



IV Simposio DE MATERIALES POLIMÉRICOS



Revista Informador Técnico
Volumen 82 n2- Suplemento I
Diciembre 2018
e- ISSN 2256 - 5035

**13 y 14 Septiembre
2018**



Res. No. 16740, 2017-2021.

Vigilada MinEducación.



Informador Técnico

Publicación seriada publicada por el SENA, indexada en Colciencias en Categoría C y en otras bases de datos nacionales e internacionales, que tiene como objetivo principal socializar y brindar una información oportuna en temática investigativa y tecnológica de las cadenas productivas de Metalmecánica, Petroquímica, Plástico, Caucho y Fibras.



IV Simposio DE MATERIALES POLIMÉRICOS

Cali- Colombia, 13 y 14 de Septiembre de 2018



IV Simposio
DE MATERIALES
POLIMÉRICOS



Reg. No. 10740, 2017-2021.

Vigilado MinEduación.

Comité Editor

Carlos Mario Estrada Molina, M.Sc.,
Director General del SENA

Cesar Alveiro Trujillo Solarte
Director SENA Regional Valle

Aura Elvira Narváez Agudelo
Subdirectora Centro Nacional de
Asistencia Técnica a la Industria –ASTIN

Carolina Caicedo
Editora de la revista

Miguel Angel Solís Molina
Coordinador del Servicio de Información y
Divulgación Tecnológica –SIDT
Editor Asociado

Julia Emma Zúñiga Rivera
Coordinadora

Elizabeth Enriquez Quintero
Diagramación y diseño

Comité Científico - Evaluador

El IV Simposio de Materiales Poliméricos ofrece sus agradecimientos a los investigadores quienes actuaron en calidad de pares evaluadores.

Octavio Manera Brito, Ph.D.
Investigador Universidad Nacional Autónoma de México, México.

María Virginia Candal Pazos, Ph.D.
Investigadora Universidad Simón Bolívar

Adriana Pinotti, Ph.D.
Investigadora Centro de Investigación y Desarrollo en Criotecnología de Alimentos, Argentina.

Gerardo Zaragoza Galán, Ph.D.
Universidad Autónoma de Chihuahua

Miguel Ángel Hidalgo Salazar, Ph.D.
Universidad Autónoma de Occidente, Cali, Colombia.

Hugo Fernando Martínez
ASTIN - SENA, Cali, Colombia.

Heidy Lorena Calambas Pulgarin
ASTIN - SENA, Cali, Colombia.

Bairo Vera Mondragón
Coordinador I+D+i - ASTIN - SENA, Cali, Colombia.

Aldo Rafael Vázquez
Líder Sennova - ASTIN - SENA, Cali, Colombia.

Omar Hernan Ossa Betancourth
Instructor - ASTIN - SENA, Cali, Colombia.

Comité Organizador

Aura Elvira Narváez Agudelo
Subdirectora centro ASTIN - SENA

Emilio Eliecer Navia Zuñiga
Coordinador SENNOVA
Dirección General SENA

Bairo Vera Mondragón
Coordinación I+D+i - ASTIN - SENA

Aldo Rafael Vázquez
Líder Sennova - ASTIN - SENA

Carolina Caicedo Cano
Líder del grupo de Investigación en Desarrollo
de Materiales y Productos "GIDEMP" - SENA

Emerson Escobar Nuñez Ph.D.,
Jefe del Departamento de Energética y Mecánica
Facultad de Ingeniería
Universidad Autónoma de Occidente - Cali

Miguel Ángel Hidalgo Salazar
Jefe del Departamento de Energética y Mecánica
Facultad de Ingeniería
Universidad Autónoma de Occidente - Cali

Coordinadora

Carolina Caicedo Cano
Líder del grupo de Investigación en Desarrollo
de Materiales y Productos "GIDEMP" - SENA

e-ISSN: 2256-5035
Suplemento I - Diciembre de 2018

Comité Logístico

Nidia Karina Mora
Ana María Cortés Rosero
Elizabeth Wagner Andrade
Daniela Guerrero García
Carlos Eduardo Muñoz Lasso
Heidy Johana Gutierrez Achinte
Ángel Bailon
Johanna Andrea Chamorro

Comite de Comunicaciones

Elizabeth Enriquez Quintero
Diagramación
Diseño Gráfico - ASTIN - SENA

Julia Emma Zuñiga Rivera
Coordinadora
Revista Informador Técnico - ASTIN - SENA

Ana María Cortés Rosero
Corrección de estilo
Auxiliar de edición - ASTIN - SENA

Oscar Barrantes
Maestro de Ceremonia
Pedagogo - ASTIN - SENA

Patrocinadores

ESENTTIA
MULTIDEAS
PROINSA LTDA.
PROTÉCNICA INGENIERÍA SAS
PROCESS SOLUTIONS AND EQUIPMENT SAS
QUACK DE COLOMBIA
TA INSTRUMENTS
UNIVERSIDAD SANTIAGO DE CALI
EVACOL LTDA

Ponentes Magistrales

Tim Andreas Osswald, Ph.D.

Universidad de Wisconsin, Estados Unidos

Abel Gaspar Rosas, Ph.D.

T.A INSTRUMETS, USA

Octavio Manero Brito, Ph.D.

Universidad Nacional Autónoma de México, México

María Virginia Candal Pazos, Ph.D.

Universidad Simón Bolívar, Caracas, Venezuela

Adriana Pinotti, Ph.D.

Centro de Investigación y Desarrollo en Criotecnología de Alimentos, Argentina

Gerardo Zaragoza Galán, Ph.D.

Universidad Autónoma de Chihuahua, México

Miguel Ángel Hidalgo Salazar, Ph.D.

Universidad Autónoma de Occidente, Cali, Colombia

Emerson Escobar Nuñez, Ph.D.

Universidad Autónoma de Occidente, Cali, Colombia

Carolina Caicedo Cano, Ph.D.

Centro Nacional de Asistencia Técnica a la Industria -ASTIN, Cali, Colombia

Edgar Alejandro Maraño Leon, Ph.D.

Uniandes, Bogotá, Colombia

Ricardo A. Torres Palma, Ph.D.

Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia

Serafin García Navarro, Ing.

AIMPLAST, Valencia, España

Luis Roca Blay, Q.

AIMPLAST, Valencia, España

Aura Elvira Narváez Agudelo, M.Sc.

Centro Nacional de Asistencia Técnica a la Industria -ASTIN, Cali

Daniel Mitchell

ACOPLÁSTICOS, Bogotá, Colombia

José Herminul Mina

Universidad del Valle, Cali, Colombia

IV Simposio de Materiales Poliméricos

Volumen 82 • Número 2 • Julio-Diciembre 2018 • ISSN 0122-056X • e-ISSN 2256-5035

CONTENIDO

Presentación.....	6
Polímeros compuestos y nanocompuestos.....	7
Ingeniería de polímeros, procesamiento y reología.....	46
Métodos de síntesis novedosos para polímeros.....	57
Bipolímeros.....	73
Energías Renovables y Medio Ambiente.....	116

Presentación

El Servicio Nacional de Aprendizaje SENA y el Sistema de Investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación – SENNOVA continúan apostándole a la innovación, para contribuir al desarrollo del país gestionando de forma precisa y oportuna lo requerido por los grupos de investigación y semilleros. En esta oportunidad aprendices, instructores, investigadores y empresarios nacionales y latinoamericanos, se reunieron en un espacio de divulgación, donde se logró la comunicación de los resultados propios de la investigación, el desarrollo tecnológico e innovación alrededor de la temática “Materiales Poliméricos”. El Grupo de Investigación en Materiales y Productos (GIDEMP) del Centro Nacional de Asistencia Técnica a la Industria (ASTIN) del SENA en conjunto con la Universidad Autónoma de Occidente organizaron la cuarta versión del “Simposio de Materiales Poliméricos” los días 13 y 14 de septiembre de 2018 en la ciudad de Cali, Colombia. En general, el evento fue un lugar de encuentro para investigadores, estudiantes y empresarios alrededor del tema de los materiales poliméricos. El simposio contó con 49 participantes y la asistencia de 220 personas de Universidades (86), Comunidad SENA (101) y Profesionales del Sector Productivo (33) del país y Latinoamérica.

El Simposio tuvo cuatro momentos importantes: a) dos seminarios el primero fue de análisis mecánico-dinámico (DMA) a cargo del Dr. Abel Gaspar-Rosas director técnico y de ventas de exportación de TA INSTRUMENTS - WATERS LLC y el segundo en procesamiento y reología a cargo del Dr. Tim Osswald de la Universidad de Wisconsin-Madison; b) ponencias magistrales y comunicaciones orales por parte de 18 participantes de Argentina, Colombia, Chile, Estados Unidos, España, México y Venezuela. La sesión de ponencias se dividió en sub-temas: Polímeros compuestos y nanocompuestos; Ingeniería de polímeros, procesamiento y reología; Métodos de síntesis novedosos para polímeros; Biopolímeros y Energías renovables y medio ambiente; c) un conversatorio que dio lugar a una discusión significativa entre la industria y academia bajo el tema: Polímeros y medio ambiente: Los plásticos dentro de la economía circular: oportunidades en Colombia” con panelistas expertos que trataron el tema desde diferentes perspectivas: José H. Mina (investigador de UNIVALLE), Aura E. Narváez (Subdirectora del SENA-ASTIN) y Dr. Daniel Mitchell (Presidente ejecutivo de ACOPLÁSTICOS). Finalmente, d) un concurso de pósters y vídeos como medio de divulgación de resultados científicos, en el cual se presentaron un total de 34 trabajos donde se consideraron además 5 presentaciones orales.

El comité científico del evento resaltó la participación de todos, no obstante, se premiaron los siguientes trabajos en cada una de las modalidades:

- comunicación oral “Residuos de poda de arándano: una potencial fuente de celulosa” por parte de Claudia M. Pacheco P (Universidad Bio-bio, Chile).
- Estudio antibacteriano de nanopartículas metálicas sintetizadas mediante ablación láser sobre polietileno residual como potenciales superficies bactericidas. Por parte de Johan Duque, Brayan Moreno, S. Mejía Giraldo, Yenny Avila, Henry Riascos. (Universidad Tecnológica de Pereira).
- Póster “Redes orgánicas: La evolución de los polímeros” por parte de Andrés Rodríguez Camargo de la Universidad Nacional de Colombia.

Esperamos que las memorias fortalezcan el trabajo en red, con el fin de potenciar el desarrollo de los proyectos de investigación. Agradecemos a los participantes por su contribución con los trabajos, a SENNOVA por el financiamiento, a las entidades que se unieron para premiar los trabajos presentados, finalmente extendemos la invitación para el V Simposio de Materiales Poliméricos.

CAROLINA CAICEDO CANO
Investigadora ASTIN
SENA Regional Valle
Editora Informador Técnico
Coordinadora Simposio de Materiales Poliméricos



**IV Simposio
DE MATERIALES
POLIMÉRICOS**

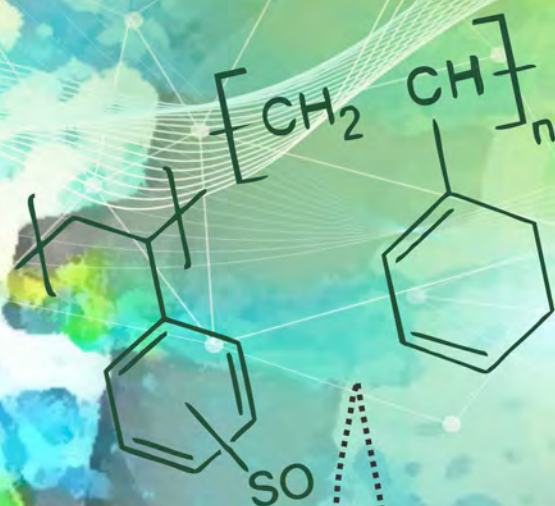


Res. No. 16743, 2017-2021.



Vigilada por el Ministerio de Educación.

Polímeros Compuestos y Nanocompuestos



Revista Informador Técnico, Volumen 82 n2 - Suplemento I- 2018

IV Simposio de Materiales Poliméricos - 13 y 14 de Septiembre de 2018, Cali - Colombia

CONTENIDO

Generación de un material compuesto a base de resina poliéster reforzada con residuos del maíz como alternativa sustentable en la fabricación de embarcaciones para el lago de Tota.....	9
Nancy Geraldine Rivera Torres, Edwin Yesid Gómez Pachón, Jorge Arturo Torres Pemberti	
Generación de un material tri-compuesto de concreto con fibras de phormium tenax y resina poliéster, como alternativa sustentable para la fabricación de sistemas flotantes acuáticos aplicados a alojamientos vacacionales dentro del lago de Tota, Boyacá	14
Angélica María Ruíz Pinto, Pilar Astrid Ramos Casas, Jorge Arturo Tórres Pemberti	
Materiales compuestos residuales con aplicaciones en la industria de la construcción.....	18
Daniel Ávila, Brandon Suárez, Stiven Astudillo, Carolina Caicedo, Yenny Ávila	
Obtención de nanocompuestos de matriz polimérica para aplicaciones electroquímicas.....	22
Diana Meliza Suárez-Santafé, Lisel Johanna Olarte-Guerrero, Helia Bibiana León-Molina	
Desarrollo de ladrillos a base de polietileno y polipropileno reciclado: Efecto del tiempo y temperatura de preparación.....	25
Ivana Orjuela, Miguel Paredes, Edwing Velasco	
Evaluación nano-estructural de cristales de azúcar como mecanismo de cualificación de calidad.....	28
Juan Camilo Zambrano Sánchez, Anthony Alexis Luna, Carlos Andrés Rosero, Danilo André Revelo Vargas	
Mejoramiento de las propiedades mecánicas de un bioplástico a base de almidón mediante la adición de TiO_2	34
Lina Herrera, Leidy Carreño, Edwing Velasco	
Elaboración de bloques de concreto con agregados plásticos reciclados.....	38
María Bernarda Alvarado Bawab, Shirley Vega, Jorge Marín	
Desarrollo de una dispersión polimérica acrílica estirenada elatomérica.....	41
Alejandro Lozano Bohorquez, Camilo Augusto Ramírez López, Cristian Camilo Villa, Gustavo Correa	

Generación de un material compuesto a base de resina poliéster reforzada con residuos del maíz como alternativa sustentable en la fabricación de embarcaciones para el lago de Tota.

Generation of a composite material based on polyester resin reinforced with corn residues as a sustainable alternative in the manufacture of boats for Lake Tota.

Modalidad: Póster

Nancy Geraldine Rivera Torres¹
Edwin Yesid Gómez Pachón²
Jorge Arturo Torres Pemberti³

¹ Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Grupo de Investigación de Diseño, Innovación y Asistencia Técnica de Materiales – DITMAV, Duitama, Colombia. nancy.rivera01@uptc.edu.co

² Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Grupo de Investigación de Diseño, Innovación y Asistencia Técnica de Materiales – DITMAV, Duitama, Colombia. edwin.gomez02@uptc.edu.co

³ Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Grupo de Investigación de Diseño, Innovación y Asistencia Técnica de Materiales – DITMAV, Duitama, Colombia. jorge.torres@uptc.edu.co

Resumen

En el departamento de Boyacá la agricultura es muy importante para la economía de la región; en el municipio de Tota y sus alrededores esta actividad es la mayor fuente de ingresos y el maíz representa una cantidad considerable de su siembra. En los últimos años se han realizado investigaciones de residuos generados en la producción del maíz, las cuales han arrojado resultados positivos en las nuevas aplicaciones que presentan para materiales de construcción, por lo que se considera pertinente generar un material compuesto en base a una resina poliéster junto con dichos residuos como una alternativa sustituta a la fibra de vidrio que actualmente presentan las embarcaciones prestadoras de servicios turísticos de la región del lago de Tota.

Palabras claves: *Compuesto, embarcaciones, maíz, residuos, tota.*

Introducción

En Colombia el maíz concentra el 13 % del área agrícola y es de gran importancia socioeconómica y de seguridad alimentaria por ser el primer cultivo de ciclo corto con presencia en 250 municipios que dependen en un 60 % de esta actividad (Ministerio de Agricultura, 2017). En el departamento de Boyacá el 85,3 % del área en la cobertura y uso del suelo está dirigido para el sector agrícola, en donde el maíz representa el 1,07 % de los cultivos transitorios (Gobernación de Boyacá, 2017), los cuales constituyen una parte importante para la economía en los sectores aledaños al lago de Tota como lo son Aquitania y Cuítiva. En la actualidad los residuos generados por la



producción de maíz son utilizados para el abono de los posteriores cultivos, para generar energías alternativas o en el peor de los casos son desechados. Sin embargo, una investigadora de la Universidad de Córdoba, junto a otros científicos estadounidenses y franceses, han conseguido producir nanocristales de celulosa a partir de estos desechos. Los nanocristales se descubrieron hace unos años y para algunos científicos éstos podrían ser el nuevo material de construcción del futuro gracias a su peso ligero y su flexibilidad, por lo que podrían utilizarse como refuerzo y endurecimiento en materiales de construcción, mecánica y biomedicina (Unidad de Cultura Científica y de la Innovación (UCCi), 2018).

El lago de Tota es uno de los lugares turísticos más importantes del departamento de Boyacá y de Colombia; Al ser el lago más grande del país, esta belleza natural fue premiada como uno de los destinos verdes más atractivos de las Américas por la feria internacional del turismo en Alemania y también fue incluido dentro de los 100 destinos verdes del mundo por *Green Destinations*, lo que se traduce como un aspecto positivo para el ecoturismo del país. En la actualidad existen operadores turísticos que ofrecen la navegabilidad del lago por medio de lanchas fabricadas en fibra de vidrio, el cual es un material que, a pesar de presentar las propiedades adecuadas para la fabricación y uso para estas embarcaciones, durante la producción se desarrollan contaminantes dañinos tanto para el medio ambiente como para el operario. Por lo que se considera pertinente generar un material compuesto en base a resina poliéster y residuos de la producción del maíz, que presente propiedades similares a la fibra de vidrio, siendo una opción más sustentable y amigable tanto para el hombre como para el medio ambiente.

Objetivo General

Desarrollar un material compuesto en base a la resina poliéster y los residuos de la producción de maíz que cumpla las propiedades físicas, mecánicas y productivas necesarias para competir con los compuestos de fibra de vidrio en la producción de embarcaciones.

Objetivos Específicos

1. Elaborar compuestos con diferentes porcentajes entre las fibras de los residuos de maíz y la resina poliéster con el objetivo de determinar cuál es la configuración que presenta mejores propiedades.
2. Desarrollar pruebas físicas, mecánicas y de impermeabilidad del compuesto seleccionado previamente entre fibras de residuos de maíz y resina poliéster con la finalidad de compararlas con las propiedades presentes en la fibra de vidrio
3. Evaluar la posibilidad de aplicación de dicho compuesto a base de residuos de maíz y resina poliéster en embarcaciones para el lago de Tota con la finalidad de establecer la factibilidad de su uso en dicha aplicación.

Método

La metodología a utilizar en el presente proyecto inicia con la obtención y utilización de las fibras que se encuentran en los residuos generados en la producción de maíz dentro del sector del lago de Tota, en donde se divide por actividades pertinentes para cada uno de los objetivos específicos mencionados

Objetivo 1

- Determinar cuáles de los residuos que se generan en la producción de maíz pueden utilizarse para realizar un material compuesto en relación con resina poliéster
- Recolección y secado de las fibras del maíz
- Establecer las variaciones en la composición de la estructura de las fibras de maíz
- Utilizar una tabla de variación en la cantidad de los materiales a utilizar (10 %, 20 %, 30 %, 40 % y 50 %) para desarrollar las probetas.
- Someter cada una de las probetas a los siguientes ensayos basados en las normas ASTM 2018
 - ✓ Resistencia vs peso
 - ✓ Tenacidad a la fractura
 - ✓ Resistencia a la fatiga
 - ✓ Resistencia a la absorción de agua
 - ✓ Resistencia mecánica
 - ✓ Resistencia térmica
 - ✓ Cualidades adhesivas
 - ✓ Resistencia al intemperismo
 - ✓ Resistencia a otros líquidos y sólidos
 - ✓ Flotabilidad del material
- Comparar y evaluar los resultados de cada una de las configuraciones realizadas
- Describir los hallazgos encontrados
- Seleccionar la probeta con mejores características y propiedades resultantes de las pruebas mencionadas

Objetivo 2

- Someter las probetas de fibra de maíz y fibra de vidrio a los siguientes ensayos basados en las normas ASTM 2018
 - ✓ Resistencia vs peso
 - ✓ Tenacidad a la fractura
 - ✓ Resistencia a la fatiga
 - ✓ Resistencia a la absorción de agua



- ✓ Resistencia mecánica
 - ✓ Resistencia térmica
 - ✓ Cualidades adhesivas
 - ✓ Resistencia al intemperismo
 - ✓ Resistencia a otros líquidos y sólidos
 - ✓ Flotabilidad del material
- Comparar y evaluar los resultados recolectados en base a las 2 probetas
 - Describir los hallazgos encontrados

Objetivo 3

- Establecer los procesos actuales para la construcción de embarcaciones en fibra de vidrio para una embarcación
- Evaluar la adaptabilidad del material compuesto en base a desechos de la producción del maíz junto con una resina poliéster, en la producción de embarcaciones.

Resultados y discusiones

Por medio de la presente investigación, se espera establecer la viabilidad del uso de fibras naturales para la producción de embarcaciones y así establecer una alternativa sustentable que remplace a la fibra de vidrio, aprovechando los desechos generados en la producción del maíz que permitan cumplir con las licencias ambientales dentro del lago de tota, y amplié el panorama de usos de este tipo de materiales para la construcción, con la finalidad de mejorar las condiciones laborales en la producción y el impacto ambiental que actualmente se genera.

Conclusiones

La sustitución de la fibra de vidrio en las embarcaciones del lago de tota, por un material en base a fibras naturales producidas por residuos de la misma región, se entiende como una forma sustentable y eficiente que permite el desarrollo de los habitantes del sector, ya que se permitiría generar subeconomías relacionadas con el sector agrícola del cultivo de maíz al igual que los fabricantes de embarcaciones, los cuales serían beneficiados brindando un aporte al ecosistema de una belleza turística natural tan importante como lo es el lago de Tota.

Agradecimientos

A cada uno de los integrantes de mi grupo de investigación DITMAV, los cuales han sido fundamentales y trascendentales tanto en el desarrollo del proyecto como en mi formación como profesional.

Referencias

- Gobernación de Boyacá. (2017). *Observatorio Económico Boyacá. Sector Agropecuario*. Recuperado de: <http://www.boyaca.gov.co/economico/sectores-economicos/sector-agroindustrial>
- Ministerio de Agricultura. (2017). *Sector Maíz Tecnificado. Indicadores e Instrumentos*. Recuperado de: <https://sioc.minagricultura.gov.co/AlimentosBalanceados/Documentos/002%20-%20Cifras%20Sectoriales/002%20-%20Cifras%20Sectoriales%20-%202017%20Diciembre%20Ma%C3%ADz%20Tecnificado.pptx>
- Unidad de Cultura Científica y de la Innovación de la Universidad de Córdoba, España. (UCCi). (13 de febrero de 2018). Nanocristales de celulosa a partir de residuos de maíz. Recuperado de: <https://www.uco.es/investigacion/ucci/uconews/item/1995-nanocristales-de-celulosa-a-partir-de-residuos-de-maiz>



Generación de un material tri-compuesto de concreto con fibras de phormium tenax y resina poliéster, como alternativa sustentable para la fabricación de sistemas flotantes acuáticos aplicados a alojamientos vacacionales dentro del lago de Tota, Boyacá

Generation of a tri-composite concrete material with phormium tenax fibers and polyester resin, as a sustainable alternative for the manufacture of aquatic floating systems applied to holiday accommodation within Lake Tota, Boyacá

Modalidad: Poster

Angélica María Ruiz Pinto¹
Pilar Astrid Ramos Casas²
Jorge Arturo Tórres Pemberti³

¹ Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Diseño, Innovación y Asistencia Técnica en Materiales Avanzados-DITMAV, Carrera 18 con Calle 22, Duitama, Colombia. angelica.ruiz01@uptc.edu.co

² Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Diseño, Innovación y Asistencia Técnica en Materiales Avanzados-DITMAV, Carrera 18 con Calle 22, Duitama, Colombia. pilar.ramos@uptc.edu.co

³ Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Diseño, Innovación y Asistencia Técnica en Materiales Avanzados-DITMAV, Carrera 18 con Calle 22, Duitama, Colombia. jorge.torres@uptc.edu.co

Resumen

¿Es posible generar un material resistente a partir de fibras naturales? El hormigón es indispensable y esencial para nuestras vidas, actualmente el 70 % de la población mundial habita en edificaciones con estructuras de hormigón, ¿Es posible remplazar este material por un compuesto a base de fibras naturales? por supuesto, gracias a las necesidades de aprovechar al máximo los recursos actuales se han logrado grandes avances en la evolución de muchos materiales de ingeniería, tanto que ahora la innovación en estos tienen como protagonistas a las fibras naturales capaces de generar estructuras con propiedades mecánicas considerables en cuanto a compresión, tracción, dureza, resistencia al impacto y permeabilidad. ¿Se pueden aplicar fibras naturales como compuestos a sistemas flotantes en agua?

