pimentel, E.M.; López Albarrán P.

Facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Mich., México,

Resumen

La madera es un material versátil constituido de células epiteliales diversificadas, cuya composición química general incluye celulosa, hemicelulosas y lignina. Presenta pared celular conformada de tres capas: primaria, secundaria y terciaria. Estructuralmente se conforma de varias capas que forman la base del tronco o fuste, la albura, xilema y duramen, confiriéndole propiedades físicas, químicas, y mecánicas altamente valoradas por la industria. Existe una creciente demanda por desarrollar nuevas herramientas para la identificación de especies arbóreas y de este modo apoyar a los sectores forestales encargados de su aprovechamiento sustentable. El desarrollo e implementación código de barras en base al ADN de especies arbóreas, ofrecen la identificación taxonómica inequívoca de la madera mediante una sola combinación de múltiples regiones de ADN en el genoma del objeto en estudio. En este trabajo, la identificación sistemática de especies arbóreas (madera) es posible mediante técnicas y procedimientos de la biología molecular (extracción, amplificación y secuenciación de ADN), lo que fundamentará el desarrollo tecnológico de un modelo sistemático de identificación de especies arbóreas, mediante códigos de barras. Sus aplicaciones primordiales van desde discernir si los productos forestales en el comercio internacional pertenecen a especies protegidas, comprobar la taxonomía del origen de las maderas, hasta clasificarlas en de acuerdo con su potencial medicinal, alimenticio o cosmético. Actualmente, se presta mucha atención al perfeccionamiento de la técnica de codificación de barras en base al ADN descubriendo y caracterizando nuevas regiones candidatas de su código genético y determinando los factores que afecten la tasa de discriminación final del método, aplicado a especies de *Pinus* en el estado de Michoacán.

Palabras Clave: *Pinus*, ADN, identificación sistemática, biofísicoquímica.

Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

Facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera

Medición de la Anisotropía Acústica en Madera Mexicana del Género *pinus* (Reciente Corta y de Recuperación), por medio de Ultrasonido

Carrillo-Gómez, M.¹; Carreón-Garcidueñas, H.²

¹Facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Mich., México.

²Instituto de Investigación en Metalurgia y Materiales, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Mich., México.

Resumen

En la actualidad existen conceptos que deben ser considerados en los trabajos de conservación del Patrimonio Construido en Madera, la autenticidad y la comprensión de este concepto juega un papel fundamental en todos los estudios científicos del Patrimonio Cultural y en los planes de conservación, restauración y de los procedimientos de inscripción utilizados. El envejecimiento de la madera se conoce como la modificación inevitable de las propiedades físicas y mecánicas de un material en el curso de un almacenamiento o uso extensivo debido a influencias ambientales. Durante el proceso de descomposición de la madera, se presenta una importante cantidad de pérdida de masa, rigidez y resistencia. Como resultado de este desgaste, es necesario monitorear el proceso de descomposición de la madera para garantizar los requisitos estructurales y de seguridad de este patrimonio. Es importante el estudio del parámetro de anisotropía acústica aplicado a la madera de reciente corta y de recuperación ya que es un factor importante para considerar en la conservación del material. Aplicando la técnica de emisión transmisión ultrasónica se calculó el grado de anisotropía por medio de la velocidad de cizallamiento de propagación ultrasónica en las muestras de madera. Las mediciones se llevaron a cabo utilizando un transductor ultrasónico de onda cortante con una frecuencia central de 0.5 MHz. Se obtuvo la velocidad ultrasónica y se llevaron a cabo exámenes microestructurales empleando la microscopía óptica relacionando las propiedades elásticas de la anisotropía con la microestructura de madera observada en el microscopio electrónico de barrido (SEM), estableciendo una correlación directa con la onda de velocidad de corte y la acústica anisotrópica en la madera con un envejecido natural resultado del uso.

Palabras Clave: Madera, Anisotropía, Birrefringencia, Ultrasonido

Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera

BIOFÍSICA DE LA MADERA

Si bien ya se han mencionado muchas de las utilidades que tiene la madera, sus productos derivados e inclusive el destino y valor agregado que pueden tener sus residuos industriales y el de otras plantas leñosas, sin embargo nada de esto sería posible si no se cuenta con una materia prima de la cual partir, todas las propiedades que hemos mencionado que convierten a la madera en un material de interés industrial, desde una perspectiva ecológica lo vuelven en una fuente potencial de nutrientes y un oasis ante la adversidad de la competencia por establecerse, proliferar y permanecer en un nicho determinado. En su intento por frenar el detrimento de la madera; es decir, la degradación del material indistintamente de su origen se ha desarrollado la industria de la preservación de la madera, la cual se centra en el desarrollo de estrategias Químicas, Físicas y Biológicas específicas para los distintos destinos que tiene la madera en la sociedad humana, por eso es de vital importancia profundizar en la comprensión de los procesos anatómicos-biofísico-químicos que subyacen en la impregnación de sustancias, la capacidad de absorción u adsorción, la lixiviación de compuestos y la solubilidad de los mismos, para lograr estrategias de aprovechamiento eficiente o una búsqueda dirigida a sustancias preservantes de origen biológico o naturaleza poco toxica para gradualmente hacer una transición hacia una preservación de la madera ecológicamente amigable.

Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

Facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera

El estudio del flujo de fluidos en la madera a través de imágenes 3D y su aplicación en recursos forestales

Rivera Ramos, J.G.¹; Arteaga, D²; Cruz de León J.^{3}*

^{1,3} Facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Mich., México. ²Centro de Geociencias, Universidad Nacional Autónoma de México, Juriquilla Querétaro, México.

Resumen

En la presente investigación se identificaron aportaciones teórico prácticas del estudio del flujo de fluidos en madera acoplando el análisis de imágenes 3D con simulaciones numéricas. Con el objetivo de establecer alcances del trabajo, que promuevan soluciones o faciliten el estudio de la distribución de fluidos en el tejido leñoso, materiales compuestos lignocelulósicos y nanomateriales, se dimensionó el impacto del estudio contabilizando el número de temas prioritarios implicados con el desarrollo científico del proyecto. Se establecieron aportaciones sobre problemáticas en el área del comportamiento de composites de matriz orgánica, fibras vegetales como reforzantes de materiales compuestos, fibras de celulosa regenerada, ácidos residuales en madera químicamente modificada, distribución de agentes de modificación y protección en material lignocelulósico, flujo de nanopartículas en el tejido, impregnación de resinas, crecimiento interno de películas, materiales biomórficos, secado de la madera y embolia en tejido vegetal. Se concluye, dado que las distintas problemáticas mencionadas, derivan o tienen una relación directa con la interacción flujo-anatomía, el proyecto de investigación en cuestión impacta con la ciencia básica requerida para caracterizar las dificultades de flujo en dichos procesos y materiales forestales.

Palabras Clave: Microtomografía, análisis de imágenes 3D, Permeabilidad, simulaciones.

Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

Facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera

Preservación de la madera de *Pinus* sp. con aceites esenciales frente al ataque de hongos xilófagos y cromógenos

García Reynoso W.E.¹; Velázquez Becerra C.²

¹⁻² Facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Michoacán, México

Resumen

La madera como recurso natural renovable desempeña un papel importante en la economía mundial, particularmente en los campos de la construcción y el mueble. En México la producción de madera de *Pinus* sp. para el año 2018 representó el 70.5% de la producción forestal total con 5,875,686 m³r y un valor de \$7,693,074,648; siendo la escuadría el principal destino de la producción maderable con un 64.7%. La madera plantea un gran desafío para los organismos que buscan extraer la energía de su estructura polimérica. Si bien, muchos organismos pueden digerir los compuestos almacenados en el parénquima (hongos cromógenos), acceder a los polímeros más complejos es un desafío clave. No obstante, los hongos xilófagos degradan bioquímicamente los polímeros de la pared celular mediante la secreción de un conjunto diverso de metabolitos y enzimas extracelulares que despolimerizan y digieren los componentes lignocelulósicos de la madera; por lo cual la preservación química de la madera es de suma importancia para contrarrestar la biodegradación fúngica; sin embargo, la expectativa de mejores opciones para preservar la madera durante el almacenamiento, el transporte, la fabricación y el servicio; aunado a las cuestiones ambientales sobre el uso de preservantes químicos que contienen metales y los problemas de su eliminación han instado la búsqueda de tecnologías más respetuosas con el ambiente. Las plantas son un vasto reservorio de fitoquímicos con actividad biológica, entre ellos los terpenos. Los terpenos son los componentes químicos principales de los aceites esenciales, los cuales son mezclas naturales de metabolitos secundarios volátiles que contienen una variedad de compuestos químicos, incluidos alcoholes, aldehídos, hidrocarburos, éteres y cetonas. Las propiedades antifúngicas comprobadas de los aceites esenciales contra hongos cromógenos y xilófagos, hace que resulten interesantes como candidatos potenciales en su aplicación como biopreservantes alternativos en la madera de *Pinus* sp.

Palabras Clave: Preservación, aceites esenciales, madera, xilófagos.

Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera



El que hace acequias controla el agua, el que
fabrica flechas las hace derechas, el carpintero
domina la madera y el sabio domina su mente

(Buda Gautama)