Palabras claves: *Compuesto, fibra, material, resina, sustentabilidad.*

Introducción

El Lago de Tota es un sector natural protegido por Corpoboyacá (Corporación autónoma regional de Boyacá) líder del desarrollo sostenible del departamento a través del ejercicio de autoridad ambiental (Corpoboyacá, 2016), por consiguiente todas las licencias medio ambientales para uso y aprovechamiento del lago deben ser revisadas y aprobadas por dicha corporación. Actualmente este destino verde está en la mira mundial por su riqueza natural, tanto así que se ha convertido en una joya del turismo natural de Colombia y gracias a esto, recibió la premiación en la feria internacional del turismo en Alemania (ITB Berlín 2018) como el segundo lago más grande de América del Sur y tercer destino verde más atractivo de las Américas (Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible, 2018).

Así es como gracias a este título internacional, se ha producido una llegada masiva de turistas extranjeros y visitantes nacionales curiosos por admirar, disfrutar y grabar una experiencia enriquecedora de contacto con la naturaleza a tal nivel que este fenómeno se ha prestado para identificar oportunidades de planeación y desarrollo turístico, puesto que, se quiere usar controladamente las aguas del lago en programas recreativos y vacacionales que regeneren las actividades económicas del sector y que a su vez respeten y equilibren el ecosistema (Gobernación de Boyacá, Colombia, 2016).

Ahora bien, si se pretende ingresar un cuerpo extraño artificial a la laguna, este debe cumplir con toda la reglamentación ambiental para garantizar la conservación de las propiedades y características naturales internas y externas del ecosistema, con base a esto nace la necesidad de prever y generar un material tri-compuesto respetuoso de las aguas a base de policoncreto reforzado con fibras extraídas de la planta llamada Formio (Phormium Tenax) y resina poliéster, como alternativa sustentable para la fabricación de sistemas flotantes acuáticos que serán aplicados a propuestas de alojamientos vacacionales las cuales están visualizadas para su instalación dentro del Lago de Tota.

Actualmente las fibras naturales son las protagonistas de la tendencia mundial por investigar y desarrollar materiales sostenibles para ingeniería. Estas evolucionan al ser sometidas a modernos procesos de refuerzo con cargas estructurales heterogéneas de matrices mezcladas con resinas y aditivos que aumentan sus capacidades fisicomecánicas y a su vez los hacen muy útiles cuando se quiere remplazar un material tradicional generador de altos contenidos de CO₂ por un material compuesto con miras a su sustentabilidad, ahora bien, la iniciativa para desarrollar esta propuesta de diseño radica en la necesidad de experimentar con un material compuesto a partir fibras naturales extraídas de una planta perenne muy común en la región del Lago de Tota llamada Phormium Tenax pero conocida en la jardinería como Formio o Lino de Nueva Zelanda, las fibras de esta planta resaltan por su resistencia a tal punto que han sido usadas en la fabricación de textiles, cestas, esteras y redes de pesca, estas hojas se caracterizan por ser erectas y rígidas que crecen en forma de abanico sobre un rizoma horizontal corto, grueso y carnoso que se ramifica (Harris y Woodcock-Sharp, 2000).

Con la utilización de esta fibra como elemento estructural (carga) en el material compuesto que se pretende desarrollar va permitir generar un nuevo material con características fisicomecánicas adecuadas para su posible aplicación en estructuras de tipo flotante para ser utilizadas en el Lago de Tota, una vez creado el material y realizados los ensayos del mismo, se pasara a comparar el nuevo producto con una mezcla de hormigón elaborada con porcentajes tradicionales usados en la fabricación de sistemas o cámaras flotantes de hormigón. Así mismo, las pruebas de comparación entre el material compuesto y el cerámico tradicional, serán la base para determinar la idoneidad del material en cuanto a características, propiedades y del más importante, el uso de este compuesto en la fabricación de sistemas flotantes para habitación humana.

Materiales y Métodos

Para el presente proyecto se plantea en primera medida, utilizar las hojas de Formio obtenidas de la región del Lago de Tota y sus alrededores, como materia prima para la extracción de las fibras en estas contenidas, con el propósito de extraer mediante técnica de raspado, en la que se utilizará una herramienta manual llamada cardadora y una descortezadora de cabuya. (En dado caso que sea necesario extraer químicamente por enriado, se contemplara el uso de procesos de fermentación microbiológica (maceración) de las hojas para separar los haces fibrosos de las porciones leñosas del tallo).



Una vez superada la etapa de extracción de las fibras, se proporcionara la mezcla de concreto en relación al porcentaje de resina poliéster (50 %), una vez calculada esta mezcla (homogeneizada), se diseñan las probetas con carga de concreto, resina poliéster a las que se le generaran diferentes estructuras o cargas heterogéneas con la fibra de Formio (10 % al 40 %). las 4 probetas de ensayos para este tipo de compuestos se deben realizar con base en la norma ASTM D.

Una vez curados completamente los materiales, finalmente se evalúa el comportamiento mecánico del compuesto obtenido bajo las pautas actuales, realizando los ensayos de las probetas bajo las siguientes normas (ASTM International, 2018).

- Ensayo de Resistencia a la Compresión: ASTM C-39
- Ensayo de Tracción: ASTM D-638
- Ensayo de Flexión: ASTM D-790
- Ensayo de Resistencia al impacto: ASTM D-276
- Ensayo de Densidad: ASTM D-792
- Ensayo de Permeabilidad al Agua: ASTM DI-653

Resultados y discusiones

Los resultados que se pretenden alcanzar con el desarrollo de este material compuesto son:

- Conocer y entender el comportamiento de un tri-compuesto entre concreto, resina poliéster y fibra de Formio en un ambiente natural (Lago de Tota) donde será completamente inmerso bajo agua dulce.
- Identificar aproximadamente el ciclo de vida de este material compuesto al estar sumergido en agua de temperaturas oscilantes entre -3 °C y 12 °C
- Registrar el comportamiento de las mezclas en diferentes proporciones de concreto y resina poliéster en función de la temperatura del agua a la que serán sometidas.
- Generar un avance en las investigaciones enfocadas a la creación de materiales compuestos sustentables que incorporan refuerzos estructurales a partir de fibras naturales extraídas de Formio.

Conclusiones

Gracias al desarrollo de proyectos como este, se puede concluir que la preparación de un material compuesto con refuerzo de fibra natural puede presentar varias aplicaciones para el sector industrial en el que sin lugar a dudas es clara una oportunidad de ofrecer al mercado la opción de obtener un material compuesto con diferentes características y capacidades fisicomecánicas, el cual permite usar materiales naturales que son propios de la región andina donde afortunadamente abundan en la exuberancia natural, estos a su vez brindan la posibilidad de que estos recursos se usen como materia prima estructural para diferentes aplicaciones que viabilizan miles de combinaciones de cargas con fibras naturales a las que se acceden con facilidad. Ya para finalizar, esta propuesta puede ser empleada como una guía básica para investigadores que deseen incursionar en la configuración de nuevos materiales de todo tipo y aplicación.

Agradecimientos

A todos los profesores de mi grupo de investigación DITMAV por su colaboración, ayuda y apoyo constante en mi formación como tesista y profesional en diseño industrial.

Referencias

- ASTM American Society of Testing Materials. (2018). Standards Search: D. Recuperado de www.astm.org/Standard/alpha-lists/D.html
- Corpoboyacá, C. (2016). Misión, visión y objetivos. Recuperado de www.corpoboyaca.gov.co/la-corporacion/mision-vision-y-objetivos/
- Gobernación de Boyacá, Colombia. (2016). Plan de departamental de desarrollo de Boyacá – Creemos en Boyacá, Tierra de paz y libertad - 2016-2019. Recuperado de: www.boyaca.gov.co/gobernacion/politicas-plan-y-programas/9498-pdd-boyaca-2016-2019
- Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible, Colombia. (7 de Marzo de 2018). Lago de Tota es premiado como uno de los mejores destinos verdes de las Américas. Recuperado de: www.minambiente.gov.co/index.php/noticias/3647-lago-de-tota-es-premiado-como-uno-de-los-mejores-destinos-verdes-de-las-americas
- Harris, W., y Woodcock-Sharp, M. T. U. A. (2000). Extraction, content, strength, and extension of Phormium variety fibres prepared for traditional Maori weaving. *New Zealand Journal of Botany*, 38(3), 469-487.



Materiales compuestos residuales con aplicaciones en la industria de la construcción

Residual composite materials with applications in the construction industry

Modalidad: Póster

Daniel Ávila¹
Brandon Suárez²
Stiven Astudillo³
Carolina Caicedo⁴
Yenny Ávila⁵

¹ Universidad Tecnológica de Pereira, Química de coordinación y organometálica en materiales moleculares, dirección, Pereira, Colombia.

² Universidad Tecnológica de Pereira, Química de coordinación y organometálica en materiales moleculares, dirección, Pereira, Colombia.

³ Universidad Católica de Pereira. Carrera 21 No. 49-95 Av. de las Américas; Pereira, Colombia

⁴ Servicio Nacional de Aprendizaje SENA. Grupo de Investigación en Desarrollo de Materiales y Productos GIDEMP, Centro Nacional de Asistencia Técnica a la Industria.- ASTIN.

⁵ Universidad Tecnológica de Pereira, Química de coordinación y organometálica en materiales moleculares, dirección, Pereira, Colombia. yennypatricia.avila@utp.edu.co

Resumen

Este proyecto presenta una visión industrial en conjunto con la agricultura. Para esto, se ha abordado un problema general de interacción entre productos (cadena agroindustrial de la planta de plátano y reutilización de residuos poliméricos convencionales e industriales) que funcionan dentro de un contexto sostenible y una propuesta ambientalmente amigable. Se llevará a cabo el desarrollo de dos materiales compuestos óptimos (celulosa - plátano) PET, celulosa (plátano-PP) y Celulosa – plátano (Polvo poliéster de fibra de vidrio) obtenidos del proceso de extrusión monohusillo, caracterizados química, espectroscópica y mecánicamente. Posteriormente, se llevará a cabo la construcción de un prototipo de teja en términos de reúso ambiental, producidas con los materiales compuestos sintetizados con dimensiones comerciales y enriquecidas con materiales orgánicos absorbentes que han sido probados anteriormente en el grupo de investigación.

Palabras claves: Material compuesto, polímeros residuales, residuos agroindustriales e industriales, construcción.

Introducción

La necesidad de desarrollar y comercializar materiales que contengan fibras vegetales ha crecido para reducir el impacto ambiental y alcanzar la sostenibilidad. Se generan grandes cantidades de materiales lignocelulósicos en todo el mundo a partir de varias actividades humanas. Los materiales lignocelulósicos están compuestos de celulosa, hemicelulosa, lignina, extractos y cenizas. Recientemente, estos constituyentes se han utilizado en diferentes aplicaciones; en particular, la celulosa ha sido objeto de numerosos trabajos sobre el desarrollo de materiales compuestos reforzados con fibras naturales con mejoras en las propiedades mecánicas, físicas y térmicas (Singh, Gupta, Tarannum, y Randbwa, 2011). En el contexto de innovación, estos materiales lignocelulósicos han sido aplicados en sistemas eficientes y sostenibles debido al crecimiento de la conciencia ambiental a nivel mundial. Las fibras de celulosa proporcionan resistencia, y la lignina, otro biopolímero hidrofóbico, actúa como un adhesivo para unir las fibras en una matriz cerca de la superficie. En la actualidad, la producción anual de fibras naturales en la India es de aproximadamente seis millones de toneladas en comparación con la producción mundial de alrededor de 25 millones de toneladas. En la laminación a baja presión, el uso de fibras de vidrio es casi un

monopolio. En los últimos tiempos, la falta de competitividad de los componentes de plástico reforzado con fibra de vidrio en aplicaciones donde las características de resistencia no son primordiales, ha llevado a los moldeadores a buscar un refuerzo que proporcione las propiedades necesarias a la vez que reduce el costo. Esto ha dado lugar a un creciente interés en el refuerzo de fibras naturales. Por esto, la diversificación de las fibras naturales de los mercados tradicionales, no solo fortalece la actividad en el área de sustitutos de la madera y productos moldeados, sino que también conserva recursos forestales que ayudan a mantener nuestro equilibrio ecológico. Como recubrimientos se han usado diversos tipos de resinas matriciales como las fenólicas (Sarkar y Adhikari, 2001), poliéster insaturado, éster de vinilo y epóxidos (Gassan y Bledzki, 1999). se han utilizado en la fabricación de compuestos de fibras como el yute (Gassan y Bledzki, 1997). Las resinas de poliéster insaturadas se usan ampliamente como matrices compuestas debido a su bajo costo, baja viscosidad y resistencia óptima. Sin embargo, son propensos a microfisuras y fallas secundarias de adherencia debido a su poca tenacidad, menor adhesión con fibras y un alto volumen de contracción durante el proceso de curado. Por lo tanto, las mejoras en las propiedades del poliéster son altamente deseables para mejorar su tenacidad por técnicas de polímeros interpenetrantes. Las propiedades de los polímeros con material particulado están determinadas por varios factores tales como las propiedades de los componentes (matriz/carga), composición y estructura, además de las propiedades de los componentes y características mecánicas de estos materiales se ven influenciadas significativamente por las interacciones interfaciales; las cuales dependen del tamaño de la interfaz y la fuerza de la interacción (Raslam, Fathy, y Mahamed, 2018; Demjén, Pukánszky y Nagy, 1998). Esto explica la incorporación de aditivos tales como agentes de acoplamiento o compatibilizantes para mejorar aún más las propiedades (Leong, Abu, Mohd, y Ariffin, 2004). Sin embargo, la dispersión homogénea de las partículas en la matriz termoplástica es un proceso difícil (Ha y Xanthos, 2010) y continúa siendo objeto de estudio. Por otra parte, y en consecuencia con los altos costos de materias prima, así como altos índices de contaminación proveniente del plástico resulta importante desarrollar nuevos materiales a partir de residuos post-industriales como el PET, PP y PPFV (polvo poliéster de fibra de vidrio) con los que se logre además mayor rentabilidad económica. De acuerdo a estudios previos, el polipropileno reciclado presenta un bajo desempeño termo mecánico debido a las escisiones beta que ocurren en el proceso de degradación, por lo cual es de gran importancia diseñar, implementar y validar alternativas para dispersar cargas minerales en una matriz plástica (polipropileno) reciclada utilizando el proceso de extrusión monohusillo modificado para garantizar un óptimo mezclado y desarrollo de nuevos compuestos poliméricos. En el caso de polietileno, la viscosidad compuesta no solo disminuye a medida que la intensidad del ultrasonido (Hang, Xiating, Zhengrong y Zhang, 2017), la temperatura experimental y el tamaño de partícula aumentan, sino que también disminuyen a medida que disminuye el contenido de carga (Dordinejad, Sharif, Ebrahimi, y Rahedi, 2018). Esto abre muchas vías de desarrollo en procesos de transformación. El reto innovador de este proyecto en este aspecto constituye, desarrollar los materiales compuestos descritos y lograr una adecuada separación, distribución y dispersión de sus componentes.

Materiales y Métodos

El residuo del pseudotallo del plátano se obtiene físicamente por convenio con las asociaciones de cultivadores de plátano de Risaralda. Los pseudotallos se cortarán en secciones de 30 cm, se lavarán con agua y se secarán al sol. Las fibras se obtienen mediante un tratamiento con hidróxido de sodio al 10 % para eliminar ceras, pectinas y resinas contenidas en el mismo, y posteriormente se desfibrarán en forma manual. La celulosa se obtendrá mediante el procedimiento reportado en la literatura (Canché-Escamilla, De los Santos-Hernández, Andrade-Canto y Gómez-Cruz, 2005), se llevará a cabo por triplicado para cada uno de los residuos. Se variará el pH final de etapa de cloración (9,2 y 8,4) así como la concentración de NaOH (20 y 25 %) durante la hidrólisis alcalina, con el fin de determinar el efecto de estas variables sobre las propiedades de la celulosa (Brienzo, Fikizolo, Benjamin, Tyhoda, y Görgens, 2017; Shimizu, *et al.*, 2018). Las fibras se secarán a temperatura ambiente y posteriormente se secarán en una estufa de vacío. Posteriormente estos materiales serán mezclados con polietileno, polipropileno residual y polvo poliéster de fibra de vidrio en una proporción 20-80 con el material absorbente en un porcentaje del 2 %.

**Tabla 1.** Metodología para caracterización y obtención de materiales compuestos.

Tratamiento del material	Tamaño de material lignocelulósico seco y molido	Variables a determinar del material lignocelulosico a partir de TGA y DSC	Análisis Reológico
Tratamiento con NaOH (Material lignocelulósico), 60 °C, 72 h	1-499 μm 500-1000 μm	T _m , T _{máx} , T ₁₀ , H _m	Torque Máx, Torque estabilización
Tratamiento con NaOH (Material lignocelulósico), 110 °C, 24 h	1-499 μm 500-1000 μm		
Material lignocelulósico sin tratar con NaOH, 60 °C,	1-499 μm 500-1000 μm		
Pruebas		Análisis térmico TGA/DSC (25°C - 400°C, 10 °C/min, N ₂)	SEM (superficie de fractura)
Muestras	Material polimérico (80 %)	Fibra (20 %)	

Fuente: Los autores.

Resultados y discusiones

Se considera que los materiales compuestos obtenidos presentarán propiedades mecánicas mejores que los materiales de partida de forma independiente, celulosa, PET, PP o PPFV. Esto es propuesto, ya que la formación de la teja implicará una estructura de material compuesto, absorción del material fotosensibilizador y recubrimiento con látex seco lo cual podría aumentar la propiedad de flexión del compuesto, la resistencia a la flexión aumenta y el módulo de flexión (Gassan, y Bledzki, 1999). En el aspecto de degradación, la lignina con la exposición a los rayos UV se afecta absorbiendo longitudes de onda visibles cortas. La exposición a los rayos UV también dañan el ligante de lignina, lo que lleva a la separación de las fibras de celulosa y a la erosión de la superficie en estos sistemas (Berdahl, Hashem, Levinson, y Miller, 2008). Por lo tanto, la propuesta de este proyecto involucra la construcción de un prototipo de teja a partir de material compuesto, en donde un recubrimiento con materiales absorbentes en la región del visible como fotosensibilizadores permitirá proteger la estructura y funcionalidad de la teja como celda fotovoltaica (Hashem, y Touchaei, 2014). También es importante mencionar que hay variables que determinarán el éxito del proyecto, y en este aspecto se considera que los análisis térmicos (TGA y DSC) proporcionarán información indispensable para determinar las variables de proceso, evitando degradación de los componentes por separado o en mezcla y por esta razón el uso de sonicación permitirá mejorar el modelo. Se trabajará en un diseño estructural del prototipo, teniendo en cuenta la circulación del aire, superficie expuesta e inclinación. Así como la conexión de los electrodos (cátodo y ánodo) en el proceso fotovoltaico sobre el fotosensibilizador.

Referencias

- Berdahi, P., Hashem, A., Levinson, R. y Miller, W. (2008). Weathering of roofing materials- An overview. *Construction and building materials*, 22(4), 423-433. doi: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2006.10.015>
- Brienzo, M., Fikizolo, S., Benjamin, Y., Tyhoda, L., y Görgens, J. (2017). Influence of pretreatment severity on structural changes, lignin content and enzymatic hydrolysis of sugarcane bagasse samples. *Renewable*

- energy*, 104, 271-280. doi: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2016.12.037>
- Canché-Escamilla, G., De los Santos-Hernández, J. M., Andrade-Canto S., y Gómez-Cruz, R. (2005). Obtención de celulosa a partir de los desechos agrícolas del banano. *Información tecnológica*, 16(1), 83-88. doi: <https://doi.org/10.4067/S0718-07642005000100012>
- Demjén, Z., Pukánszky, B., y Nagy, J. (1998). Evaluation of interfacial interaction in polypropylene/surface treated composites. *Composites part A: applied science and manufacturing*, 29(3), 323-329. doi: [https://doi.org/10.1016/S1359-835X\(97\)00032-8](https://doi.org/10.1016/S1359-835X(97)00032-8)
- Dordinejad, A. K., Sharif, F., Ebrahimi, M., y Rahedi, R. (2018). Rheological and thermoreological assessment of polyethylene in multiple extrusion process. *Thermochimica acta*, 668, 19-27. doi: <https://doi.org/10.1016/j.tca.2018.08.010>
- Gassan, L., y Bledzki, A. K. (1997). The influence of fiber-surface treatment on the mechanical properties of jute-polypropylene composites. *Composites part A: applied science and manufacturing*, 28(12), 1001-1005. doi: [https://doi.org/10.1016/S1359-835X\(97\)00042-0](https://doi.org/10.1016/S1359-835X(97)00042-0)
- Gassan, L., y Bledzki, A. K. (1999). Composites reinforced with cellulose based fibres. *Progress in polymer science*, 24(2), 221-274. doi: [https://doi.org/10.1016/S0079-6700\(98\)00018-5](https://doi.org/10.1016/S0079-6700(98)00018-5)
- Ha Uk, J., y Xanthos M. (2010). Novel modifiers for layered double hydroxides and their effects on the properties of polylactic acid composites. *Applied clay science*. 47(3-4), 303-310. doi: <https://doi.org/10.1016/j.clay.2009.11.033>
- Hang, X., Xiating, X., Zhengrong, y Zhang, I. (2017). Effects of ultrasonic on the reological behavior of high-density polyethylene composites filled with flash aluminium flake pigments. *Applied polymer*, 134, 44906-44910.
- Hashem, A. y Touchaei, G. (2014). Modeling and labeling heterogenous directional reflective roofing materials. *Solar energy materials and solar Cells*, 124, 192-210. doi: <https://doi.org/10.1016/j.solmat.2014.01.036>
- Leong, Y. W., Abu Bakar, M. B., Mohd Ishak, Z. A., y Ariffin, A. (2004). Characterization of talc/calcium carbonate filled polypropylene hybrid composites weathered in a natural environment. *Polymer degradation and stability*, 83(3), 411-422. doi: <https://doi.org/10.1016/j.polymdegradstab.2003.08.004>
- Raslam, H., Fathy, E. S., y Mohamed, R. (2018). Effect of gamma irradiation and fiber surface treatment on the properties of bagasse fiber- reinforced waste polypropylene composites. *International Journal of Polymer Analysis and Characterization*, 23(2), 181- 192. doi: <https://doi.org/10.1080/1023666X.2017.1405535>
- Sarkar, S., y Adhikari, B. (2001). Thermal stability of lignin-hydroxy-terminated polybutadiene copolyurethanes. *Polymer degradation and stability*, 73(1), 169-175. doi: [https://doi.org/10.1016/S0141-3910\(01\)00084-2](https://doi.org/10.1016/S0141-3910(01)00084-2)
- Shimizu, F. L., Monteiro, P. Q., Ciconello, P. H., Melati, R. B., Pagnocca, F. C., de Souza, W., Sant'Anna, C., Brienzo, M. (2018). Acid, alkali and peroxide pretreatments increase the cellulose accessibility and glucosa yield of banana pseudostem. *Industrial crops and products*, 115, 62-68. doi: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.02.024>
- Singh, B., Gupta, M., Tarannum, H. y Randbwa, A. (2011). Natural fiber- based composite building materials. *Cellulosa Fibers: Bio and Nano- polymer composites*. (pp701-720). Springer, Berlin, Heidelberg. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-642-17370-7_24



Obtención de nanocompuestos de matriz polimérica para aplicaciones electroquímicas

Obtaining polymer matrix nanocomposites for electrochemical applications

Modalidad: Póster

Diana Meliza Suárez-Santafé¹
Lisel Johanna Olarte-Guerrero²
Helia Bibiana León-Molina³

¹ Universidad ECCI, Cra. 19 #49-20, Bogotá, Colombia.

² Universidad ECCI, Cra. 19 #49-20, Bogotá, Colombia.

³ Universidad ECCI, Cra. 19 #49-20, Bogotá, Colombia. hleonm@ecc.edu.co

Resumen

En esta investigación se busca sintetizar polímeros sulfonados de estireno (PS-SO) que se emplearán como matriz polimérica y estabilizantes de nanopartículas de bismuto (Bi) y estaño (Sn). Se obtuvieron nanocompuestos en dos pasos, primero, con estireno monómero grado industrial, se han sintetizado polímeros, a través de polimerización radicalica por emulsión acuosa en presencia de persulfato de potasio grado analítico y variando el grado de sulfonación con la finalidad de encontrar condiciones óptimas que permitan estabilizar las nanopartículas en la matriz, paso seguido se realizaron soluciones de PS-SO, de (ClBi) y de (ClSn) en dimetilformamida (DMF) para obtener nanopartículas in situ.

Palabras Claves: Conductores, nanocompuestos, nanopartículas, polímeros.

Introducción

Actualmente los materiales empleados para aplicaciones electroquímicas son materiales metálicos, que se caracterizan por sus excelentes propiedades de conductividad térmica y eléctrica. En el caso de electrodos para detección de contenido de sustancias en agua (Suarez, 2017) los electrodos empleados son principalmente de mercurio debido a sus propiedades electroquímicas particulares, pero es un material tóxico, además en temperatura ambiente su estado es líquido lo que limita su uso para ciertas aplicaciones como el caso de mediciones en línea, por lo que es deseable reemplazarlo. (Otero, 2003). En los últimos años (2011 en adelante) se ha venido estudiando el comportamiento de electrodos de película de bismuto con estaño (Xiong, Luo y Li, 2011; Pan *et al.*, 2012) y estaño (Tian, 2012) obtenidas in situ por electrólisis o a partir de aleaciones de soldadura de Bi-Sn, para el análisis de metales en solución. En general se ha encontrado que los electrodos con contenido de estaño tienen un comportamiento similar al de los electrodos de bismuto. Los desarrollos más recientes de los electrodos de bismuto se basan en la modificación del metal en forma nanoestructurada, en combinación con otros metales o con otros materiales como grafeno o polímeros (Chen, *et al.*, 2014; Li, *et al.*, 2014).

En el presente trabajo se sintetizó poliestireno sulfonado a partir del cual se obtuvieron soluciones en las que se llevó a cabo la síntesis in situ de las nanopartículas de los metales empleados. En las figuras 1 y 2 se muestra la unidad repetitiva del poliestireno (PS) y del poliestireno sulfonado PS-SO.

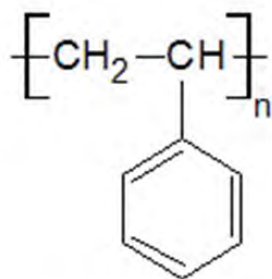


Figura 1. Estructura química del PS
Fuente: Los autores

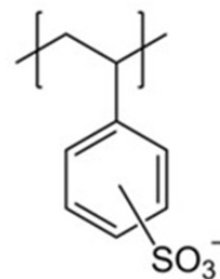


Figura 2. Estructura química del PS-SO
Fuente: Los autores

Materiales y Métodos

Se sintetizó PS de grado industrial a través de la técnica de polimerización vía radicales libres, en emulsión acuosa con presencia de persulfato de potasio, usando brij como agente surfactante y sulfonato de sodio como agente sulfonador. Se obtuvieron nanopartículas de (Bi) y (Sn) a partir de sus sales metálicas, con reacciones de reducción in situ en presencia de borohidruro de sodio y en soluciones de PS-SO.

Además, se realizaron películas de los nanocompuestos obtenidos para someterlos a caracterización bajo los ensayos de Espectroscopia de Infrarrojo por Transformada de Fourier (FTIR) y Microscopía electrónica de barrido (SEM). A los polímeros sulfonados obtenidos también se les realizarán pruebas de solubilidad en solventes comunes de poliestireno y viscosimetría con viscosímetro Cannon Fenske.

Resultados y discusiones

La figura 3 muestra el espectro de infrarrojo obtenido a partir de los nanocompuestos sintetizados.

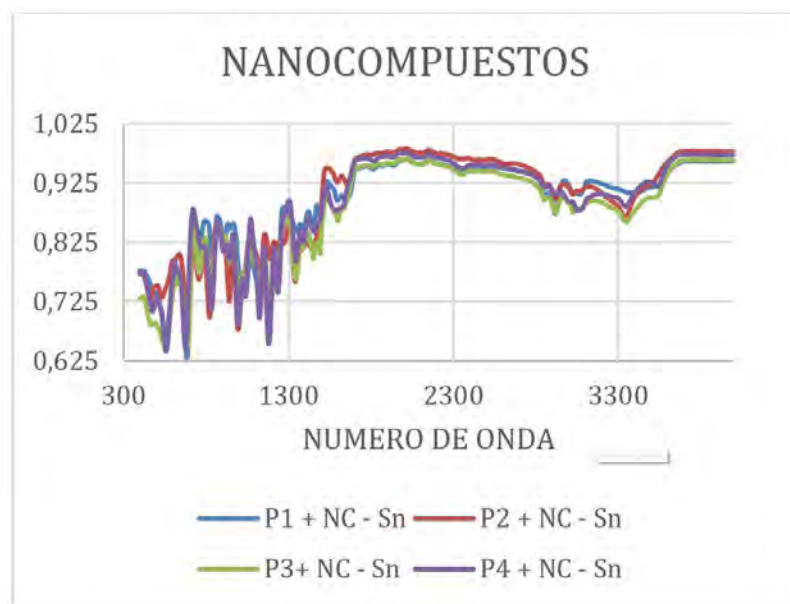


Figura 3. FTIR de los nanocompositos de estaño (Sn)
Fuente: Los autores



Se observan bandas de 3024, 3400 y entre 1400 - 1700 cm^{-1} , las cuales son característica para el poliestireno. Encontramos también éteres alifáticos entre las bandas de 1036 y 1182 cm^{-1} característico para el brij. Y las bandas del grupo sulfónico entre 1600-1650 cm^{-1} características para el sulfato de potasio. Para los espectros de los nanocompuestos observamos además de las bandas de absorción características para el poliestireno sulfonado anteriormente descritas, las bandas características de los grupos aromáticos bencénicos en 560, 684 y 824 cm^{-1} . Eventualmente se compararán los espectros obtenidos con las bandas de absorción reales identificadas para el poliestireno y las nanopartículas en sus estados puros. Posteriormente se les realizara ensayo SEM a todas las muestras a fin de identificar la influencia que tiene el grado de sulfonación de los polímeros en el tamaño y la dispersión de las nanopartículas en la matriz polimérica

Conclusiones

Se realizó la síntesis de nanocompuestos PS-SO/Sn y se realizaron análisis de FTIR para determinar posibles cambios en las bandas características debidas a la presencia del metal. Es necesario seguir con la caracterización estructural y funcional que permita concluir a cerca de los objetivos iniciales

Agradecimientos

Yuber Tiusaba Avendaño y Vicerrectoría de Investigación de la Universidad ECCI por el apoyo al Semillero de Investigación SIMP a través de la convocatoria 2018.

Referencias

- Chen, L., Li, Z., Meng, Y., Zhang, P., Su, Z., Liu, Y., ... & Yao, S. (2014). Sensitive square wave anodic stripping voltammetric determination of Cd_2^+ and Pb_2^+ ions at Bi/Nafion/overoxidized 2-mercaptoethanesulfonate-tethered polypyrrole/glassy carbon electrode. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 191, 94-101. doi: <https://doi.org/10.1016/j.snb.2013.09.084>
- Li, Z., Chen, L., He, F., Bu, L., Qin, X., Xie, Q., ... & Luo, S. (2014). Square wave anodic stripping voltammetric determination of Cd_2^+ and Pb_2^+ at bismuth-film electrode modified with electroreduced graphene oxide-supported thiolated thionine. *Talanta*, 122, 285-292. doi: <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2014.01.062>
- Otero, T. F. (2003). Polímeros conductores: síntesis, propiedades y aplicaciones electroquímicas. *Revista Iberoamericana de polímeros*, 4(4), 1-50.
- Pan, D., Zhang, L., Zhuang, J., Lu, W., Zhu, R., y Qin, W. (2012). New application of tin-bismuth alloy for electrochemical determination of cadmium. *Materials Letters*, 68, 472-474. doi: <https://doi.org/10.1016/j.matlet.2011.11.038>
- Suarez, O. (2017). *Obtención y caracterización electroquímica y estructural de nanocompositos de copolímeros sulfonados/bismuto – estaño*. (Tesis doctoral). Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.
- Tian, Y. Q., Luo, H. Q., y Li, N. B. (2012). Stannum film electrode for square wave voltammetric determination of trace copper (II). *Journal of Solid State Electrochemistry*, 16(2), 529-533. doi: <https://doi.org/10.1007/s10008-011-1363-2>
- Xiong, C. H., Luo, H. Q., y Li, N. B. (2011). A stannum/bismuth/poly (p-aminobenzene sulfonic acid) film electrode for measurement of Cd (II) using square wave anodic stripping voltammetry. *Journal of electroanalytical chemistry*, 651(1), 19-23. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jelechem.2010.11.011>

Desarrollo de ladrillos a base de polietileno y polipropileno reciclado: Efecto del tiempo y temperatura de preparación

Development of recycled polyethylene and polypropylene bricks: Effect of preparation time and temperature

Modalidad: Póster

Ivana Orjuela¹
Miguel Paredes²
Edwing Velasco³

¹ Instituto Universitario de la Paz-UNIPAZ, Grupo de Investigación en Reingeniería, Innovación y Productividad-GREIP, Km 12 vía Bucaramanga, Barrancabermeja, Colombia. ivana_orjuela_agudelo@hotmail.com

² Instituto Universitario de la Paz-UNIPAZ, Grupo de Investigación en Ingeniería Ambiental y de Saneamiento-IAS, Km 12 vía Bucaramanga, Barrancabermeja, Colombia. miguel.paredes@unipaz.edu.co

³ Instituto Universitario de la Paz-UNIPAZ, Grupo de Investigación en Reingeniería, Innovación y Productividad-GREIP, Km 12 vía Bucaramanga, Barrancabermeja, Colombia. edwin.velasco@unipaz.edu.co

Resumen

El objetivo principal de este trabajo fue estudiar el efecto de la temperatura y tiempo de calentamiento y tipo de plástico reciclado utilizado en la elaboración de ladrillos, sobre su resistencia a la compresión, módulo de elasticidad, densidad y absorción de agua. Se utilizaron dos tipos de plástico: polipropileno y polietileno de alta densidad, y temperaturas de entre 150 y 200 °C y tiempos entre 120 y 180 min. Las características fisicoquímicas de los ladrillos se analizaron en teniendo en cuenta las normas ASTM D695, D570, D792, D635. Se determinó una temperatura de 170 °C y un tiempo de 150 min permiten obtener ladrillos compactos, sin quema del plástico o emisión de gases. Así mismo, se concluyó que los ladrillos de plástico reciclado presentan una resistencia a la compresión mayor que los ladrillos convencionales, pero menor absorción de agua y densidad, especialmente en el caso de los ladrillos de polietileno.

Palabras claves: Polietileno, polipropileno de alta densidad, resistencia mecánica.

Introducción

La masiva fabricación y el consumo elevado de plástico dejan constantemente un excesivo volumen de desechos, principalmente porque estos son utilizados para empaques de innumerables productos y se descartan al poco tiempo de adquirirse (Haghighatnejad, Mousavi, Khaleghi, Tabarsa y Yousefi, 2016). Una alternativa para mitigar los impactos ambientales causados por el desecho de materiales plásticos es su reciclaje; la finalidad de esta actividad es, por una parte, evitar una mala disposición de los residuos, y por otra, darles un valor agregado o utilidad (Rajendran, Scelsi, Hodzic, Soutis, y Al-Maadeed, 2012). Existen diversos procesos de valorización del plástico reciclado: el recobro de energía o incineración, pirolisis, hidrogenación, gasificación, despolimerización para sintetizar materiales puros que den lugar a nuevos polímeros y calentamiento-extrusión para obtención de nuevos materiales conservando la identidad del plástico reciclado. Este último, se puede resaltar entre los demás debido a que tiene el más bajo costo energético y tiempo de procesamiento. Según Luzuriaga, Ková, y Fortelný (2011), el polipropileno y el polietileno de alta densidad son plásticos que pueden ser utilizados nuevamente (después de un ciclo) sin cambiar radicalmente sus propiedades mecánicas. La meta de este trabajo es estudiar



el efecto de la temperatura y tiempo de calentamiento y tipo de plástico reciclado utilizado en la elaboración de ladrillos, sobre su resistencia a la compresión, módulo de elasticidad, densidad y absorción de agua.

Materiales y Métodos

Elaboración del ladrillo

Se utilizaron dos tipos de plástico reciclado: polietileno de alta densidad (PEADR) y polipropileno (PPR). El material reciclado fue cortado manualmente, fraccionado en una trituradora industrial y lavado con una solución acuosa de cal viva al 10 % en peso para retirar la suciedad. Finalmente se secó al sol hasta eliminar el agua libre. El plástico triturado fue vertido en moldes de acero inoxidable con dimensiones de 24 x 11,5 y 5,25 m³, e introducidos en un horno eléctrico a condiciones ambientales (aprox. 28 °C). El horno se programó para calentar hasta temperaturas de 150, 170 y 200 °C en 45 min, y luego mantenerse constante durante 120, 150 y 180 min. Transcurrido este tiempo, los moldes se retiraron del horno y se liberaron los ladrillos de plástico, los cuales se enfriaron naturalmente. Se obtuvieron ladrillos de PEADR, PPR, y una MEZCLA de estos dos plásticos en relación másica 1:1. Se utilizó como blanco de referencia un ladrillo convencional de arcilla de igual geometría, adquirido en una ferretería local en Barrancabermeja, Colombia.

Caracterizaciones

Se evaluó la resistencia a la compresión de los ladrillos de plástico reciclado de acuerdo con la norma ASTM D695, utilizando una máquina para ensayos de concreto (Modelo PC-180), compuesto por módulo de indicación, prensa hidráulica, bastidor de carga en acero 316 y plato de carga de 25 cm de diámetro. Los ladrillos fueron acomodados entre los platos de carga por el lado de mayor área y sometidos a un esfuerzo de compresión o prensado, hasta su fractura. Las velocidades de prueba fueron: pretest de 1,3 mm/s, test de 1 mm/s y post-test de 1,3 mm/s. La resistencia a la compresión se determinó como la máxima carga realizada por la prensa durante el ensayo sobre el área de contacto. La densidad de los ladrillos se determinó por desplazamiento de agua de acuerdo con la norma ASTM D792. La absorción se determinó mediante el seguimiento del peso antes y después de la inmersión de los ladrillos en agua destilada, utilizando una báscula de mesa (con capacidad máxima de 10 Kg y legibilidad de 1 g), de acuerdo con lo reportado en la norma ASTM D570.

Resultados y discusiones

Se determinó que la naturaleza del plástico tiene influencia apreciable sobre el resultado del proceso de calentamiento; el PPR requiere más tiempo y/o temperatura que el PEADR o la mezcla de ambos materiales, para alcanzar la compactación. Esto puede estar relacionado con el hecho de que la temperatura de fusión de del PPR es mayor que la del PEADR, tal como lo reporta Vásquez (2015). De acuerdo con esto, las condiciones de temperatura y tiempo de calentamiento adecuados para la preparación de los ladrillos son 170 °C y 150 min; a estas condiciones no se presenta generación de gases ni quema del material plástico.

En la Tabla 1 se presentan las propiedades de los ladrillos obtenidos a partir PPR, PEADR, MEZCLA y ARCILLA. Se observa que aquellos fabricados a partir de plástico reciclado presentan mayor resistencia a la compresión que los convencionales de arcilla; esto puede deberse a que antes de fracturarse el ladrillo de plástico sufre una importante deformación mientras que los ladrillos de arcilla no se deforman, y en efecto se fracturan más rápido, tal como lo confirma el módulo de elasticidad. Así mismo, los ladrillos de plástico presentaron menor densidad y absorción de agua que los convencionales. Por otra parte, se observa que el PEADR presentó la mayor resistencia a la compresión que el PPR y la MEZCLA, así como menor densidad y mayor absorción de agua. Los resultados mostrados en la Tabla 1 son coherentes con los reportados en la literatura para dichos materiales (Al-Tulaian, Al-Shannag, y Al-Hozaimy, 2016). Durante la prueba de

resistencia a la compresión se determinó además que los materiales plásticos se recuperan significativamente después de la deformación, mientras que los de arcilla no.

Tabla 1. Propiedades de los ladrillos obtenidos a partir de plástico reciclado y arcilla (comercial)

Material	Resistencia a la compresión (Kg/cm ²)	Módulo de elasticidad (MPa)	Densidad (Kg/L)	% Absorción de agua
PPR	213,02	857,59	0,982	0,18
PEADR	221,02	426,54	0,773	0,19
MEZCLA	215,84	537,38	0,958	0,18
ARCILLA	139,21	-	1,62	2,28

Fuente: Los autores.

Conclusiones

Las condiciones de temperatura y tiempo de calentamiento del polipropileno y polietileno de alta densidad fueron estudiadas. Los ladrillos de cualquiera de estos dos plásticos reciclados alcanzan la compactación completa sin generación de gases o quema del material a 170 °C y 150 min, utilizando un horno de calentamiento y moldes metálicos. Los ladrillos obtenidos a partir de plástico reciclado por una parte superan la resistencia mecánica de los ladrillos convencionales de arcilla, y por otra, presentan menores valores de densidad y absorción de agua.

Referencias

- ASTM International (2015). *Standard Test Method for Compressive Properties of Rigid Plastics*. (ASTM D695). West Conshohocken, PA.
- ASTM International (2013). *Standard Test Methods for Density and Specific Gravity (Relative Density) of Plastics by Displacement*. (ASTM D792). West Conshohocken, PA.
- ASTM International (2018). *Standard Test Method for Water Absorption of Plastics*. (ASTM D570-98/2018). West Conshohocken, PA.
- Al-Tulaian, B. S., Al-Shannag, M. J., y Al-Hozaimy, A. R. (2016). Recycled plastic waste fibers for reinforcing Portland cement mortar. *Construction and Building Materials*, 127, 102–110. doi: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.09.131>
- Haghighatnejad, N., Mousavi, S., Khaleghi, S., Tabarsa, A., Yousefi, S. (2016). Properties of recycled PVC aggregate concrete under different curing conditions. *Construction and Building Materials*, 126, 943–950. doi: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.09.047>
- Luzuriaga, S. E., Ková, J., y Fortelný, I. (2011). Stability of model recycled mixed plastic waste compatibilised with a cooperative compatibilisation system. *Polymer Degradation and Stability*. 96(5), 751-755. doi: <https://doi.org/10.1016/j.polyimdegradstab.2011.02.021>
- Rajendran, S., Scelsi, L., Hodzic, A., Soutis, C., y Al-Maadeed, M. (2012). Environmental impact assessment of composites containing recycled plastics. *Resources, Conservation and Recycling*, 60, 131– 139. doi: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2011.11.006>
- Vásquez, A. (2015). *Diseño del manual de normas y procedimientos administrativos de la escuela de ciencias y sistemas de la facultad de ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala*. (Tesis doctoral). Universidad de San Carlos de Guatemala, 2015. 228 p.



Evaluación nano-estructural de cristales de azúcar como mecanismo de cualificación de calidad

Nano-structural evaluation of sugar crystals as a quality qualification mechanism

Modalidad: Póster

Juan Camilo Zambrano Sánchez¹
Anthony Alexis Luna¹
Carlos Andrés Rosero²
Danilo André Revelo Vargas³

¹ Servicio Nacional de Aprendizaje SENA. Centro Surcolombiano de Logística Internacional, Tecnoacademia. Grupo de investigación, desarrollo, emprendimiento y aprendizaje. Ipiales, Nariño. Colombia. Alumno Inst, Educativa San Luis Gonzaga, Túquerres. juancamilo523@gmail.com

² Servicio Nacional de Aprendizaje SENA. Centro Surcolombiano de Logística Internacional, Tecnoacademia. Grupo de investigación, desarrollo, emprendimiento y aprendizaje. Ipiales, Nariño. Colombia. Alumno Inst, Educativa San Luis Gonzaga, Túquerres.

³ Servicio Nacional de Aprendizaje SENA. Centro Surcolombiano de Logística Internacional, Tecnoacademia. Grupo de investigación, desarrollo, emprendimiento y aprendizaje. Ipiales, Nariño. Colombia. Alumno Inst, Educativa San Luis Gonzaga, Túquerres.

⁴ Servicio Nacional de Aprendizaje SENA. Centro Surcolombiano de Logística Internacional, Tecnoacademia. Grupo de investigación, desarrollo, emprendimiento y aprendizaje. Ipiales, Nariño. Colombia. darevelo95@misena.edu.

Resumen

La evaluación de propiedades en los materiales a escala micrométrica o nanométrica ha permitido caracterizar y encontrar defectos propios que permiten medir la calidad de diferentes materiales orgánicos e inorgánicos. En este trabajo se planteó analizar la superficie de cristales de azúcar como una estructura organizada y proponer así un mecanismo de cualificación de la calidad intrínseca al proceso de su elaboración. Para esto se empleó técnicas no destructivas de microscopia óptica diferencial (DOM) y microscopia de fuerza atómica (AFM). Como resultado se encontró que la velocidad de cristalización afecta significativamente el tamaño y la estabilidad superficial del cristal de azúcar en una forma inversamente proporcional. Además, mediante el empleo de AFM se puede diferenciar y establecer mecanismos de cualificación de la calidad de los cristales analizados, tanto para definir un nivel de calidad en el proceso de cristalización, reconocer el nivel de impurezas minerales presentes y el nivel de irregularidades presentes.

Palabras claves: *Calidad estructural, cristalización, microscopia.*

Introducción

La evaluación estructural ha sido y aun es una de las técnicas físicas empleadas en la industria para poder encontrar defectos en la forma como se disponen los materiales e incluso para verificar el nivel de calidad de una estructura, objeto, e incluso empaques (Obiols *et al.*, 2017). Además, este tipo de técnica puede emplearse hasta un nivel nanométrico para poder determinar características físicamente no visibles por el ojo humano, como es el caso de evaluación a nivel industrial en herramientas (Gao, Rohani, Gong y Wang, 2017) e incluso formas de organización a nivel celular (Chen *et al.*, 2005; Zhang *et al.*, 2015; Fan y Ross, 2016; Uchihashi, Watanabe, Fukuda, Shibata, y Ando, 2016; Ozkan *et al.*, 2017). En el caso específico del azúcar, el cual es un edulcorante de origen natural, sólido, constituido en forma de cristales mediante procedimientos

industriales donde el paso crítico se centra en la cristalización de la solución de sacarosa que se concentra y posteriormente se enfría hasta que la concentración del soluto sea superior a su solubilidad a dicha temperatura, haciendo que el soluto salga de la solución formando cristales casi puros (Geankoplis, 2006). Sin embargo, la decisión de que un conjunto de cristales sea considerado como apto para comercializarse no sólo se centra en su rendimiento y pureza, sino que también entra en consideración factores como el tamaño y forma de los mismos; ya que siempre se desea que los cristales tengan tamaño uniforme, para evitar compresiones en el empaque, para facilitar la descarga, el lavado y el filtrado de los equipos empleados, para un comportamiento uniforme en su uso y un mejor precio de venta a nivel internacional; dado que algunas veces, los mercados solicitan cristales grandes aun cuando los pequeños puedan ser igualmente útiles. A pesar de esto y de que Colombia tradicionalmente es un país con historia en la producción de azúcar, los criterios para definir la calidad del azúcar cristalizada son bastante subjetivos, donde se ha optado por emplear alternativas de cualificación por colorimetría (nivel de pureza del azúcar blanco o para azúcar morena), por granulometría (para determinar el lote de producción), o raramente se emplea técnicas de análisis químico que ofrecen criterios confiables y precisos (Nagy *et al.*, 2013), pero son más costosas y destruyen las muestras analizadas causando un subproducto químico. Es en este punto donde si se toma los cristales de azúcar como una estructura organizada, se puede plantear el uso de técnicas físicas de análisis en su estructura superficial y así obtener parámetros de medición y cualificación de su calidad (Ma, Liu, y Wang, 2016); dado que un cristal de azúcar se puede definir estructuralmente como un poliedro de caras planas y vértices agudos formado por las moléculas de interés, las cuales guardan una distribución ordenada y repetitiva con ángulos entre sus planos. De esta forma el objetivo de este estudio se centró en la observación micro-estructural mediante DOM y AFM para determinar parámetros de evaluación en la calidad del azúcar, y así poder relacionar la estructura superficial con su composición y con la calidad inherente al producto cristalizado.

Materiales y Métodos

Las muestras de cristales de azúcar se seleccionaron de diferentes procedencias, tipos de azúcar (azúcar blanca y morena) y tipos de presentación existentes (empaques de 500 g y empaques de dosificación personal de 2 a 5 g). Para cada marca se seleccionaron varias muestras de diferentes empaques y partes del empaque, con el fin de evitar la variación durante el proceso de empaquetamiento. Así mismo, se generó cristales de sacarosa mediante cristalización rápida (sobresaturación y enfriamiento a temperatura constante de 8° C), como también cristalización lenta (saturación y enfriamiento a temperatura constante de 20° C) empleando un biorreactor de 5 litros liflux Lflus GX para obtener variación de las propiedades de los cristales obtenidos y diferenciar las propiedades físicas afectadas por la velocidad de cristalización (Ma *et al.*, 2016). Una vez obtenidos los cristales de azúcar, estos se removieron mediante vaciado y remoción del reactor, tal como se muestra en la figura 1. Este proceso se efectuó con el fin de obtener cristales estándares que no han sido sometidos a proceso de rozamiento por el empaque o transporte. En cuanto a la evaluación de la morfología de los cristales se optó por emplear microscopia óptica diferencial (DOM) en 10X en campo claro para observar las irregularidades en la superficie de los cristales. En este caso se empleó un Microscopio Motic BA410E acoplado a un sistema óptico de detección Moticom de 10 MegaPíxeles, iluminación de una lámpara de haluro de tungsteno de 12 a 100 voltios, con un cañón de convergencia de luz y una lente ocular. La microscopia de fuerza atómica (AFM) se realizó utilizando el microscopio NaioAFM de Nanosurf con una punta BudgetSensor ContactAI-G, con valores nominales de frecuencia de resonancia de 190 Khz y constante elástica de 0,2 N/m en modo contacto. Las mediciones fueron realizadas en un mínimo de dos de las caras de cada cristal, tomando áreas de evaluación de 1600 nm² a 2500 nm². Ambas microscopias se utilizaron para evaluar los cambios estructurales superficiales de los cristales de azúcar, sus correspondientes variaciones dependiendo de la marca de procedencia, basándose en el cambio de la conformación de las moléculas y el arreglo espacial propio de cada azúcar, para de esta forma definir la técnica y los parámetros de observación más adecuados para poder establecer un método de cualificación de la calidad en base a la estructura de cada muestra.

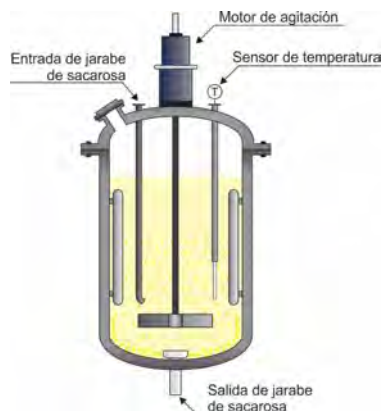


Figura 1. Modelo de cristalización lenta empleado a temperatura controlada mediante sistema de baches.
Fuente: Los autores.

Resultados y discusiones

Las muestras observadas mediante microscopía óptica diferencial revelaron que no existen variaciones visibles notorias para lograr la discriminación entre procedencias o métodos de elaboración, debido a que en la totalidad de las muestras la composición química es de sacarosa; motivo por el cual la relación de la luz en cada muestra es igual, tal como se observa en la figura 2. Así mismo, se observa en la mayoría de las muestras analizadas existe un grado de porosidad bajo debido al proceso de absorción de humedad o fracturas por rozamiento entre cristales, factores que no pueden ser considerados como parámetros de discriminación o cualificación de la calidad. En cuanto a la relación de tamaño, se logró identificar que esta es dependiente de la estabilidad o la velocidad de conformación de los cristales, donde cristales de tamaño mediano a grande (± 2.2 mm) mostraron características definidas de poliedros al presentar caras planas y vértices agudos (Figura 2A), lo cual incentiva al crecimiento ordenado de los cristales y un mayor tamaño final (Geankoplis, 2006; Velazquez, Bolaños-Reynoso, Rodriguez, y Alvarez-Ramirez, 2010). En el caso de cristales comerciales de menor tamaño (Figura 2B) se observó que existen conformaciones de mayor irregularidad, lo cual incide en el arreglo molecular de la sacarosa y el consecuente tamaño del cristal.

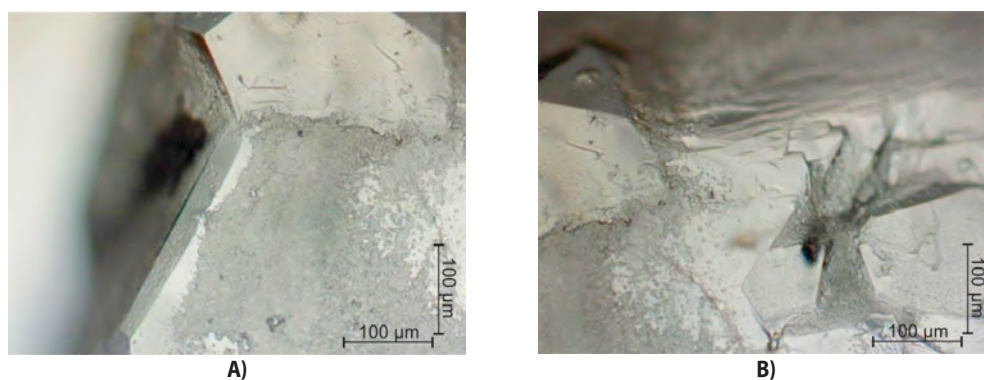


Figura 2. Análisis estructural mediante microscopía óptica diferencia en 10X de muestras de azúcar. **A)** Azúcar cristalizada en el laboratorio a velocidad lenta, **B)** Muestra de azúcar comercial.

Fuente: Los autores.

En el caso del análisis por microscopía de fuerza atómica (AFM) se encontró que existen variaciones estructurales entre las muestras analizadas. Específicamente en el caso de las muestras analizadas de la primera procedencia se encontraron diferencias estructurales, las cuales pueden ser observadas una vez las estructuras de los polisacáridos ya están fijas (Fishman y Cooke, 2009). En las muestras de cristales de azúcar de la primera procedencia (Figura 3A) se encontraron variaciones estructurales a un menor tamaño de cristales y se observó mayor número de irregularidades en su conformación; mientras que las muestras de la segunda procedencia (Figura 3B, y Figura 3C), presentaron cristales de mayor tamaño con

menor variación en la conformación estructural superficial, siendo las muestras de las muestras de la tercer procedencia, las muestras que obtuvieron un mayor tamaño de cristal en promedio (1.4 mm), en forma conjunta a un menor número de irregularidades superficiales). Por lo cual, el tamaño del cristal está relacionado de forma directa con su calidad estructural, siendo inversamente proporcional al grado de irregularidad en la superficie estructural del cristal.

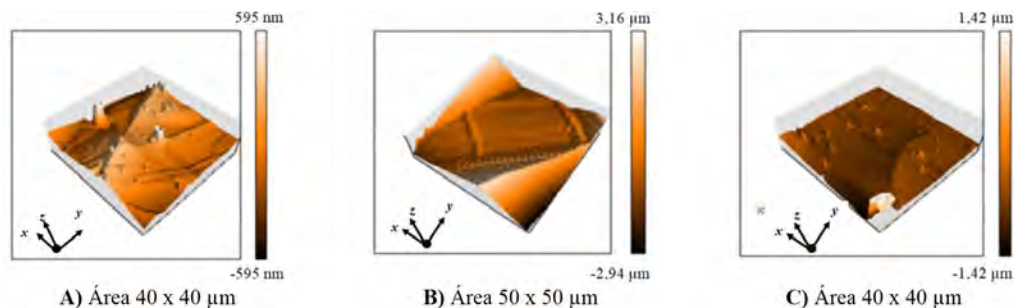


Figura 3. Análisis estructural mediante microscopía de fuerza atómica de muestras de azúcar blanca de empaques de 500 g de diferentes procedencias. A) Procedencia 1, B) Procedencia 2, C) Procedencia 3.

Fuente: Los autores.

En las muestras de azúcar morena, a diferencia de las otras, se observó un tamaño de cristal mucho mayor, aun con la presencia de irregularidades superficiales notorias, sin embargo, la alta concentración de partículas fue indicativo de la carga mineral procedente de la caña, causantes del color y sabor característico de este tipo de azúcar. Los minerales se adhieren a la superficie del cristal a manera de impurezas, los cuales no afectaron en la continuidad de la formación de los cristales, mostrando que la presencia de este tipo de minerales no afecta el proceso de cristalización que ocurría alrededor de ellos, tal como se logra observar en la figura 4.

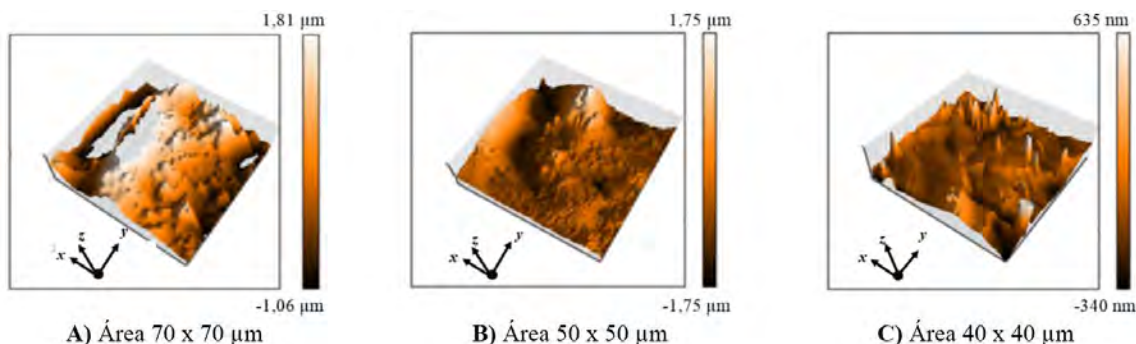


Fig. 4. Análisis estructural mediante microscopía de fuerza atómica de muestras de azúcar morena de empaques de 500 g procedente de diferentes procedencias. A) Procedencia 1, B) Procedencia 2, C) Procedencia 3.

Fuente: Los autores.

Para el caso de los cristales de azúcar en presentaciones de sobres personales o “sachet” de 2 a 5 g de contenido se observó cristales de menor diámetro de partícula (0,65 mm a 0,94 mm) y altas variaciones estructurales en la superficie de los cristales como se ilustra en la figura 5. Particularmente en las muestras de la primera procedencia se encontró una menor variación de la superficie de los cristales respecto a los empaques de mayor contenido, razón por lo cual se puede afirmar que durante el proceso de empaque no existe separación de los cristales según el tipo de presentación. Sin embargo, en las muestras de la segunda procedencia (Figura 5B) y tercera procedencia (Figura 5C) se encontró una clara alteración de la superficie de las muestras, con altas variaciones estructurales e irregularidades en la conformación de los cristales, motivo por el cual se puede asegurar que estas marcas si fraccionan el contenido de cristales de azúcar de menor tamaño y regularidad dirigidos a los sobres de menor contenido o de uso personal.

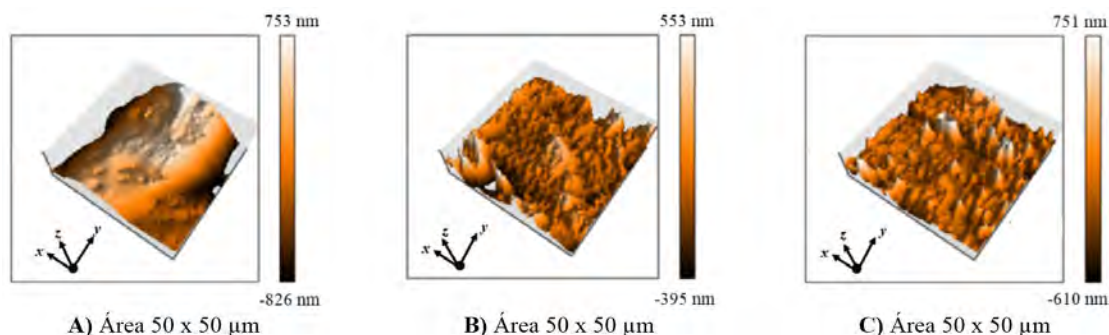


Figura 5. Análisis estructural mediante microscopia de fuerza atómica de muestras de azúcar blanca de empaques de 5 g procedente de diferentes procedencias. A) Procedencia 1, B) Procedencia 2, C) Procedencia 3.

Fuente: Los autores.

En cuanto al nivel de estabilidad estructural que presentaron las muestras de azúcar, se observó que la velocidad de cristalización define la estabilidad de la estructura cristalina. Entre más lento es el proceso de cristalización, la estructura conforma capas más uniformes y estables, mostrando una menor separación entre los muestreos realizados por el equipo para una misma capa, como se muestra en la figura 6. Muestras de azúcar procesadas mediante cristalización rápida mostraron un comportamiento de separación más pronunciado entre capas como se muestra en la figura 6B concordante con la mayoría de las muestras de las marcas evaluadas en este estudio; lo cual representa que la inestabilidad estructural de los cristales y su consecuente tamaño puede ocasionarse a acelerada formación de los cristales durante su formación.

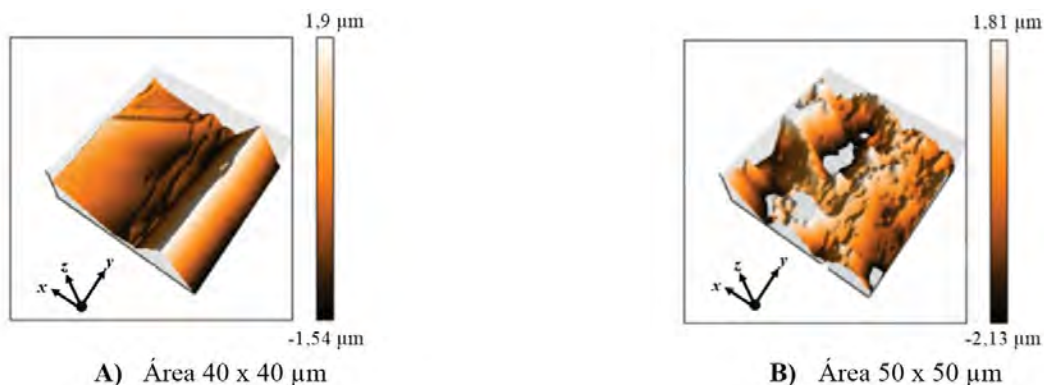


Figura 6. Representación tridimensional de la estructura de cristal de azúcar conformado mediante cristalización: A) lenta, B) Rápida.

Fuente: Los autores.

Conclusiones

El análisis por DOM no ofreció parámetros claros para evaluar el nivel de calidad del azúcar en relación a su conformación o proceso de elaboración. Sin embargo, el análisis mediante AFM mostró que la velocidad de cristalización es decisiva en la calidad y el tamaño del cristal a obtener. A medida que se reduce la velocidad de cristalización se incrementa la calidad y el tamaño del cristal a obtener; sin embargo, esto afecta de forma directa el tiempo de proceso a nivel industrial. Además, las presentaciones de azúcar en empaques de 500 g mostraron una menor cantidad de irregularidades superficiales, en relación a presentaciones de azúcar personales, demostrando que existe una relación inversa no solo entre el tamaño del cristal y su estructura superficial, sino también con la calidad que se dispone para estas presentaciones. Mientras que en el caso de las presentaciones de azúcar morena se logró observar que existió mayor cantidad de incrustaciones minerales en la superficie y dentro de los cristales, sin embargo, este fenómeno no alteró el proceso de ordenamiento de las capas de sacarosa y por ende el tamaño final del cristal de azúcar.

Agradecimientos

Los autores agradecen el financiamiento aportado por SENNOVA y el Centro sur colombiano de Logística internacional del Sena Ipiales en la financiación del proyecto ejecutado SGPS-4121-2018.

Referencias

- Chen, Y., Cai, J., Zhao, T., Wang, C., Dong, S., Luo, S., y Chen, ZW (2005). Atomic force microscopy imaging and 3-D reconstructions of serial thin sections of a single cell and its interior structures. *Ultramicroscopy*, 103(3), 173-182. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ultramic.2004.11.019>
- Fan, F., y Roos, Y. H. (2016). Crystallization and structural relaxation times in structural strength analysis of amorphous sugar/whey protein systems. *Food hydrocolloids*, 60, 85-97. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2016.03.019>
- Fishman, M. L., y Cooke, P. H. (2009). The structure of high-methoxyl sugar acid gels of citrus pectin as determined by AFM. *Carbohydrate research*, 344(14), 1792-1797. doi: <https://doi.org/10.1016/j.carres.2008.09.031>
- Gao, Z., Rohani, S., Gong, J., y Wang, J. (2017). Recent Developments in the Crystallization Process: Toward the Pharmaceutical Industry. *Engineering*, 3(3), 343-353. doi: <https://doi.org/10.1016/j.eng.2017.03.022>
- Geankoplis, C. J. (2006). Procesos de transporte y principios de procesos de separación. 4a. edición, México, Grupo Patria Cultural, 62-64.
- Ma, C. Y., Liu, J. J., y Wang, X. Z. (2016). Measurement, modelling, and closed-loop control of crystal shape distribution: Literature review and future perspectives. *Particuology*, 26, 1-18. doi: <https://doi.org/10.1016/j.partic.2015.09.014>
- Nagy, Z. K., Fevotte, G., Kramer, H., & Simon, L. L. (2013). Recent advances in the monitoring, modelling and control of crystallization systems. *Chemical Engineering Research and Design*, 91(10), 1903-1922. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cherd.2013.07.018>
- Obiols R., M., Oncins, G., Sanz, F., Tadros, T. F., Solans, C., Levecke, B., Esquena, J. (2017). Investigation of the elastic and adhesion properties of adsorbed hydrophobically modified inulin films on latex particles using Atomic Force Microscopy (AFM). *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 524, 185-192. doi: <https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2017.04.048>
- Ozkan, A. D., Topal, A. E., Dikecoglu, F. B., Guler, M. O., Dana, A., y Tekinay, A. B. (2017). Probe microscopy methods and applications in imaging of biological materials. *Seminars in cell & developmental biology*. Academic Press.
- Uchihashi, T., Watanabe, H., Fukuda, S., Shibata, M., y Ando, T. (2016). Functional extension of high-speed AFM for wider biological applications. *Ultramicroscopy*, 160, 182-196. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ultramic.2015.10.017>
- Velazquez, C. O., Bolaños-Reynoso, E., Rodriguez, E., y Alvarez-Ramirez, J. (2010). Characterization of cane sugar crystallization using image fractal analysis. *Journal of food engineering*, 100(1), 77-84. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2010.03.030>
- Zhang, R., Ma, C. Y., Liu, J. J., y Wang, X. Z. (2015). On-line measurement of the real size and shape of crystals in stirred tank crystalliser using non-invasive stereo vision imaging. *Chemical Engineering Science*, 137, 9-21. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ces.2015.05.053>



Mejoramiento de las propiedades mecánicas de un bioplástico a base de almidón mediante la adición de TiO_2

Improvement of the mechanical properties of a bioplastic based on starch by the addition of TiO_2

Modalidad: Póster

Lina Herrera¹
Leidy Carreño²
Edwing Velasco³

¹ Instituto Universitario de la Paz-UNIPAZ, Grupo de Investigación GIADAI, Km 12 vía Bucaramanga, Barrancabermeja, Colombia. linah2130@gmail.com

² Instituto Universitario de la Paz-UNIPAZ, Grupo de Investigación GIADAI, Km 12 vía Bucaramanga, Barrancabermeja, Colombia. leydi.carreno@unipaz.edu.co

³ Instituto Universitario de la Paz-UNIPAZ, Grupo de Investigación GREIP, Km 12 vía Bucaramanga, Barrancabermeja, Colombia. edwin.velasco@unipaz.edu.co

Resumen

La meta de este trabajo fue el mejoramiento de las propiedades mecánicas de un bioplástico a base de almidón mediante la adición de dióxido de titanio (TiO_2). Los materiales se sintetizaron por mezclado con glicerol y agua a 70 °C bajo condiciones de agitación constante, y se moldearon naturalmente en cajas Petri hasta obtener láminas. La caracterización se realizó por análisis de perfil de textura para determinar sus propiedades mecánicas, espectroscopía infrarroja para determinar sus grupos funcionales y absorción de agua para evaluar su permeabilidad. Se determinó que el uso de TiO_2 mejora la resistencia mecánica y el módulo de elasticidad en un 30 y 17 %, respectivamente, y disminuye su capacidad de absorción de agua en un 40 %. Esta modificación en el comportamiento puede estar relacionada con la naturaleza hidrofóbica del TiO_2 .

Palabras claves: biopolímeros, polisacáridos, resistencia mecánica, absorción de agua.

Introducción

Los bioplásticos son matrices poliméricas que pueden poseer las mismas características de resistencia mecánica, inerticidad y permeabilidad que los plásticos, pero además tienen la capacidad de degradarse rápidamente, evitando así su acumulación. Estos pueden ser sintetizados a partir de diferentes sustratos como proteínas (colágeno, queratina, gelatina, gluten de maíz o de trigo, proteínas de leche o de soya), polisacáridos (almidón, derivados de celulosa, quitosano, alginatos, carragenatos y pectinas) y lípidos (ceras, ácidos grasos y monoglicéridos) (Pathak, Sneha, y Mathew, 2014). Dependiendo del sustrato se pueden obtener diferentes propiedades plásticas o elásticas, no obstante, existe un acentuado interés en la comunidad científica por el uso de polisacáridos como el almidón, ya que su biodisponibilidad es considerablemente superior a la de sus homólogos, y por tanto su accesibilidad. Se ha reportado que las películas a base de almidón exhiben propiedades físicas similares a las películas de polímeros sintéticos; son transparentes, no tienen olor ni sabor, son semipermeables al dióxido de carbono y resistentes a la transmisión de oxígeno. Además, son biodegradables, con una buena disponibilidad y bajo costo (Lucas *et al.*, 2008). No obstante, en la actualidad, las propiedades físicas de los bioplásticos no satisfacen los requerimientos de la industria. Por esta razón, el sector agroindustrial dedicado al desarrollo de nuevos materiales para

empaques se ha enfocado en la búsqueda de aditivos que permitan mejorar las propiedades mecánicas. En este sentido, el objetivo de este trabajo es estudiar el efecto de la adición de TiO_2 sobre las propiedades mecánicas e hidrofobicidad de un bioplástico a base de almidón, para su potencial uso en el área de empaques en el sector agroalimentario.

Materiales y Métodos

Síntesis de biopolímeros

Inicialmente se realizó una mezcla de 10 g de almidón comercial (Laboratorios León), 5 g de glicerol (Merck), 85 mL de agua destilada y 3 g de TiO_2 (P25-Evonik) en un vaso precipitado de 250 mL. Esta mezcla se calentó hasta su gelatinización (80°C por 60 min) bajo condiciones de agitación constante (200 rpm) utilizando una plancha de calentamiento y agitación (Thermo). Luego, al gel resultante se vertió en cajas Petri de vidrio de 10 cm de diámetro y luego se secó a 70°C durante 4 h utilizando un horno de secado por convección forzada (Binder). Finalmente, las muestras de biopolímero se almacenaron en un desecador. El anterior procedimiento fue adaptado del reportado por Guevara, Velasco, y Rincón (2017).

Caracterizaciones

La absorción de agua será calculada como la diferencia en el peso de las muestras poliméricas antes y después de ser remojadas en agua. Las propiedades mecánicas de las muestras poliméricas se determinaron mediante pruebas de tensión hasta el rompimiento utilizando un analizador de textura TA-TX Plus, Stable Micro Systems, dotado con una celda de carga de 5 kg. Para esto, muestras poliméricas de 1×10 cm se elongaron a lo largo con velocidades pre-test de 2 mm/s, test de 1 mm/s y post-test de 5 mm/s. El esfuerzo se determinó como la fuerza de tensión dividida en el área transversal de las muestras de polímero. La elongación se determinó como la deformación dividida en la longitud inicial de la muestra. Las muestras poliméricas fueron analizadas por espectroscopía infrarrojo (FTIR) utilizando un espectrómetro Shimadzu. Para la prueba, una muestra de $1\text{cm} \times 1\text{cm}$ se fue atravesada por el haz de luz IR. Los datos fueron analizados con el software IR-Affinity.

Resultados y discusiones

En el análisis FTIR (Figura 1a) se observa una gran banda entre 400 y 900 cm^{-1} que puede estar asociada con la presencia de TiO_2 y una región de pequeños picos entre 900 y 1500 cm^{-1} los cuales son característicos de los polisacáridos y proceden de las deformaciones de tensión del C–O–C y a flexión del OH, ya que la estructura del almidón presenta interacciones C–O con diferente ambiente químico (C–O–C, CH_2OH y COH). Adicionalmente, en el espectro se encuentra un pico a 2380 cm^{-1} correspondiente CO_2 adsorbido y una banda entre 3000 y 3400 cm^{-1} relacionados con las vibraciones del grupo OH provenientes de grupos alcohol o agua adsorbida. Todos los picos observados están asociados tanto al aditivo como a están la estructura de la amilosa y amilopectina. En la Figura 1b se presenta el análisis de textura de los materiales poliméricos. Se observa que el perfil generado en todos los casos presenta una forma creciente correspondiente al estiramiento del material polimérico y un decrecimiento abrupto atribuido a la ruptura de las muestras; de acuerdo con Ashok, Abhijith, y Rejeesh (2018), este comportamiento se atribuye a materiales plásticos. Se observa que la incorporación de TiO_2 en la matriz polimérica de almidón mejora su resistencia a la tensión y su capacidad de elongación o deformación. Estos resultados son similares a los reportados por Oleyaei, Zahedi, Ghanbarzadeh, y Moayed (2016). De acuerdo con estos autores el incremento en la resistencia de los materiales puede ser debido al mejoramiento de las interacciones al interior de la red polimérica mediante el establecimiento de enlaces covalentes y puentes de hidrógeno entre el TiO_2 y las moléculas de almidón.

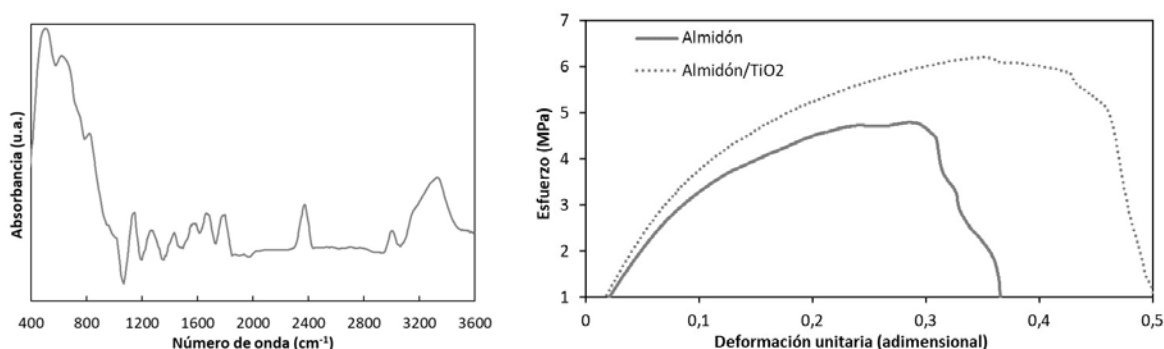


Figura. 1. Análisis (a) FTIR del bioplástico a base de almidón y TiO_2 y (b) esfuerzo de tensión de las muestras de bioplástico a partir de almidón únicamente y de la mezcla de almidón y TiO_2

Fuente: Los autores

En la Tabla 1 se presenta la comparación de la resistencia mecánica y absorción de agua de los polímeros obtenidos en este trabajo frente a otros reportados. Se observa que la adición de TiO_2 mejora la resistencia mecánica de los materiales a base de almidón, tanto de este como otros trabajos. Las comparaciones presentadas en la Tabla 1 dejan entrever la cercanía que existe entre las propiedades mecánicas de los bioplásticos (especialmente los obtenidos en este trabajo) y los plásticos sintéticos convencionales. Si estos resultados se extrapolan al sector industrial, tal evidencia adquiere un carácter más valioso puesto que los bioplásticos son de origen natural, renovables y cero contaminantes, en efecto, el costo ambiental y energético de su procesamiento disminuyen dramáticamente

Tabla 1. Comparación de propiedades mecánicas de materiales bioplásticos y plásticos.

Material	Esfuerzo de tensión (Mpa)	Absorción de agua (%)	FUENTE
Almidón	4,79	46	Este trabajo
Almidón/ TiO_2	6,19	26	Este trabajo
Bioplástico de almidón	4,42	14,9	(Ghanbarzadeh, Almasi, y Oleyaei, 2014)
Bioplástico de almidón	2,66	28,08	(Oleyaei <i>et al.</i> , 2016)
Polipropileno	37,3	-	(Ashok <i>et al.</i> , 2018)
PTFE	18,7	<0,01	(Ashok <i>et al.</i> , 2018)
PVC (Polivinilcloruro)	51,7	0,06	(Ashok <i>et al.</i> , 2018)

Fuente: Los autores

Conclusiones

Una ruta económica y sencilla para la obtención de materiales bioplásticos a partir de almidón, es mediante su polimerización en presencia de glicerol y agua. En este trabajo se demostró que el uso de TiO_2 como aditivos durante la polimerización mejora tanto la resistencia mecánica (30 %) como la permeabilidad del material (43 %). Estas modificaciones en el comportamiento de los bioplásticos son atribuibles al mejoramiento en la reticulación de la matriz polimérica debido a la formación de uniones o entrecruzamientos entre los aditivos y las cadenas de almidón. Los bioplásticos desarrollados en este y otros trabajos en comparación con los plásticos convencionales a base de petróleo exhiben una relación de resistencia mecánica aproximada de 1 a 10, lo que pone a los materiales basados en biomasa muy cerca de los requerimientos mecánicos del sector industrial productor de plástico.

Referencias

- Ashok, A., Abhijith, R. y Rejeesh, C.R. (2018). Material characterization of starch derived bio degradable plastics and its mechanical property estimation. *Materials Today: Proceedings*, 5(1), 2163–2170. doi: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2017.09.214>
- Ghanbarzadeh, B., Almasi, H. y Oleyaei S. (2014). A Novel Modified Starch/Carboxymethyl Cellulose/Montmorillonite Bionanocomposite Film: Structural and Physical Properties. *International Journal of Food Engineering*, 10(1), 121–130.
- Guevara, C., Velasco, E. y Rincón J. (2017). Síntesis de bioplásticos a partir de almidón de yuca y ñame como alternativa a los plásticos comunes. *III Simposio de materiales poliméricos*. Servicio Nacional de Aprendizaje SENA (3: 30 agosto-1 septiembre, 2017: Cali, Colombia). Cali: p. 129-131.
- Lucas, N., Bienaime, C., Belloy, C., Queneudec, M., Silvestre, F., y Nava-Saucedo, J. E. (2008). Polymer biodegradation: mechanisms and estimation techniques – a review. *Chemosphere*, 73(4), 429–442. doi: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2008.06.064>
- Oleyaei, S. A., Zahedi, Y., Ghanbarzadeh, B., y Moayedi, A. A. (2016). Modification of physicochemical and thermal properties of starch films by incorporation of TiO₂ nanoparticles. *International Journal of Biological Macromolecules*, 89, 256-264. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2016.04.078>
- Pathak, S., Sneha, C.L.R. & Mathew, B.B. (2014). Bioplastics: its timeline-based scenario & challenges. *Journal of Polymer and Biopolymer Physics Chemistry*, 2(4), 84–90.



Elaboración de bloques de concreto con agregados plásticos reciclados

Development of concrete blocks with recycled plastic aggregates

Modalidad: Póster

María Bernarda Alvarado Bawab¹
Shirly Vega²
Jorge Marín³

¹ Institución Universitaria ITSA, grupo de investigación en Procesos Industriales y Energías Renovables, Cra. 45 No 48 - 31, Barranquilla, Colombia. mbalvarado@itsa.edu.co

² Institución Universitaria ITSA, grupo de investigación en Procesos Industriales y Energías Renovables, Cra. 45 No 48 - 31, Barranquilla, Colombia.

³ Institución Universitaria ITSA, grupo de investigación en Procesos Industriales y Energías Renovables, Cra. 45 No 48 - 31, Barranquilla, Colombia.

Resumen

Este proyecto evalúa la resistencia a la compresión de bloques de concreto al sustituir arena por plásticos reciclados mecánicamente en la fabricación de bloques de concreto de acuerdo a la 4026. Se construyeron bloques con agregados de Polipropileno - PP, polietileno de alta densidad - PEAD, polietileno de baja densidad - PEBD y polvillo que es un residuo de la industria de reciclaje. La máxima proporción de agregación en el PEAD es del 16%, PEBD es del 8%, del PP es del 20% y del polvillo es del 12%. Se encontró que solo el PP y el PEBD agregado en un 5% supera el fraguado a los 28 días. Además, la resistencia a la compresión solo alcanza los $2 \pm 0,3$ MPa.

Palabras claves: Bloques, Plástico reciclado, Polietileno de alta densidad, Polietileno de baja densidad, Polipropileno.

Introducción

El empleo de bloques de concreto con agregados plásticos en obras de ingeniería en países desarrollados ha alcanzado una importante expansión tanto en calidad como en la variedad de usos que ofrece. En Colombia, las investigaciones se basan en la utilización del polietileno (PE), Tereftalato de polietileno (PET), cloruro de polivinilo (PVC), para la construcción de bloques ya son los más empleados en la industria ya que su agregación modifica ciertas propiedades físicas y mecánicas como peso en las estructuras fabricadas (García, Bracho, y López, 2017), aumento en la resistencia a la compresión y proporcionar aislamiento térmico y acústico. De acuerdo a los estudios previos realizados, se construyó la tabla 1.

Tabla 1. Resistencia a la compresión de bloques con agregados plásticos.

Material	Forma	% agregado	Resistencia a la compresión	Autor
PP	Fibras		Incremento del 67%	(Acosta, y L. Benitez, 2014)
PET	Escama	12,5, 25 y 37,5%	con 12,5% 3,46 MPa	(Caballero y Florez, 2016)
	Escama	27%	2 MPa	(García <i>et al.</i> , 2017)
	2 mm	40 - 20%	1,45 - 2,18 MPa	(Giraldo y Prieto, 2015)
	5 mm		<3,71 MPa	

Fuente: Los autores

La tabla anterior evidencia que aun cuando es posible elaborar los bloques huecos de concreto estos no alcanzan la resistencia a la compresión de 7 MPa requerida por la norma NTC 4026. Con base en los hallazgos previos, este proyecto busca evaluar la resistencia a la compresión de bloques de concreto con agregados de plástico reciclado de PP, PEAD, PEBD y un polvillo residuo del reciclaje en la industria.

Materiales y Métodos

Para el desarrollo del proyecto, se construyó un diseño de experimentos de comparación simple empleando 4 diferentes materiales en dos proporciones diferentes (12 y 20%) satisfactoria en otros estudios reportados (Garcia *et al.*, 2017), para el desarrollo de las corridas experimentales se empleó cemento gris marca comercial, arena del municipio de Juan De Acosta – Atlántico, agua, Polipropileno, Polietileno de Alta Densidad, Polietileno de Baja Densidad y Polvillo con distribuciones de tamaño entre 2 y 5 mm. Las pruebas se realizaron en una empresa fabricante de bloques del municipio de Juan de Acosta siguiendo sus protocolos de procesamiento.

El procedimiento consiste en realizar la operación de pesado y mezclado de cada uno de los componentes para luego introducir y compactar en la maquina vibro compactadora limpia y seca previamente, posteriormente desmoldar los bloques y ubicar al sol. Las pruebas de resistencia se realizaron de acuerdo a la norma NTC 4024 en un laboratorio certificado a los 28 días de elaboración.

Resultados y discusiones

Durante la realización de los bloques se vio la necesidad de hacer reproceso debido a fallas en el desmolde, los bloques elaborados fueron de volumen de 390x180x140 mm³ siendo el espesor de cada una de las paredes de 25 mm. Los resultados obtenidos de ensayos a compresión de los especímenes, se presentan en la tabla 2.

Tabla 2. Resultados de ensayos a compresión en bloques de concreto con agregados plásticos

Plástico	% agregado	No. Reprocesos	Densidad (kg/m ³)	Resistencia (MPa)
PEAD Escama	20	2	N/A	N/A
	16	2	N/A	N/A
	12	2	1571	N/A
PEBD (Amorfa)	20	3	N/A	N/A
	16	3	N/A	N/A
	8	1	N/A	N/A
	5	1	1863	2,3
PP (Esférica)	20	1	1625	2,24
	12	1	1778	1,98
Polvillo (polvo)	25	1	N/A	N/A
	12	1	N/A	N/A

Fuente: Los autores



Se encontró que los bloques realizados con PEAD (Escama) y el polvillo no sobrepasaron la etapa de curado, presentando fractura estructural por lo cual no fue posible medir la resistencia a la compresión. Aunque fue posible realizar bloques de concreto con agregados plásticos reciclado, es necesario seguir explorando las variables de geometría, tamaño de los pellets y la cantidad agregada con miras a alcanzar la resistencia estándar de 7 MPa (NTC 4026) para cada uno de los tipos de plástico. La resistencia a la compresión para los tres tipos de bloques satisfactorios presentó valores iguales de $2\pm 0,3$ MPa.

Hay una tendencia a que las pruebas que tuvieron éxito al pasar una sola vez por la vibro-compactadora, lograron superar la etapa de curado. Como sucedió con el PP a 20 y 12% y, el PEDB a 5%.

La temperatura, la exposición a los rayos del sol, el viento y la humedad relativa son factores externos que se deben tener en cuenta, ya que pueden afectar la resistencia del concreto (Caballero y Florez., 2016).

Conclusiones

Con la ejecución de este proyecto se concluyó que, si es posible realizar bloques de concreto con agregados plásticos reciclado. La máxima resistencia a la compresión alcanzada fue $2\pm 0,3$ MPa, se encontró que para el PP si es posible realizar bloques entre 20 y 12% de agregado, para el PEDB solo es posible con agregados de 5% y para el polvillo y PEAD no es posible realizar bloques agregando entre 20 y 12%. La forma y granulometría en la que se encuentra el plástico reciclado puede ser un ruido no controlado en los experimentos, esto influye en la cantidad que se agrega en el bloque a fabricar y debe ser estudiado en trabajos futuros.

Referencias

- Acosta, L. y Benitez, J. (2014). *Analisis Co MParativo de La Resistencia a Compresion de Los Bloques Huecos de Concreto Con Anime*. (Tesis doctoral). Universidad de Nueva Esparta. Recuperado de [https://es.scribd.com/document/343178482/Analisis-Co MParativo-de-La-Resistencia-a-Compresion-de-Los-Bloques-Huecos-de-Concreto-Con-Anime](https://es.scribd.com/document/343178482/Analisis-Co-MParativo-de-La-Resistencia-a-Compresion-de-Los-Bloques-Huecos-de-Concreto-Con-Anime)
- Caballero, B., Florez, O., y Alvarez, J. (2017). *Elaboración de bloques en cemento reutilizando el plástico polietileno tereftalato (PET) como alternativa sostenible para la construcción*. (Tesis doctoral). Universidad de Cartagena, Colombia. Recuperado de: <http://190.242.62.234:8080/jspui/handle/11227/4404>
- Garcia, S., Bracho, N., y López, W. (2017, May). Estudio del efecto de la adición de residuos plásticos en la fabricación de bloques huecos de concreto. *Revista Latinoamericana de Metalurgia y Materiales*, S7, 55–59.
- Giraldo, M., y Prieto, O. (2015). *Determinación de las propiedades mecánicas de una unidad de mampostería en bloque, elaborado en mortero según la norma NTC 4024 combinado con PET triturado*. (Informe Técnico de trabajo de grado). Universidad Militar Nueva Granada, Colombia. Recuperado de: <https://repository.unimilitar.edu.co/handle/10654/16846>

Desarrollo de una dispersión polimérica acrílica estirenada elatomérica

Development of concrete blocks with recycled plastic aggregates

Modalidad: Comunicación oral

Alejandro Lozano Bohorquez¹
Camilo Augusto Ramírez López²
Cristian Camilo Villa³
Gustavo Correa⁴

¹ GLOBAL LATICES SAS, Grupo de Investigación en Polímeros y Pinturas. Zona Franca del Quindío. Armenia Quindío, Colombia.

² GLOBAL LATICES SAS, Grupo de Investigación en Polímeros y Pinturas, Director Técnico. Zona Franca del Quindío. Armenia Quindío, Colombia.

³ UNIVERSIDAD DEL QUINDÍO. Carrera 15 Calle 12 Norte. Armenia Quindío, Colombia.

⁴ AQUATERRA SAS, Gerente de Negocios. Bogotá Colombia.

Resumen

En este trabajo se desarrolló una dispersión polimérica acrílica estirenada con propiedades elastoméricas, obtenidos por polimerización en emulsión semicontinua, usando monómeros acrílicos como 2-etilhexil acrilato, Butil acrilato, metil metacrilato y estireno, con el objetivo de evaluar las propiedades fisicoquímicas y mecánicas del copolímero obtenido, al modificar concentraciones de iniciador, monómeros reticulantes y temperaturas de transición vítrea. Se encontró, que las dispersiones elaboradas con Tg de Fox de -4 °C, presenta los mejores resultados fisicoquímicos y de comportamiento elastomérico en los ensayos de tensión-deformación, especialmente para la muestra 11, obtenida a una concentración de iniciador del 0.3% y monómeros entrecruzantes del 1%, el cual deja abierta la posibilidad de ser una matriz ligante para la fabricación de masillas Joint Compound.

Palabras claves: Estireno acrílico elastomérico, Polimerización en emulsión.

Introducción

Las dispersiones para recubrimientos elastoméricas tienen actualmente un mercado amplio e importante, ya que, dadas sus características las hacen de gran interés en el acabado y la rehabilitación de fachadas deterioradas, debido a que tienen la facilidad de absorber parte del movimiento de la pared sin que en esta se generen grietas que dañen la estética de la misma, así como, evite la entrada de agua y el deterioro final del acabado. Dentro del abanico de familias de productos fabricados, las emulsiones acrílicas estirenadas es uno de los mercados más amplios e importante, debido a que son la base para la formulación de pinturas y otros tipos de recubrimientos. Estos productos gozan de alta aceptación en el mercado, pero se quedan cortos en cuanto a oferta de prestaciones establecidas para diferentes usuarios y aplicaciones, por lo que es de gran importancia para el mercado, el desarrollo de productos acrílicos estirenados elastoméricos, ajustados a las necesidades y condiciones de uso del cliente y el usuario final.

En el mercado colombiano existen algunos productos con características elastoméricas, pero estos productos principalmente se han basado en formulaciones de muy baja Tg y no estructurados como elastómero real, en el sentido de contar con eslabones en las cadenas poliméricas que generen una estructura de un retículo. Lo que deriva en un mayor grado de fluencia y en la necesidad de hacer mezclas con otras dispersiones poliméricas de mayor Tg, para lograr una baja tactocidad modulando también la elongación y elasticidad principalmente debido a efectos de gel. En respuesta a lo anterior, el presente trabajo tuvo como objetivo desarrollar una dispersión acrílica estirenada elastomérica, modulando sus



prestaciones en función de su formulación, así como de las condiciones finales de uso, basado en el know-How desarrollado por Global Latex SAS.

Materiales y Métodos

Copolimerización de la dispersión acrílica estirenada

Para dar inicio a una etapa de semillado, en un reactor de polimerización de 2 L, se agregó una mezcla de surfactante no iónico y aniónico, persulfato de sodio y antiespumante, los cuales se agitaron a 250 rpm y a 82 °C, luego, se adicionó el 7% de una pre-emulsión de monómeros como estireno, 2-etil hexil acrilato, Butil acrilato, ácido metacrílico entre otros. Una vez alcanzada la temperatura, se terminó de agregar en paralelo el resto de la pre-emulsión y persulfato de sodio durante un tiempo de 4 horas. Pasado el tiempo de dosificación, se mantuvo agitación por 20 min más a 80 °C agregando en paralelo persulfato de sodio y metabisulfito de sodio y posteriormente se realizó un ajuste de pH con amoníaco y se adicionó biocida, para finalmente dejar enfriar la dispersión.

Caracterización

Las dispersiones fueron caracterizadas mediante ensayos de estabilidad globular, tamaño de partícula, porcentaje de sólidos totales, viscosidad, porcentaje de absorción de agua y adhesión a sustratos. Además, mediante DSC se determinaron las temperaturas de transición vítrea, así como también, se evaluó el comportamiento mecánico mediante ensayos de tensión deformación en un equipo universal de ensayos.

Diseño experimental

Se desarrollaron dispersiones con temperaturas de transición vítrea teóricas de -30, -10 y -4 °C, usando concentraciones de persulfato de sodio (SPS) de 0,3% y 0,6% en peso respecto a monómero, con una mezcla de monómeros acrílicos como entrecruzantes a concentraciones de 0,5% y 1% en peso respectivamente. Donde el tratamiento estadístico de los resultados fue realizado mediante un análisis multifactorial y de regresión

Resultados y discusiones

Cuando las dispersiones poliméricas no tienen la suficiente estabilidad coloidal, esto se refleja en diferentes aspectos tanto en el proceso de fabricación de las dispersiones como en la formulación de productos derivados y en el uso final. Donde los problemas de estabilidad en los sistemas de polimerización en emulsión están dados por pérdida de la barrera de surfactantes que protegen a las partículas poliméricas en la dispersión formada los cuales pueden obedecer a diferentes factores, tales como: adición de cargas minerales, cambios en el pH, adición de floclulantes y grandes esfuerzos de cizalla, siendo el potencial Z, la medida de la estabilidad estas de las partículas. Los resultados presentados en la **Tabla 1**, indican que, de todas las dispersiones preparadas se debe esperar una buena estabilidad globular, debido a que su carga se encuentra por debajo de -30 mV y en un caso levemente por debajo.

Tabla 1. Resultados obtenidos en la medida de las propiedades fisicoquímicas para cada dispersión sintetizada.

Muestras	Tg de Fox (°C)	Entrecruzante (%)	SPS (%)	A.A (%) 24 h	Tg experi- mental °C	Adhesión N/ cm2	Pz (mV)
1	-30	0,5	0,3	4,19 ±0,2	-20,1	0,602 ± 0,11	-40,8 ±0,3
2	-30	0,5	0,6	2,89 ±0,5	-17,6	0,483 ± 0,004	-41,6 ±0,5
3	-30	1,0	0,3	4,97 ±0,4	-20,2	0,523 ± 0,12	-36,1 ±0,3
4	-30	1,0	0,6	5,20 ±0,5	-18,2	0,746 ± 0,07	-37,9 ±1,7
5	-10	0,5	0,3	3,99 ±0,2	5,1	0,763 ± 0,02	-35,8 ±0,9
6	-10	0,5	0,6	4,87 ±0,4	1,6	0,985 ± 0,11	-41,1 ±2,5
7	-10	1,0	0,3	5,10 ±0,3	3,2	0,752 ± 0,14	-27,6 ±4,0
8	-10	1,0	0,6	5,21 ±0,5	4,8	1,035 ± 0,04	-35,3 ±3,7
9	-4	0,5	0,3	3,68 ±0,2	11	0,928 ± 0,10	-50,3 ±1,4
10	-4	0,5	0,6	3,74 ±0,1	11,1	1,056 ± 0,12	-54,6 ±1,4
11	-4	1,0	0,3	3,09 ±0,4	11,3	1,126 ± 0,02	-54,4 ±2,5
12	-4	1,0	0,6	5,13 ±0,2	10,8	0,977 ±0,02	-43,7 ±3,0

η: Viscosidad; Tp: Tamaño de partícula; Pz: Potencial Z.

Fuente: Los autores

Un porcentaje alto de absorción de agua está dado en parte, por el contenido de monómeros polares presentes en su composición (Reyes-Mercado, Vázquez, Rodríguez-Gomez, y Duda, 2008), así como el contenido de productos solubles en agua como los surfactantes (Harvey y Carlson, 2010). Los porcentajes de agua según la **tabla 1**, apenas superan el 5% para algunas muestras, mientras que otras dispersiones, tienen valores cercanos a 3%, los cuales están dentro del rango para este tipo de productos según las normas NTC 1772 y ASTM D570-98.

Entre las distintas dispersiones preparadas se obtuvieron tamaños de partículas en un rango de 95 a 116 nm predominando en este tipo de dispersiones un sistema polimodal. Sin embargo, algunos gráficos de distribución del tamaño presentaron un semi hombro, el cual permitió inferir para algunas dispersiones, la existencia de un sistema bimodal, los cuales son responsables de los índices de viscosidad tan bajos para algunas muestras (menores a 300 cPs), siendo este tipo de sistemas los principales responsables de la variación de los valores de viscosidad en los procesos de producción de este tipo de dispersiones (Moayed, Fatemi, y Pourmahdian, 2007).

La adhesión a sustrato por su parte, se debe básicamente a un fenómeno físico por anclaje o difusión de los polímeros, y químico por adsorción termodinámica sumado a fuerzas de Van der Waals e interacciones electrostáticas (Madrid, 1990). Los resultados de la **tabla 1**, dan cuenta de la influencia de la Tg de Fox sobre la fuerza máxima realizada por unidad de área, para el desprendimiento de la cinta papel para juntas. Donde se pudo evidenciar que entre mayor es la Tg de Fox (-4°C), mayor es la adherencia de la dispersión sobre la cinta papel.

En la **tabla 1**, se puede observar la diferencia entre las temperaturas de transición vítrea teóricas y experimentales, aunque las temperaturas calculadas con la ecuación de Fox son solo una aproximación, esto no significa que deba ser igual, debido a que la variación de la Tg se debe a fenómenos físicos y químicos (Flores *et al.*, 2011; Spence y Ford, 1998), siendo, por ejemplo, la velocidad de reacción una de ellas, ya que se generan microdominios donde la polimerización no ocurre de forma alternada como se esperaría dada la polaridad de los monómeros, si no que por lo contrario, ocurre en bloques, generando dominios duros y blandos.

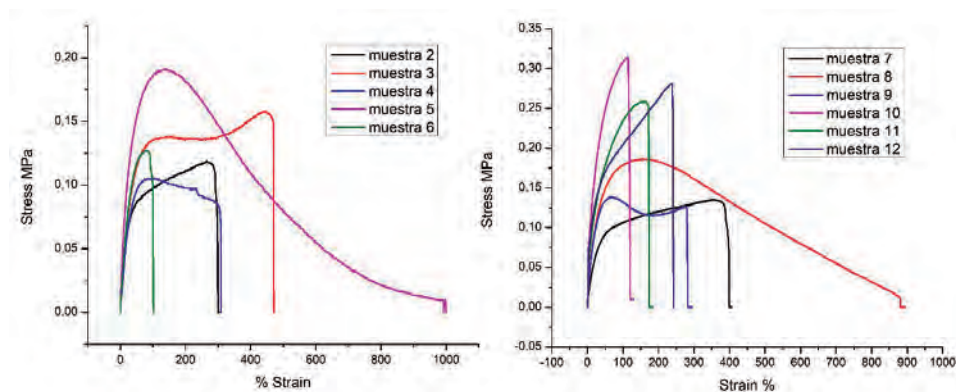


Figura 1. Comportamiento mecánico del esfuerzo - deformación aplicado a cada muestra.

Fuente: Los autores.

Respecto a los ensayos mecánicos, el comportamiento más viscoelástico se puede evidenciar en las muestras 1 y 12, y una tendencia menos viscoelástica para las demás muestras, donde el ensayo 1 tiene una mayor tendencia al comportamiento elastomérico respecto al demás ensayos, con una mayor resistencia a la tracción y mayor una zona de fluencia respecto a la muestra 12. Sin embargo, las concentraciones de monómeros entrecruzantes y temperatura de transición vítrea son diferentes para estos dos ensayos, por tanto, estas influyeron significativamente frente a las propiedades mecánicas en cada muestra obtenida.

Conclusiones

Se lograron obtener dispersiones con buena estabilidad coloidal, porcentajes de absorción de agua, tamaños de partículas, viscosidad, adhesión a sustratos y comportamiento elastomérico en los ensayos de tensión-deformación, especialmente para la muestra 11, obtenida a una concentración de iniciador del 0.3% y monómeros entrecruzantes del 1%, el cual deja abierta la posibilidad de ser una matriz ligante para la fabricación de masillas para Joint Compound.

Agradecimientos: A la Universidad del Quindío y la empresa de Global Latices SAS, donde en este último, se desarrolló el proyecto.

Referencias

- Flores, J., Corona, M., Moscoso, F., Oseguera, O., Manríquez, R., López, F., y Mendizábal, E. (2011). Poly (Methyl Methacrylate) With High Syndiotactic Content Obtained by Microemulsion Polymerization Using Different Surfactants. *Mexican Chemical Engineering Magazine*, 10, 125–135pp.
- Harvey, S., y Carlson, G. (2010). Aspects of latex particle size control for improved water blush resistance. *Ashland Speciality Chemical Company*, 101–111pp.
- Madrid, M. (1990). Tecnología de la adhesión. *Departamento Técnico de Loctite*. España.
- Moayed, S. H., Fatemi, S., y Pourmahdian, S. (2007). Synthesis of a latex with bimodal particle size distribution for coating applications using acrylic monomers. *Progress in Organic Coatings*, 60(4), 312–319pp. doi: <https://doi.org/10.1016/j.porgcoat.2007.07.023>

- Reyes-Mercado, Y., Vázquez, F., Rodríguez-Gómez, F. J., y Duda, Y. (2008). Effect of the acrylic acid content on the permeability and water uptake of poly (styrene-co-butyl acrylate) latex films. *Colloid & Polymer Science*, 286(5), 16pp. doi: <https://doi.org/10.1007/s00396-008-1838-6>
- Spence, C, P., y Ford T, W. (1998). Structures and Properties of Poly (methyl methacrylate) Latexes Formed in Microemulsions. *Macromolecules*, 31, 3454–3460pp.



Ingeniería de Polímeros, Procesamientos y Reología

Revista Informador Técnico, Volumen 82 n2 - Suplemento I- 2018

IV Simposio de Materiales Poliméricos - 13 y 14 de Septiembre de 2018, Cali - Colombia

CONTENIDO

CITLAX: Una estrategia que beneficiará el sector textil automotriz	48
Carolina Caicedo, Carlos A. Ávila Orta, Rolando Luna García, Leticia Melo López, Cristian J. Cabello, Heidi A. Fonseca	
Fabricación y análisis mecánico de membranas elaboradas en base a PLA, reforzadas con CNF de chusquea Quila por la técnica de electrospinning.....	52
Alexander Gaitán, William Gacitúa	

CITLAX: Una estrategia que beneficiará el sector textil automotriz

CITLAX: A strategy that will benefit the automotive textile sector

Modalidad: Artículo de difusión

Carolina Caicedo¹
Carlos A. Ávila Orta²
Rolando Luna García^{3*}
Leticia Melo López⁴
Cristian J. Cabello⁵
Heidi A. Fonseca⁶

¹ Cátedras Conacyt - Consorcio de Investigación y de Innovación del Estado de Tlaxcala. Tlaxcala de Xicohténcatl, Tlaxcala, México C.P. 90000.

² Centro de Investigación en Química Aplicada, Departamento de Materiales Avanzados. Saltillo, Coahuila, México C.P. 25294. Consorcio de Investigación y de Innovación del Estado de Tlaxcala. Tlaxcala de Xicohténcatl, Tlaxcala, México C.P. 90000

³ Consorcio de Investigación y de Innovación del Estado de Tlaxcala. Tlaxcala de Xicohténcatl, Tlaxcala, México C.P. 90000 *E-mail: gerente.citlax@ciqa.edu.mx

⁴ Cátedras Conacyt - Consorcio de Investigación y de Innovación del Estado de Tlaxcala. Tlaxcala de Xicohténcatl, Tlaxcala, México C.P. 90000.

⁵ Cátedras Conacyt - Consorcio de Investigación y de Innovación del Estado de Tlaxcala. Tlaxcala de Xicohténcatl, Tlaxcala, México C.P. 90000.

⁶ Centro de Investigación en Química Aplicada, Departamento de Materiales Avanzados. Saltillo, Coahuila, México C.P. 25294. Consorcio de Investigación y de Innovación del Estado de Tlaxcala. Tlaxcala de Xicohténcatl, Tlaxcala, México C.P. 90000

Introducción

El sector textil tradicionalmente ha tenido un peso muy significativo en los sistemas productivos de los siguientes países: China, la Unión Europea resaltando a países como Italia, Alemania, España, Francia y los Países Bajos, seguido de la Unión Europea se encuentran India y Estados Unidos y, a partir de 2016 Turquía, Corea, Pakistán, Hong Kong, Vietnam, Marruecos, Bangladesh, incrementaron de forma importante su participación en el mercado mundial textil, tanto en tejidos como en prenda acabada. Algunos países que están también creciendo rápidamente son: Perú, Brasil e Indonesia (Estatista, 2015). Por su parte, México se coloca como el quinto proveedor a nivel mundial en el ramo textil, siendo el tercer generador más importante del PIB. Para los mexicanos la industria textil es soporte económico debido a la alta generación de empleo, para el primer cuatrimestre del 2018 logró una cifra extraordinaria de crecimiento de exportaciones (26 % respecto al periodo pasado). Cabe mencionar que las empresas basan su producción en las fibras sintéticas, prendas de vestir, calzado, artículos para baño y telas. Sin embargo, la competitividad y productividad de este sector requiere de un trabajo mancomunado con la ciencia y la tecnología para generar innovación tanto en proceso como en producto, así como la búsqueda de nuevas líneas alternativas y, por tanto, de nuevos nichos de mercado, que acentuarán la progresiva incorporación de nuevas técnicas y materiales tecnológicamente avanzados, así como la orientación hacia los nuevos subsectores del textil técnico.

Por su parte, en México, el Sistema de Centros Públicos de Investigación del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) impulsó el modelo de Consorcios como una opción ágil, eficiente e integral para generar infraestructura y capacidades que conlleven al crecimiento de sectores industriales clave, el florecimiento de las zonas económicas especiales, el diseño de políticas públicas, y así hacer más efectivo el aparato científico y tecnológico del país. El Consorcio de Investigación y de Innovación del Estado de Tlaxcala (CITLAX); es un Consorcio que apoya los sectores químico, automotriz y textil con oferta de investigación aplicada, desarrollos tecnológicos sustentables, ciencia básica y formación de recursos humanos. Está apalancado por diferentes centros públicos de investigación CONACYT (Figura 1) entre los que se encuentran: el Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA); la Corporación Mexicana de Investigación en Materiales (COMIMSA); el Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica (CIDETEQ), Centro de Innovación Aplicada en Tecnologías Competitivas (CIATEC), Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica (INAOE).



Figura 1. Logotipo de CITLAX y vinculación de centros de investigación.
Fuente: Consorcio de Investigación y de Innovación del Estado de Tlaxcala

El objetivo propuesto por el equipo de gestión de CITLAX comprende la realización de estudios de investigación en polímeros con el objeto de atender las necesidades planteadas en la Agenda Estatal de Innovación del Estado de Tlaxcala (Conacyt, 2015). De esta forma, parte del equipo operativo que tendrá lugar en este proyecto, se propone incrementar capacidades de I+D+i para beneficiar al sector textil automotriz. La ubicación de este consorcio en la zona centro de la República Mexicana, específicamente en el estado de Tlaxcala, lo cual permitirá identificar las fortalezas, las debilidades y los desafíos estratégicos con el fin de brindar a los fabricantes, las empresas comerciales y los inversores garantía en la toma de decisiones y localizar oportunidades en este mercado de rápido crecimiento para el mundo. Es importante mencionar que a través del consorcio se prestará servicio y capacitación de vanguardia para conseguir mejoras de las condiciones socio-económicas a través de soluciones tecnológicas, sustentables, incluyentes y accesibles para las comunidades de la región, del país y Latinoamérica. Por su parte, el CIQA como socio del CITLAX desde 2016 ha destacado con avances sustanciales a través de proyectos relacionados con la elaboración de fibras inteligentes nanoestructuradas para diferentes aplicaciones industriales que actualmente dan soporte a la línea de I+D+i de textiles técnicos (Valdez Garza *et al.*, 2016). En la actualidad se formulan y ejecutan proyectos para énfasis en aplicaciones en interiores automotrices en la línea Combinada de Extrusión de Filamentos (LCEF) donde se obtienen fibras multifilamento extruidas o co-extruidas y tela no tejida de polímeros a nivel de planta piloto.

Textiles Técnicos

La ciencia y tecnología nos acercan a interesantes oportunidades de negocio que permiten articular a los diferentes sectores para lograr el alto nivel de exigencia del mercado conforme a especialización de productos y tecnificación. Lo anterior, ha permitido la migración de la industria textil a nuevos nichos de mercado, especialmente de aplicaciones textiles para fines médicos, de higiene, deportivos, la construcción, la agricultura, el transporte, la protección y seguridad personal, el medioambiente, los empaques y muchos otros propósitos en el curso de las operaciones de fabricación (como filtros, ropa de máquinas, cintas transportadoras, sustratos abrasivos) o los cuales pueden ser incorporados en otros productos industriales (componentes eléctricos y cables, juntas y diafragmas flexibles, o aislamiento acústico y térmico para aparatos domésticos e industriales) (Byrne, 2000). Otros términos son ampliamente utilizados en diferentes contextos para relacionar

un conjunto de aplicaciones como textiles inteligentes, textiles de rendimiento, textiles funcionales, textiles de ingeniería y textiles de alta tecnología.

Textiles para el Sector Automotriz

En el sector automotriz los materiales textiles en general tienen una destacada importancia, pues se aplican en diversos elementos funcionales, que van desde la propia estructura del medio (casco, carrocería, fuselaje, etc.) hasta los elementos de seguridad y el confort de los pasajeros, pasando por todos aquellos relacionados con la mecánica y el sistema de tracción. Se destacan tres grandes áreas de utilización de los textiles técnicos para automoción y transporte: decoración e interiorismo, seguridad de los pasajeros y los de uso industrial que se subdividen en materiales compuestos, en los que los textiles actúan de refuerzo, otros elementos como filtros, separadores de baterías, etc., y materiales para embalaje y transporte de mercancías y fluidos. La exigencia de otras propiedades adicionales (además del aspecto, color, tacto y durabilidad), como, por ejemplo, un determinado comportamiento frente al fuego, mantiene una cuota de mercado para ciertos materiales, donde es el caso de la fibra de lana, esencialmente por sus nobles características de tacto y confort para el que se ha establecido una normativa de protección contra incendios. Así, para tapicerías, revestimientos de murales y del suelo, reposacabezas, etc., se exigen propiedades específicas de reacción al fuego, baja toxicidad, repelencia a manchas, antimicrobianas, antiestáticas, resistencia a la abrasión, protección de rayos UV, resistencia al agua, buena solidez del color, flexibilidad, durabilidad cuidando mantener proporción entre ligereza y seguridad.

Elementos y Materiales Textiles en Automóviles

En el interior de los automóviles la tapicería representa la mayor proporción de textiles (~80 %) (Čunko, 2006), en su mayoría de origen sintético, pero las cubiertas más recomendables a utilizar son de materias primas naturales, debido a que brindan una sensación cómoda al tacto. No tienen características antialérgicas, no producen electricidad estática, son aireados y cómodos, tienen muy buenas características físico-mecánicas, etc. En cuanto a la fabricación de tela, la no tejida tiene mejores propiedades de adhesión que la tejida y, por lo tanto, la aplicación del aglutinante es más uniforme. También poseen un mayor grosor para un peso por unidad de longitud resultando más voluminosos y cómodos. Además, tienen una superficie más uniforme, lisa y aleatoria; se utilizan en forros para los techos, las sillas de auto, los filtros, el aislamiento acústico. De esta forma, los elementos de seguridad en automóviles como las bolsas de aire y cinturones de seguridad corresponden al 14 % y 4 %, respectivamente, de los textiles en el automóvil donde los materiales más utilizados presentan disyuntiva por mostrarse como una mejor opción en cuanto a la relación costo/beneficio, estos corresponden a hilos de poliamida (PA) 6,6 y poliéster (Wilson, 2016; Nyström, y Olsson, 2013). Estas no son fibras equivalentes, y las diferencias en la capacidad térmica, tenacidad, módulo y otras propiedades dan como resultado un rendimiento diferente del tejido. No obstante, la poliamida 4,7 presenta una mayor conductividad de calor (punto de fusión a 285 °C) que otros tipos de poliamida (punto de fusión a 235 °C) o por ejemplo hilos ignífugos de Aramida (Dürkopp Adler Co., IMB, 2006). En general, las telas de las bolsas de aire están hechas de hilos multifilamento de los materiales antes mencionados que pueden presentar recubrimientos, los más comunes son silicona y neopreno.

Conclusiones

Los materiales poliméricos representan un gran potencial dentro de los textiles técnicos al permitir múltiples y eficientes funcionalidades. El incremento de desarrollo tecnológico relacionado con la versatilidad de los polímeros compuestos, técnicas de procesamiento y caracterización permite una vasta posibilidad de inimaginables aplicaciones. Estrategias como el CITLAX promueven estos importantes avances tecnológicos para el sector productivo y comunidad científico-académica.

Referencias

- Byrne, C. (2000). Technical textiles market—an overview. *Handbook of technical textiles*, 1-23.
- Conacyt. (2015). Agenda de innovación de Tlaxcala. Recuperado de: <http://www.agendasinnovacion.org/wp-content/uploads/2015/03/AgendaTlaxcala.pdf>
- Čunko, R. (2006). Tekstilje – važna komponenta u suvremenoj proizvodnji automobila, *Tekstil*, 55 (6) 279-290.
- Dürkopp Adler Co., IMB. (ed). (2006). Technical information.
- Estatista. (2015). Valor de los 15 principales exportadores textiles a nivel mundial en 2014, por país (en miles de millones de dólares). Recuperado de: <https://es.statista.com/estadisticas/634739/valor-de-los-15-principales-exportadores-textiles-a-nivel-mundial-en--por-pais/>
- Nyström, A. K., y Olsson, J. (2013). *Changing to polyester in airbags-A study of two test methods used for polyester fabric analyse* (Tesis de grado). University of Borås/Swedish School of Textiles.
- Valdez Garza, J. A., Ávila Orta, C. A., Cruz Delgado, V. J., Martínez Colunga, G., Soriano Corral, F., P. G, Morones., Navarro Rodríguez, D. (2016). Nanotecnología y polímeros para desarrollar textiles inteligentes. Recuperado de: <https://www.pt-mexico.com/art%C3%ADculos/nanotecnologia-y-polmeros-para-desarrollar-textiles-inteligentes->
- Wilson, A. (2016). Innovation in textiles. Airbag fabrics: consolidation is the key. Recuperado de: <https://www.innovationintextiles.com/airbag-fabrics-consolidation-is-the-key/>
- Consortio de Investigación y de Innovación del Estado de Tlaxcala – CITLAX le invita a consultar el siguiente enlace para mayor información. Recuperado de: <https://www.citlax.mx/>

Fabricación y análisis mecánico de membranas elaboradas en base a PLA, reforzadas con CNF de chusquea Quila por la técnica de electrospinning

Manufacturing and mechanical analysis of membranes made on the basis of PLA, reinforced with CNF from Quila chusquea by the electrospinning technique

Modalidad: Póster

Alexander Gaitán¹
William Gacitúa²

¹ Universidad del Bío-Bío, Centro de Biomateriales y Nanotecnología, Departamento de Ingeniería en Maderas, Avenida Collao 1202, Concepción, Chile alexgaitan@gmail.com

² Universidad del Bío-Bío, Centro de Biomateriales y Nanotecnología, Departamento de Ingeniería en Maderas, Avenida Collao 1202, Concepción, Chile.

Resumen

En esta investigación, nanofibras de celulosa (CNF) de *Chusquea quila* fueron usadas como refuerzo del ácido poliláctico (PLA) en la fabricación de membranas en electrospinning. El objetivo de este trabajo fue analizar la incidencia de las CNF en las propiedades mecánicas del PLA. Para demostrar lo anterior, fueron elaboradas membranas sin adición de CNF y membranas con CNF en porcentajes de 1%, 3% y 5% con respecto al peso del PLA. Las CNF y las membranas fueron caracterizadas morfológicamente. Además, las CNF fueron acetiladas para lograr dispersión en el PLA. Asimismo, las membranas fueron sometidas a ensayos de tracción y resistencia al desgarro. Se encontró que la adición del 1% de CNF refuerza el material ante esfuerzos de tracción y desgarro.

Palabras claves: Acetilación, ácido poliláctico, chusquea quila, electrospinning, nanofibras de celulosa.

Introducción

El creciente interés por sustituir los polímeros derivados del petróleo, radica en que estos materiales derivados de recursos fósiles son una gran fuente de contaminación desde su producción y hasta el fin de su ciclo de trabajo, son materiales tóxicos al medio ambiente y las especies vivas del planeta, además sus propiedades de degradación son pocas (Singh, Wani y Langowski, 2017). Los biopolímeros pueden ser una alternativa a los polímeros sintéticos, ya que son materiales provenientes de recursos renovables (Ebnesajjad, 2013). Los biopolímeros por su procedencia presentan propiedades de degradación, inocuidad con el medio ambiente y seres vivos. Asimismo, se busca potenciar su comportamiento mecánico y de barrera para ser competitivos frente a los polímeros sintéticos (Thakur, 2014). Biopolímeros como el ácido poliláctico (PLA), el cual va tomando trascendencia industrial ya que cuenta con interesantes propiedades que pueden ser comparadas con las de los polímeros sintéticos, cuenta con productos elaborados cuyos residuos pueden ser tratados con los residuos orgánicos para ser convertidos en biomasa (Serna, Rodriguez y Alban, 2003; Sin, Rahmat y Rahman, 2012).

El refuerzo con partículas o nanopartículas procedentes de recursos renovables es una alternativa interesante para

mejorar las propiedades físico-mecánicas de los biopolímeros. De acuerdo a lo anterior, la nanocelulosa puede usarse para elaborar biocompuestos con el propósito que la matriz como el refuerzo mitiguen el impacto ambiental, y a su vez potencie las propiedades físico-mecánicas del material (Thakur y Singha, 2013). Las fibras vegetales son la principal fuente natural de celulosa, son biocompuestos que se dan de forma natural. Los tejidos vegetales están compuestos principalmente por celulosa, la cual actúa como material de refuerzo en gran variedad de especies (árboles, plantas, entre otros.) (Faruk, Bledzki, Fink y Sain, 2012). En este sentido el uso del bambú el cual es una fuente importante de celulosa y teniendo en cuenta que es una especie de alto crecimiento puede verse como materia prima para obtener nanofibras de celulosa (Lu, *et al.*, 2014). En el caso de la Chusquea quila, es un bambú que tiene alto crecimiento incluso robando terreno a especies endémicas y el cual no tiene un uso comercial. Además, recientes estudios realizados en el Centro de Biomateriales y Nanotecnología de la UBB demuestran su gran potencial como materia prima para la obtención de nanocelulosa (Oliveira, 2014).

Por otra parte, el uso de técnicas de fabricación como el electrospinning cumple un requisito básico para el desarrollo de nanomateriales ya que por medio de este se pueden fabricar materiales fibrosos nanoestructurados (Restuccia, *et al.*, 2010). Esta técnica puede ser útil en la fabricación de productos que pueden tener uso importante en industrias como la de alimentos, las membranas fabricadas son fibrosas y por lo tanto porosas, característica importante en los bioempaques activos (Mitchell, 2015).

Con esta investigación se pretende proponer una alternativa frente a los polímeros sintéticos, incursionando en el estudio de biomateriales compuestos, fabricados por métodos y materias primas limpias, induciendo el uso de biopolímeros y nanotecnología proveniente de recursos renovables.

Materiales y Métodos

Ácido poliláctico de Natureworks® (PLA polymer 2002D, USA). Las nanofibras de celulosa (CNF), fueron obtenidas a partir de pulpa Kraft blanqueada de Chusquea quila suministrada por el Centro de Biomateriales y Nanotecnología de la universidad del Bío-Bío y NaOH grado análisis de Merck KGaA, Darmstadt, Germany. Para la acetilación de las CNF, ácido acético glacial y anhídrido acético grado análisis de Merck KGaA, Darmstadt, Germany, ácido tartárico de Furet Ltda., Chile y acetona grado análisis de Winkler Ltda., Chile. Como diluyentes del PLA se usaron cloroformo grado analítico de Merck KGaA, Darmstadt, Germany y acetona grado analítico de Winkler Ltda., Chile.

Obtención de CNF de Chusquea quila

Las CNF se obtuvieron por medio de tratamiento mecánico de alto cizalle y homogeneización. La pulpa de Chusquea quila fue sumergida en agua destilada con NaOH (5 % p/v) por 12 horas. Luego, la suspensión fue llevada a disgregación-dispersión mecánica en equipo Ultra Turrax por 10 min a 14000 RPM. Seguido, las fibras son puestas en molino coloidal (Masuko Supermasscolloider series Microdesfibrador), con separación de discos de 0,5 μm , se realizaron pasadas continuas por 2 horas a 1500 rpm. Posteriormente, las microfibras fueron pasadas durante 2 horas y continuamente en equipo de cizalle de alta presión (MICROFLUIDIZER LM10) a 1000 bar y se obtuvo un gel compuesto de nanofibras de celulosa. Por último, el gel es llevado a centrifugación en ultracentrífuga (YINGTAI INSTRUMENT) a 12000 rpm por 30 minutos.

Acetilación

La acetilación usada consta de tres etapas (Figura 1). Etapa 1, las CNF son tratadas con ácido acético en placa magnética a temperatura ambiente y luego centrifugadas. En la etapa 2, las CNF son vertidas en una mezcla de anhídrido acético con un biocatalizador, la mezcla es agitada magnéticamente con temperatura de 120 °C por 3 horas, luego es ultracentrifugada. En la etapa 3, la muestra acetilada es sumergida en acetona y puesta en agitación a temperatura ambiente y luego ultracentrifugada.



Figura 1. Etapas de acetilación de las NFC
Fuente: Los autores

Fabricación de membranas

En la elaboración de membranas sin adición de CNF se usaron 10 mL de solución compuesta de pellets de PLA, disueltos en cloroformo/acetona (2:1) procurando que el contenido de polímero fuera del 10% de la solución. La solución fue cargada en una jeringa y llevada al electrospinning, con parámetros de fabricación: distancia inyector-colector de 20 cm, 24 kV de voltaje y 1 mL/h de flujo de solución. La fabricación de membranas con reforzamiento siguió el proceso descrito anteriormente con adición de CNF en porcentajes de 1 %, 3 % y 5 % con respecto al peso del polímero.

Caracterización de fibras y membranas

La morfología y diámetro de las CNF fue observada en microscopio de fuerza atómica (AFM). Las membranas y las fibras que la forman fueron observadas en microscopio electrónico de barrido (SEM).

Caracterización mecánica

Se realizaron pruebas de tracción según norma ASTM D882-12 y pruebas de resistencia al desgarro según norma ASTM D1938-14. Los resultados fueron comparados entre membranas de PLA y PLA-CNF. Esta prueba fue analizada mediante un diseño experimental factorial con tres factores y dos variables de respuesta. El análisis de varianza ANOVA se realizó con un nivel de confianza $\alpha = 0,05$.

Resultados y discusiones

La Figura 2 muestra CNF con diámetros promedio 30,3 nm. El tamaño es inferior a 100 nm por lo cual se considera una nanopartícula.

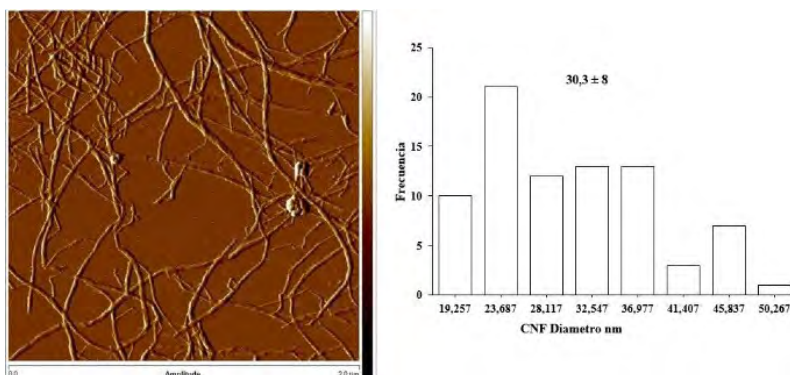


Figura 2. Imagen AFM de CNF y tamaño de partícula.
Fuente: Los autores

En la Figura 3, se muestran las imágenes SEM de membranas en base a PLA y PLA-NFC. Se observa que las membranas son formadas por fibras que poseen morfología definida sin grandes alteraciones en su estructura y que la deposición de fibras en el colector es aleatoria, es decir, no son fibras orientadas.

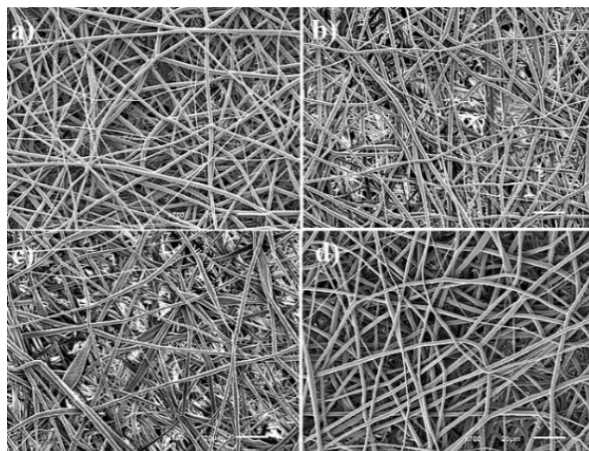


Figura 3. Imágenes SEM de membranas de a) PLA, b) PLA-CNF 1 %, c) PLA-CNF 3 % y d) PLA-CNF 5 %.

Fuente: Los autores

En la Figura 4, se observa que la adición de CNF cambia las propiedades del material. Al adicionar el 1 % y el 3 % de CNF las membranas consiguen mayor resistencia al esfuerzo. Sin embargo, esta resistencia decrece al aumentar el porcentaje de CNF (Figura 4 a). Las CNF aumentan la deformación del PLA, mejorando la elasticidad del mismo y disminuyendo su módulo concediendo características de ductilidad (Figura 4 b y 4 c).

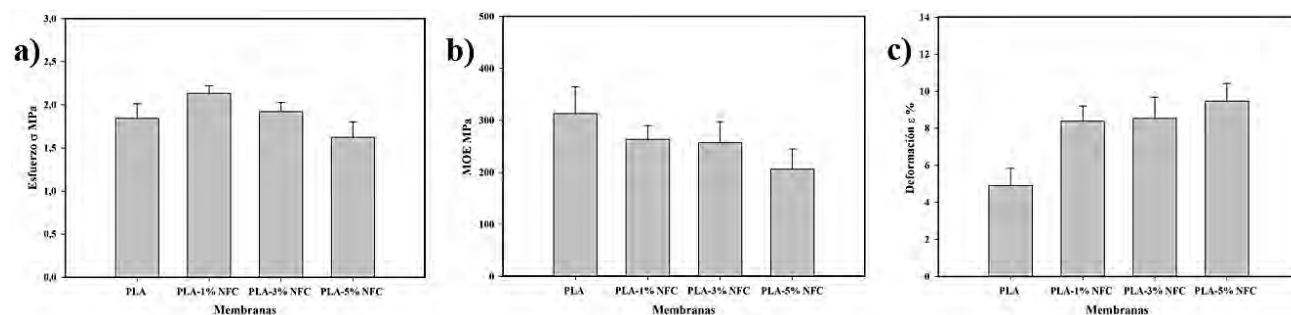


Figura 4. Resultados prueba de tracción en membranas de PLA y PLA-CNF. a) Esfuerzo, b) Modulo elástico MOE y c) Deformación

Fuente: Los autores

La Figura 5, muestra el comportamiento de las membranas ante esfuerzos cortantes y de rasgado. La adición del 1 % de CNF aumenta la resistencia al desgarro en el material, sin embargo al aumentar el porcentaje de adición de CNF la resistencia decrece.

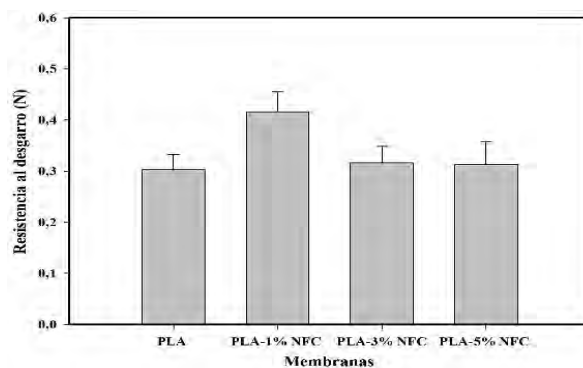


Figura 5. Resultados de la prueba de Resistencia al desgarro en membranas de PLA y PLA-CNF

Fuente: Los autores



Conclusiones

Los resultados indican que la adición 1 % de CNF en la fabricación de membranas en base a PLA refuerza el material mejorando sus propiedades mecánicas ante esfuerzos de tracción y desgarró. Las propiedades decrecen al aumentar el porcentaje de adición de CNF, sin embargo el modulo elástico cambia concediendo características de ductilidad, también, el material puede aumentar su deformación concediendo elasticidad al mismo. Las membranas obtenidas con propiedades mejoras pueden tenerse en cuenta como empaques activos en la industria alimenticia.

Agradecimientos: Los autores agradecen a los investigadores del Centro de Biomateriales y Nanotecnología de la Universidad del Bío-Bío.

Referencias

- Ebnesajjad, S. (2013). *Handbook of biopolymers and biodegradable plastics*. Amsterdam: Elsevier.
- Faruk, O., Bledzki, A. K., Fink, H., y Sain, M. (2012). Biocomposites reinforced with natural fibers: 2000–2010. *Progress in Polymer Science*. 37(11), 1552-1596. doi: <https://doi.org/10.1016/j.progpolymsci.2012.04.003>
- Lu, T., Liu, S., Jiang, M., Xu, X., Wang, Y., Wang, Z., Gou, J., Hui D., y Zhou, Z. (2014). Effects of modifications of bamboo cellulose fibers on the improved mechanical properties of cellulose reinforced poly(lactic acid) composites. *Composites: Part B. Engineering*, 62, 191-197. doi: <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2014.02.030>
- Mitchell, G.R. (Ed.). (2015). *Electrospinning. Principles, Practice and Possibilities*. Cambridge, UK: Royal Society of Chemistry. doi: <https://doi.org/10.1039/9781849735575>
- Oliveira, P. (2014). Potencial químico de la chusquea quila para la fabricación de bio-nanomateriales. En: X SEMINARIO DE NANOTECNOLOGÍA, 13 de Noviembre del 2014. Santiago, Fundación Copec, Universidad Católica de Chile.
- Restuccia, D., Spizzirri, U. G., Parisi, O. I., Cirillo, G., Curcio, M., Lemma, F., Puoci, F., Vinci, G., y Picci, N. (2010). New EU regulation aspects and global market of active and intelligent packaging for food industry applications. *Food Control*, 21(11), 1425-1435. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2010.04.028>
- Serna, L., Rodriguez, A., y Alban, F. (2003). Ácido Poliláctico (PLA): Propiedades y Aplicaciones. *Ingeniería y Competitividad*, 5(1), 16-26. doi: <https://doi.org/10.25100/iyc.v5i1.2301>
- Sin, L. T., Rahmat A. R., y Rahman, W. A. (2012). *Poly(lactic Acid). PLA Biopolymer technology and Applications*. ELSEVIER.
- Singh, P., Wani, A., y Langowski, H. C. (2017). *Food Packaging Materials: Testing & Quality Assurance*. Boca Ratón, USA: CRC Press. doi: <https://doi.org/10.1007/978-3-319-24732-8>
- Thakur, V. (Ed.). (2014). *Nanocellulose Polymer Nanocomposites: fundamentals and applications*. John Wiley & Sons.
- Thakur, V., y Shinga, A. S. (Ed.). (2013). *Biomass-based Biocomposites*. Smithers Rapra.

b)

Vac-Low PC-Std. 10 kV x 130 200 µm 006051
TECNOPARQUE-ASTIN

Vac-Low PC-Std. 10 kV x 130 200 µm 006131
TECNOPARQUE-ASTIN mantenimiento despues

d)

e)

Métodos de Síntesis novedosos para Polímeros

Revista Informador Técnico, Volumen 82 n2 - Suplemento I- 2018

IV Simposio de Materiales Poliméricos - 13 y 14 de Septiembre de 2018, Cali - Colombia

CONTENIDO

Metalizado de acrilonitrilo-butadieno-estireno con Cr/CrN mediante la técnica de PVD Magnetron sputtering.....	59
Daniela Guerrero, María F. Ramos, Isabel C. Arango	
Mecanismo de reacción de la degradación de copolímeros de cicloolefinas en presencia de agentes prodegradantes.....	63
Helia Bibiana León Molina, Mario Humberto Gutiérrez Villareal, Ricardo Acosta	
Extrusión de polipropileno con anhídrido maléico propiciando la funcionalización en fundido con 2,5-dimetil-2,5-di (terc-butilperoxi) hexano.....	67
Ginna Marcela Parra Rodríguez, Angélica Vélez Saker, Leda Pernett Bolaño, Jorge Vélez Hoyos	

Metalizado de acrilonitrilo-butadieno-estireno con Cr/CrN mediante la técnica de PVD Magnetron sputtering

Acrylonitrile-butadiene-styrene metallization with Cr / CrN using the PVD technique Magnetron sputtering

Modalidad: Póster

Daniela Guerrero¹
María F. Ramos²
Isabel C. Arango^{3*}

¹ Servicio Nacional de Aprendizaje SENA. Grupo de Investigación en Desarrollo de Materiales y Productos GIDEMP, Centro Nacional de Asistencia Técnica a la Industria.- ASTIN.

Servicio Nacional de Aprendizaje SENA. Grupo de Investigación en Desarrollo de Materiales y Productos GIDEMP, Centro Nacional de Asistencia Técnica a la Industria.- ASTIN.

Servicio Nacional de Aprendizaje SENA. Grupo de Investigación en Desarrollo de Materiales y Productos GIDEMP, Centro Nacional de Asistencia Técnica a la Industria.- ASTIN. *iarango@sena.edu.co

Resumen

Los metalizados a sustratos poliméricos surgen con el propósito de proteger y mejorar propiedades superficiales; donde los métodos de obtención en general son económicos, pero con coste ambiental alto por la materia prima (H_2CrO_4) que usan y residuos generados, siendo perjudiciales para la salud. Esta investigación propone una solución mediante recubrimientos por PVD-magnetron sputtering. Se utilizó sustratos de ABS, caracterizándolos fisicoquímicamente mediante DSC y TGA. Posteriormente se depositó Cr/CrN (2.6 μm), activando la superficie por bombardeo iónico a diferentes tiempos de activación (t_{act}). Se evaluó las propiedades mecánicas, tribológicas y de adherencia mediante técnicas de nanoindentación, pin-on-disc y scratch, encontrando un aumento de la dureza, carga crítica de falla, resistencia al rayado y disminución de desgaste a medida que el t_{act} incrementa.

Palabras claves: ABS, adhesión, metalizado, Sputtering.

Introducción

Los plásticos metalizados son usados en diferentes aplicaciones, desde empaques para dispositivos en microelectrónica hasta recubrimientos usados en industrias automotriz, aeronáutica y espacial (Grimberg, Bouaifi, Draigeñates, Soifer, y Weiss, 1994). No se requieren propiedades con altas durezas y altas resistencia al desgaste para las múltiples posibles aplicaciones (Mittal, 2013). La combinación de alta resistencia (recubrimientos duros de materiales metálicos y/o cerámicos) y baja densidad (sustrato plástico) hace nuevas oportunidades y posibilidades en aplicaciones para plásticos metalizados (Mittal, 1998). El CrN es un excelente recubrimiento por su alta dureza, alta resistencia al desgaste y a la corrosión, bajo coeficiente de fricción, estable químicamente y con un llamativo color plata (Cabrera *et al.*, 2011). Con el fin de depositar CrN en sustratos poliméricos de acrilonitrilo-butadieno-estireno (ABS), encontramos varios desafíos reportados, uno de ellos es la adhesión del recubrimiento con el sustrato: en donde puede ser superado mediante una activación de superficie (métodos químicos o físicos) y el depósito de una capa de acople que fortalecen el enlace con el sustrato polimérico (Kupfer y Wolf, 2000; Charbonnier y Romand, 2003). Otro desafío reportado es referente a la temperatura, el recubrimiento debe ser depositado a bajas temperaturas, por debajo de su transición vítrea, de modo que el sustrato polimérico no presente alteraciones como deformación o degradación. La activación de superficie puede promover diferentes mecanismos de adhesión (adhesión de tipo mecánica, química y polar) en función del método que se lleve a cabo. Por ejemplo, el galvanizado es el método más implementado, pero usa reactivos tóxicos como el H_2CrO_4 , que involucra el cromo hexavalente (Cr VI), sustancia que ha sido



demostrada como generadora de diferentes tipos de cáncer y mutaciones, además de ser altamente contaminante (Kupfer, Hecht y Ostwald, 1999). Nuestra investigación propone dar una solución a este problema mediante recubrimientos por PVD (deposición física en fase vapor) específicamente con la técnica de magnetron sputtering asistida con RF, técnica que ha sido muy llamativa y estudiada últimamente. Utilizamos sustratos de material polimérico como el Acrilonitrilo-Butieno-Estireno (ABS), al cual se le realiza una caracterización fisicoquímica mediante calorimetría diferencial de barrido (DSC) y termogravimetría (TGA). Posteriormente se realiza el depósito de Cr/CrN(2.6 μ m) realizando una activación de superficie por bombardeo iónico a diferentes t_{act} . Se evaluó las propiedades mecánicas, tribológicas y de adherencia mediante técnicas de nanoindentación, pin on disc y scratch, encontrando una mejora de la dureza, aumento en la carga crítica de falla, disminución de desgaste y aumento a la resistencia al rayado en la medida que el t_{act} varia de 0 min a 20 min.

Materiales y Métodos

Se depositaron monocapas de CrN en sustratos de ABS (70 mm *10 mm * 5 mm), los cuales fueron limpiados con propanol en un baño de ultrasonido durante 20min. Los recubrimientos fueron obtenidos por la técnica de magnetron sputtering asistida por RF (13,56MHz). Para este proceso se utilizó un blanco de Cr de 4" de diámetro y alta pureza (99,9 %). Los parámetros de deposición utilizados fueron: una potencia de 350W, sin aplicar temperatura al sustrato, una mezcla de gas de Ar(90 %)/N₂(10 %) con una presión de trabajo de 6x10⁻³ mbar. Con el fin de estudiar la influencia del tiempo de activación por plasma y la adhesión, previo al depósito, variamos los tiempos de activación desde 0min hasta 20 min trabajando en una atmosfera saturada de nitrógeno (25 sccm) y usando un voltaje polarización bias aplicado al sustrato de -100 V. Se realizó ensayos de espectroscopia Raman a los sustratos sometidos a los diferentes tiempos de activación. Se realizó una caracterización morfológica por AFM y SEM para determinar la rugosidad cuadrática media (RMS) y la calidad de los recubrimientos, respetivamente. Adicionalmente, se determinó la dureza de las diferentes muestras por nanoindentación. Para determinar propiedades tribológicas y adherencia se realizaron ensayos de pin-o-disc y rayado.

Resultados y discusiones

La activación por plasma en sustratos ABS, consiste en aplicar una potencia hasta alcanzar la energía de disociación de los enlaces c-c del butadieno (monómero del ABS). Creando radicales libres que reaccionan con la atmosfera de nitrógeno formando grupos aminas y amidas. Estos grupos pueden crear enlaces más fuertes con el cromo usado como capa de acople para mejorar la adherencia. Sin embargo, en este proceso es posible degradar o dañar la estructura del polímero si la potencia aplicada es más alta que la requerida (Kaminska y Kaczmarek, 2002). Por esta razón, se realizó espectroscopia RAMAN para los diferentes tiempos de activación (T_{act}) del sustrato ABS (Figura 1 a)). Los espectros RAMAN muestran los picos característicos para los tres componentes, una banda asociada al grupo nitrilo correspondiente del acrilonitrilo a 2238 cm⁻¹, el anillo aromático del componente estireno a 1603, 1584 y 1003 cm⁻¹, y el doble enlace del butadieno a 1667cm⁻¹, similar a lo reportado por otros autores (Lobo y Bonilla, 2003). En los espectros no se evidencia daños asociados al proceso descrito.

En la figura 1 b) y c), se observa micrografías SEM correspondiente a las muestras recubiertas con dos T_{act} . Estas micrografías evidencian agrietamientos en toda la superficie de las muestras, esto puede ser relacionado a la acumulación de estrés en el sustrato debido al proceso de obtención del mismo (proceso de inyección) y la baja energía superficial del ABS. Sin embargo, cuando se incrementa el T_{act} es posible observar como decrece la porosidad, aglomeraciones y defectos superficiales, aunque las grietas continúan. Fue posible determinar el espesor mediante SEM transversal de las muestras, $t=2,6 \mu$ m. Para estudiar la adherencia de los recubrimientos de CrN en sustratos de ABS y el efecto del T_{act} se desarrollaron ensayos de pin on disc usando un pin de Al₂O₃, con un radio de 4mm con una carga de 5N y una distancia total de recorrido de 1000 m. En la figura 1 c) y d), se muestra las micrografías de las muestras ensayadas por pin on disc. En estas es posible evidenciar material particulado (debris) sobre la superficie, debido a la abrasión generada entre el pin (material duro) y la muestra durante el ensayo. Adicionalmente, es posible apreciar cuando decrece el ancho de camino con el aumento del T_{act} desde 0,78 mm hasta 0,56 mm, representado hasta un 28 % menos de desgaste y mejora en la adherencia con el tratamiento.

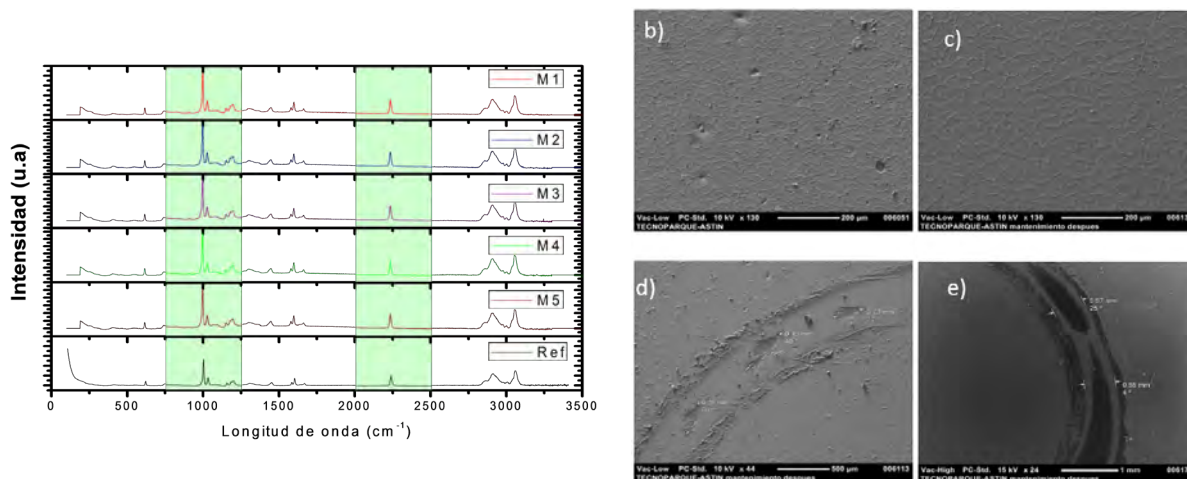


Figura 1. (a) Espectro RAMAN para cada muestra a los diferentes T_{act} . **(b)** Imágenes SEM para $T_{act}=0$ min **(c)** y $T_{act}=20$ min **(d)** Imágenes SEM de la huella de desgaste generada en el ensayo de pin on disc para los $T_{act}=0$ min **(e)** y $T_{act}=20$ min.

Fuente: Los autores

Conclusiones

La deposición de recubrimientos mediante la técnica PVD magnetron sputtering es una potente alternativa para modificación superficial (metalizado) de materiales poliméricos. Fue posible probar el efecto del t_{act} de superficie mediante bombardeo iónico en el desempeño final de los recubrimientos de CrN en polímeros ABS. Para todos los t_{act} de superficie, los recubrimientos de CrN presentan agrietamiento e incluso otros defectos superficiales (poros y clusters). Sin embargo, cuando se incrementa el t_{act} (0 min -20 min) la película empieza a ser más uniforme y densa, disminuyendo estos defectos superficiales alrededor de un 50 %. Se encuentra que uno de los parámetros que influye drásticamente en las propiedades de estos recubrimientos es el tiempo expuesto al voltaje de polarización negativo r.f. aplicado al sustrato. El resultado obtenido nos dice que el tiempo más apropiado de voltaje de polarización de -100 V es de 20 min donde nos produce capas con mejores propiedades mecánicas. De los análisis de las pruebas mecánicas y tribológicas de los recubrimientos obtenidos a los diferentes t_{act} , por técnicas de nanoindentación, pin on disc, rayado, encontramos, un incremento de la dureza, aumento a la resistencia al rayado en la medida en que el t_{act} varía de 0 min a 20 min. Se puede evidenciar un aumento en la carga crítica de falla de los recubrimientos y disminución de desgaste a medida que se incrementa el tiempo de bombardeo iónico.

Referencias

- Cabrera, G., Caicedo, J., Amaya, C., Yate, L., Muñoz Saldaña, J., y Prieto, P. (2011). Enhancement of mechanical and tribological properties in AISI D3 steel substrates by using a non-isosubstructural CrN/AlN multilayer coating. *Materials Chemistry and Physics*, 125, 576-586. doi: <https://doi.org/10.1016/j.matchemphys.2010.10.014>
- Charbonnier, M., y Romand, M. (2003). Polymer pretreatments for enhanced adhesion of metals deposited by the electroless process. *International Journal of Adhesion & Adhesives*, 23, 277-285. doi: [https://doi.org/10.1016/S0143-7496\(03\)00045-9](https://doi.org/10.1016/S0143-7496(03)00045-9)
- Grimberg, I., Bouaifi, B., Draigeñates, U., Soifer, K., y Weiss, B. (1994). Microstructure and adhesion mechanisms of TiN coatings on metallized acrylonitrile-butadiene-styrene. *Surface and Coatings Technology*, 68, 166-175. doi: [https://doi.org/10.1016/0257-8972\(94\)90155-4](https://doi.org/10.1016/0257-8972(94)90155-4)



- Kaminska, A., y Kaczmarek, H. K. (2002). The influence of side groups and polarity of polymers on the kind and effectiveness of their surface modification by air plasma action. *European Polymer Journal*, 38, 1915-1919. doi: [https://doi.org/10.1016/S0014-3057\(02\)00059-9](https://doi.org/10.1016/S0014-3057(02)00059-9)
- Kupfer, H., y Wolf, G. (2000). Plasma and ion beam assisted metallization of polymers and their application. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B*, 166, 722-731. doi: [https://doi.org/10.1016/S0168-583X\(99\)01192-1](https://doi.org/10.1016/S0168-583X(99)01192-1)
- Kupfer, H., Hecht, G., y Ostwald, R. (1999). Ecologically important metallization processes for high-performance polymers. *Surface and Coatings Technology*, 112, 379-383. doi: [https://doi.org/10.1016/S0257-8972\(98\)00782-8](https://doi.org/10.1016/S0257-8972(98)00782-8)
- Lobo, H., y Bonilla, J. V. (2003). *Handbook of plastics analysis* (Vol. 68). CRC Press. doi: <https://doi.org/10.1201/9780203911983>
- Mittal, K. L. (1998). *Metallized Plastics 5&6: Fundamental and Applied Aspects*. Utrecht: VSP. doi: <https://doi.org/10.1201/b11958>
- Mittal, K. L. (2013). *Metallized plastics 2: fundamentals and applied aspects*. New York: Springer Science & Business Media.

Mecanismo de reacción de la degradación de copolímeros de cicloolefinas en presencia de agentes prodegradantes

Mechanism of reaction of the degradation of cycloolefin copolymers in the presence of prodegradantes agents

Modalidad: Póster

Helia Bibiana León Molina¹
Mario Humberto Gutiérrez Villareal²
Ricardo Acosta³

¹ Universidad ECCI, grupo de investigación, Cra 19 N° 49 -20, Bogotá, Colombia. hleonm@ecci.edu.co

² Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA), Boulevard Enrique Reyna N° 140 Colonia San José de los Cerritos. C.P.25294, Saltillo, México.

³ Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA), Boulevard Enrique Reyna N° 140 Colonia San José de los Cerritos. C.P.25294, Saltillo, México.

Resumen

Se estudió la degradación de copolímeros de etileno norborneno en presencia de agentes prodegradantes. Se empleó la técnica de termogravimetría - cromatografía de gases/ espectroscopía de masas (TGA-GC/MS) complementada con espectroscopía de infrarrojo (IR) y se encontró que los datos arrojados por el análisis de TGA – GC/MS sugirieron que los productos evolutivos de la reacción de termo oxidación son fundamentalmente compuestos de 5 a 8 carbonos de tipo alquenos u oxigenados, mientras que el FTIR mostró que durante el proceso degradativo se forman cetonas, aldehídos, alcoholes, ácidos carboxílicos y éteres. Aunque se demostró que la presencia de agentes prodegradantes facilita la reacción de degradación, los copolímeros en presencia de agentes prodegradantes, no evidencian biodegradabilidad.

Palabras claves: Copolímeros de cicloolefinas, mecanismo de reacción, agentes prodegradantes, TGA-GC-MS..

Introducción

Los copolímeros de cicloolefinas (COC) son materiales amorfos basados en olefinas lineales y olefinas cíclicas. Debido a la presencia de grupos voluminosos en la cadena principal, se obtienen materiales que no poseen orden molecular, son translúcidos, rígidos, con altas temperaturas de transición vítrea (T_g), mayor resistencia térmica y mecánica, bajas contracciones, baja absorción de humedad y baja birrefringencia. Estos materiales han encontrado diversas aplicaciones tecnológicas, sin embargo, su baja absorción de humedad y excelentes propiedades ópticas, los hacen una interesante opción como materiales de empaque, por lo que es de interés estudiar su comportamiento degradativo (Shin, Park, Liu, y He, 2005).

Degradabilidad de Polímeros

Es conocido que los materiales poliméricos sintéticos con cadenas alifáticas saturadas, que no poseen heteroátomos como el oxígeno o grupos funcionales como hidroxilos o ácidos, no se consideran materiales biodegradables, es decir, que su descomposición en condiciones ambientales requiere largos tiempos de degradación (Ammala *et al.*, 2011). Como solución se ha probado la introducción de grupos funcionales oxigenados en las cadenas poliméricas, o la adición de agentes oxidantes que aceleren el proceso de degradación (Ammala *et al.*, 2011; Roy, Surekha, Rajagopal, y Choudhary, 2007; Roy, Surekha, Raman, y Rajagopal, 2009). El presente trabajo tiene como objetivo proponer el mecanismo de reacción de la degradación de copolímeros etileno – norborneno y relacionarlo con el comportamiento observado durante el seguimiento realizado a la termoxidación.



Materiales y Métodos

Se emplearon dos grados comerciales de copolímeros etileno norborneno, fabricados por Advanced Polymers GmbH bajo el nombre comercial Topas, con diferencia en el porcentaje de unidades cíclicas que contiene cada uno en la cadena principal, siendo este contenido de 55 % mol (A) y 38 % mol (B). Como agentes prodegradantes se emplearon estearato de hierro (F) y estearato de manganeso (M), fabricados por Santa Cruz Biotechnology, Inc.

Se extruyeron películas de los copolímeros puros y formulados de $50 \mu\text{m} \pm 0,5 \mu\text{m}$ de espesor. Para esto se empleó un extrusor mono husillo KILLION modelo KTS-100. Las formulaciones obtenidas se reportan la Tabla 1.

Tabla 1. Composición de las películas COC - prodegradante empleadas en estudio. Contenido de norborneno en la cadena principal de la resina base (N), tipo de prodegradante (P), contenido de prodegradante (C).

Formulación	N (%mol)	P	C (% m/m)
A	55	-	-
AF2	55	Estearato de hierro	0,5
AM2	55	Estearato de manganeso	0,5
B	38	-	-
BF2	38	Estearato de hierro	0,5
BM2	38	Estearato de manganeso	0,5

Fuente: Los autores

Determinación del Mecanismo de Reacción

Con la finalidad de proponer las posibles reacciones de termo oxidación de los copolímeros etileno norborneno puros y en presencia de agentes prodegradantes, se realizaron ensayos de TGA-GC/MS y FTIR. Durante el TGA-GC/MS, el polímero fue sometido a calentamiento desde 0 a 600 °C, en presencia de 2 % de oxígeno, obteniendo información acerca de los productos de descomposición de la degradación una vez que comienza la pérdida de peso de la muestra. En cuanto al FTIR, las muestras se calentaron de 50 °C a 550 °C extrayendo muestras cada 25 °C a las que se les realizó el ensayo. Así se obtuvo información de los grupos funcionales que se forman antes del inicio de la descomposición y de lo que permanece en la muestra una vez ha comenzado la pérdida de peso a través de la liberación de volátiles.

Resultados y discusiones

La tabla 2 muestra los productos más probables de la degradación de acuerdo con la comparación de los espectros de masas con la base de datos NIST.

Tabla 2. Compuestos identificados en los espectros de masas de B, BF2 y BM2, a través de la biblioteca NIST.

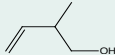
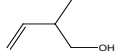
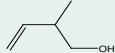
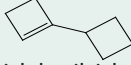
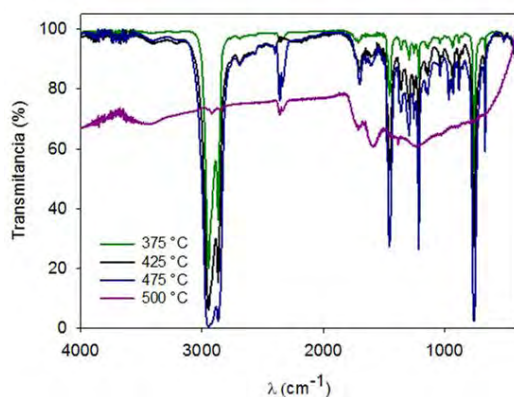
Muestra	R.T. en TIC (min)	Temperatura en TGA (°C)	Compuesto Identificado	Estructura Química	
B	77,263	397	1,3-ciclopentadieno		
	86,237	442	2-metil-3-buten-1-ol		
	86,266	442	Ciclopenteno	1,3 Ciclopentadieno	2-metil-3-buten-1-ol
	86,335	442	1,3-ciclohexadieno		
	86,715	442	1,3-ciclohexadieno	Ciclopenteno	1,3 ciclohexadieno
BF2	81,266	416	1,3-ciclohexadieno		
	86,231	442	2-metil-3-buten-1-ol	1,3 Ciclopentadieno	2-metil-3-buten-1-ol
	86,269	442	Ciclopenteno		
	86,338	442	1,3-ciclohexadieno	Ciclopenteno	1,3 ciclohexadieno
	86,718	442	1,3-ciclohexadieno		
BM2	81,263	416	1,3-ciclopentadieno		
	86,231	441	2-metil-3-buten-1-ol	1,3 Ciclopentadieno	2-metil-3-buten-1-ol
	86,266	441	Ciclopenteno		
	86,338	441	Ciclobutilciclobuteno	Ciclopenteno	1-ciclobutilciclobuteno
	90,274	461	Exo-Norborneol		

Tabla 2. Compuestos identificados en los espectros de masas de B, BF2 y BM2, a través de la biblioteca NIST. La Figura 1 muestra los espectros IR de la formulación AM2. Se observa la banda en la zona de los carbonilos, ubicada en 1715 cm^{-1} , correspondiente con el estiramiento de los enlaces C=O. Esta banda crece durante todo el seguimiento, indicando la formación de enlaces C=O, como producto del proceso termo oxidativo. La banda ubicada en 1456 cm^{-1} , correspondiente con la flexión del enlace C-H (Ali *et al.*, 2016), se mantiene hasta los 475 °C , sin embargo, a los 500 °C es posible notar que prácticamente desaparece, así como las bandas alrededor de 2900 cm^{-1} , correspondientes con el estiramiento del enlace C-H (Miwa, Kikuchi, Ohtake, y Tanaka, 2011). Esto puede indicar la ruptura de la cadena debido al progreso de la termo oxidación, en la que se da la transformación de unos grupos funcionales en otros, y la generación de productos volátiles de bajo peso molecular. Este fenómeno fue observado previamente (Dixit, Dixit, y Verma, 2016), para la termo oxidación de desechos de PE mezclados con fibras naturales de yute.

**Figura1.** Espectros IR de la formulación AM2, sometida a las temperaturas de descomposición.**Fuente:** Los autores



Conclusiones

La reacción de termo oxidación ocurre vía radicales libres a través de la escisión molecular y el entrecruzamiento, simultáneamente, en al menos tres etapas.

El TGA-GC/MS permitió concluir que los productos evolventes de la termo oxidación son moléculas carbonadas de 5 a 8 carbonos, de tipo alquenos y oxigenados.

Los grupos funcionales que se forman durante la termo oxidación son: aldehídos, cetonas, ácidos carboxílicos, alcoholes y ésteres.

Referencias

- Ali, S. S., Qazi, I. A., Arshad, M., Khan, Z., Voice, T. C., y Mehmood, C. T. (2016). Photocatalytic degradation of low density polyethylene (LDPE) films using titania nanotubes. *Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management*, 5, 44-53. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.enmm.2016.01.001>
- Ammala, A., Bateman, S., Dean, K., Petinakis, E., Sangwan, P., Wong, S., . . . Leong, K. H. (2011). An overview of degradable and biodegradable polyolefins. *Progress in Polymer Science*, 36(8), 1015-1049. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.progpolymsci.2010.12.002>
- Dixit, S., Dixit, G., & Verma, V. (2016). Thermal degradation of polyethylene waste and jute fiber in oxidative environment and recovery of oil containing phytol and free fatty acids. *Fuel*, 179, 368-375. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.fuel.2016.04.004>
- Miwa, S., Kikuchi, T., Ohtake, Y., y Tanaka, K. (2011). Surface degradation of poly(ethylene-co-propylene-co-5-ethylidene-2-norbornene) terpolymer by ozone in water. *Polymer Degradation and Stability*, 96(8), 1503-1507. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.polymdegradstab.2011.05.001>
- Roy, P. K., Surekha, P., Rajagopal, C., y Choudhary, V. (2007). Thermal degradation studies of LDPE containing cobalt stearate as pro-oxidant. *Express Polym. Lett*, 1(4), 208-216.
- Roy, P. K., Surekha, P., Raman, R., y Rajagopal, C. (2009). Investigating the role of metal oxidation state on the degradation behaviour of LDPE. *Polymer Degradation and Stability*, 94(7), 1033-1039. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.polymdegradstab.2009.04.025>
- Shin, J., Park, J. Y., Liu, C., y He, J. (2005). Chemical Structure and Physical Properties of Cyclic Olefin Copolymers (IUPAC Technical Report). *Pure Appl. Chem.*, 77(5), 14.

Extrusión de polipropileno con anhídrido maléico propiciando la funcionalización en fundido con 2,5-dimetil-2,5-di (terc-butilperoxi) hexano

Extrusion polypropylene with maleic anhydride propitiating the melt functionalization with 2,5-dimethyl-2,5-di (tert-butylperoxy) hexane

Modalidad: Comunicación oral

Ginna Marcela Parra Rodríguez¹
 Angélica Vélez Saker²
 Leda Pernet Bolaño³
 Jorge Vélez Hoyos⁴

¹ Universidad del Atlántico, Catálisis heterogénea, Km 7 vía Puerto, Barranquilla, Colombia. gmparra@mail.uniatlantico.edu.co

² Universidad del Atlántico, Catálisis heterogénea, Km 7 vía Puerto, Barranquilla, Colombia. avelezs@mail.uniatlantico.edu.co

³ Universidad del Atlántico, Catálisis heterogénea, Km 7 vía Puerto, Barranquilla, Colombia. ledapernett@mail.uniatlantico.edu.co

⁴ ESENTTIA, Departamento I&D, Zona ind. Mamonal, Kilómetro 8, Cartagena, Colombia. jorvel@jorgevelez.co

Resumen

Para mejorar las propiedades de las poliolefinas se implementó la funcionalización. El presente trabajo procesó polipropileno con anhídrido maléico como agente compatibilizante utilizando una extrusora convencional. Se caracterizó la muestra con análisis de FTIR, evidenciando presencia de grupos carbonilos en la matriz polimérica, e índice de fluidez, indicando que el material reprocesado tuvo mayor grado de injerto cambiando de MFI 153 a 142 g/10 min. Se procesó Masterbatch con fibra de vidrio, al 3, 6 y 9 %, de PP-AM. Las pruebas mecánicas demostraron el aumento de resistencia al impacto, tensión y elongación máxima a la cedencia un 4,6 %. La prueba del módulo de Young y 1 % secante incrementó el módulo elástico un 9,3 %. La espectrofotometría corroboró un bajo índice de amarillamiento.

Palabras claves: Polipropileno, anhídrido maléico, peróxido, funcionalización, extrusora y modificación.

Introducción

La no polaridad de las poliolefinas da como resultado una excelente resistencia química, aunque también representa una desventaja en aplicaciones que requieren afinidad y adhesión entre estas y moléculas polares (Diop y Torkelson, 2013). Se ha usado la funcionalización como un método de modificación para potencializar diferentes tipos de polímeros termoplásticos. Este método consiste en la inserción de grupos funcionales vía radicales libres usando un peróxido como iniciador (Guzmán y Murillo, 2014). La inserción se da con la reacción entre el polímero y un monómero vinílico, como lo es el anhídrido maléico, el cual es uno de los más utilizados a nivel mundial (QYResearch Maleic anhydride grafted compatibilizer Research Center, 2014) debido a que es un poderoso receptor de electrones, capaz de formar injertos en la cadena polimérica (Rosestela, 1999). La modificación química cobra gran importancia, ya que resulta ser una forma rápida y económica de sintetizar polímeros con las propiedades deseadas. Es por esto que realizar este tipo de procesamientos en extrusoras monohusillo no diseñadas para procesos de alta mezcla, se convierte en un atractivo para la industria al existir la posibilidad de producir este injerto a gran escala con equipos usualmente utilizados en producción de composites.

Materiales y Métodos

Materiales

Polipropileno homopolímero con índice de fluidez 3.0 (g/10min) así como el paquete de aditivos estabilizadores estándar, el peróxido en estado líquido usado, 2,5-dimetil- 2,5di(terc-butilperoxi)hexano (DHBP) y el Polybond 7200 (Muestra A), material usado para hacer la comparación del proceso metodológico. Fibra de vidrio usada como relleno para el proceso de obtención del Masterbatch en la caracterización del material.

Método

Se homogenizó resina de polipropileno con los aditivos estabilizadores, peróxido y anhídrido maleico en un mixer. El material obtenido se alimentó a la tolva, sometiéndose a un proceso de fundición en la extrusora monohusillo durante 5 minutos, con una temperatura 200-230-220 °C a lo largo de las zonas de la extrusora y a una velocidad de 202 rpm. Se realizó un proceso de molienda (Muestra B). Se alimentó nuevamente a la tolva de la extrusora (Muestra C) material proveniente de la primera extrusión con las mismas condiciones. Se pesaron las cantidades de resina, fibra de vidrio y polipropileno funcionalizado con anhídrido maléico para la obtención del Masterbatch. Cada muestra se extruyó a las condiciones aplicadas en las extrusiones anteriores. Se procedió a realizar un proceso de dilución utilizando polipropileno homopolímero en el Masterbatch obtenido en la etapa anterior. Se caracterizó la muestra obtenida.

Resultados y discusiones

Análisis FTIR

La figura 1 muestra la comparación entre los espectros. De acuerdo a la literatura reportada para los espectros de transmitancia de este tipo de moléculas la banda de 1.860 cm⁻¹ se manifiesta debido a la acción de los grupos carbonílicos (Gallego, López, y Gartner, 2006; Chongprakobkit, Opaprakasit, y Chuayjuljit, 2007). La banda de 1.780 cm⁻¹ es característica de los grupos carbonílicos para el anhídrido injertado como un anillo (Gartner, Suárez, y López, 2008). La banda de 1.710 cm⁻¹ corresponde a los grupos carboxílicos extendidos sobre la cadena polimérica insertándose en forma de ácido (Hoyos, Fina, Carniato, Prato, y Monticelli, 2011).

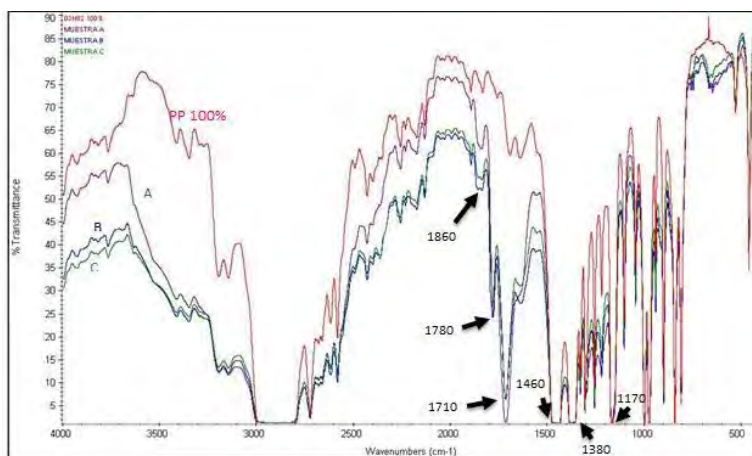


Figura 1. Espectros FTIR para cada muestra obtenida.

Fuente: Los autores.

Análisis MFI

La figura 2 muestra la comparación entre los índices de fluidez para el Polybond 7200 (Muestra A), el polipropileno obtenido en la primera extrusión (Muestra B) y el polipropileno re-extruido (Muestra C) donde se observa una disminución del índice de fluidez en la muestra C, lo que indica que esta posee una mayor viscosidad.

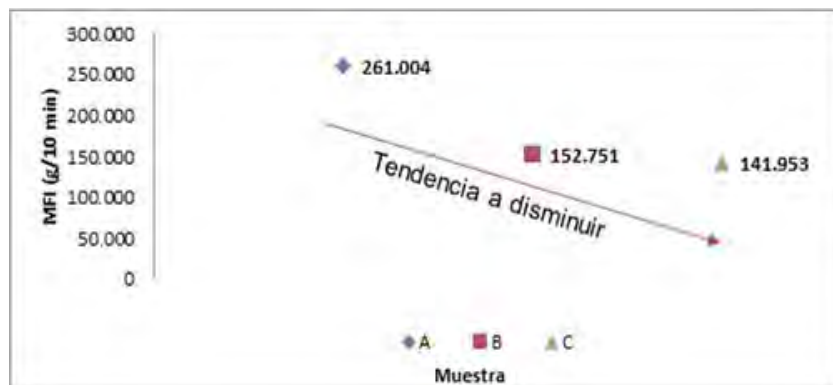


Figura 2. Resultados de índices de fluidez de las muestras estudiadas.

Fuente: Los autores

Resistencia al impacto

En la figura 3 se muestra la media de la energía absorbida para cada muestra y se evidencia que al aumentar la cantidad de polipropileno funcionalizado con anhídrido maleico al Masterbatch, aumentó la resistencia al impacto.

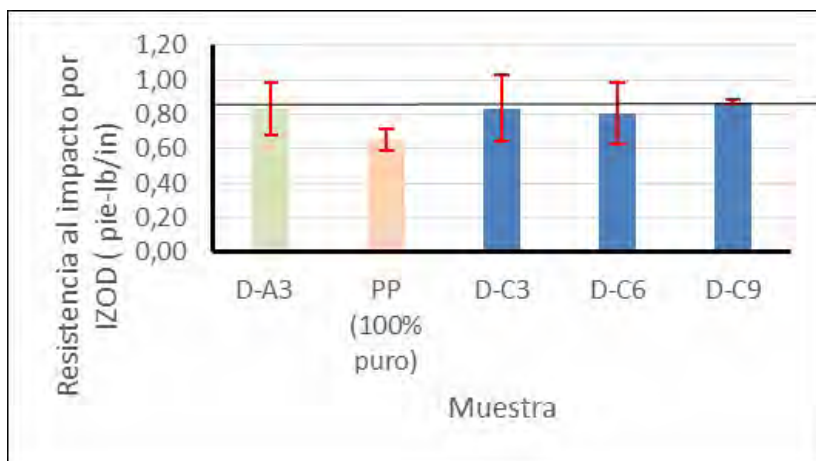


Figura 3. Variación de la resistencia al impacto de acuerdo al porcentaje de polipropileno funcionalizado.

Fuente: Los autores

Elongación máxima a la cedencia

La figura 4 se evidencia que a mayor resistencia a la tensión menor elongación, dicho comportamiento propio del material se puede observar en la tendencia creciente al aumento de la elongación para las muestras con PP-AM laboratorio (D-C3, D-C6, D-C9).

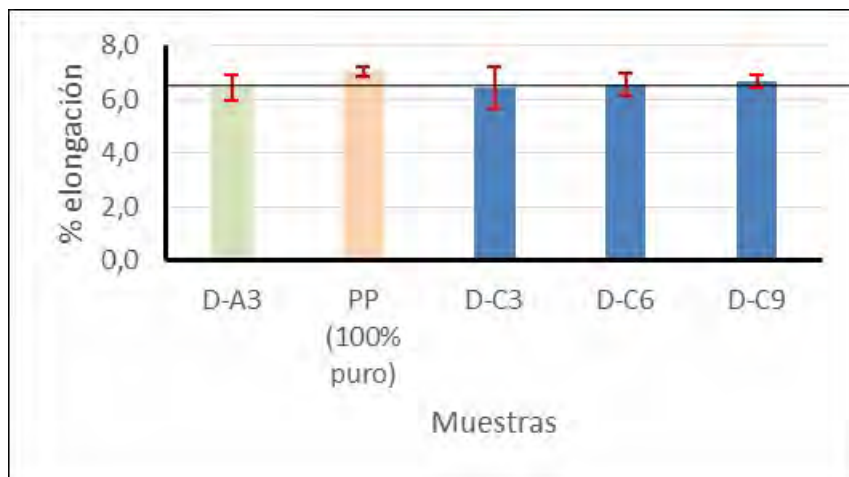


Figura 4. Variación de la elongación máxima a la cedencia de acuerdo al porcentaje de polipropileno funcionalizado.
Fuente: Los autores

Módulo de elasticidad o módulo de Young

En la figura 5 se puede observar que los resultados del módulo de Young entre una muestra y otra son estadísticamente iguales, es decir, presentan una distribución normal.

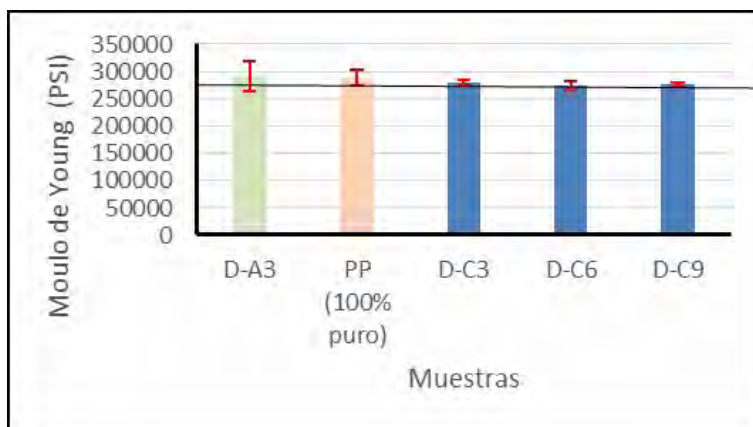


Figura 5. Variación del módulo de Young de acuerdo al porcentaje de polipropileno funcionalizado.
Fuente: Los autores.

Módulo de flexión 1% secante

La figura 6 evidencia que los resultados entre las muestras analizadas son estadísticamente iguales lo que proporciona confiabilidad en las propiedades del material sintetizado en este estudio.

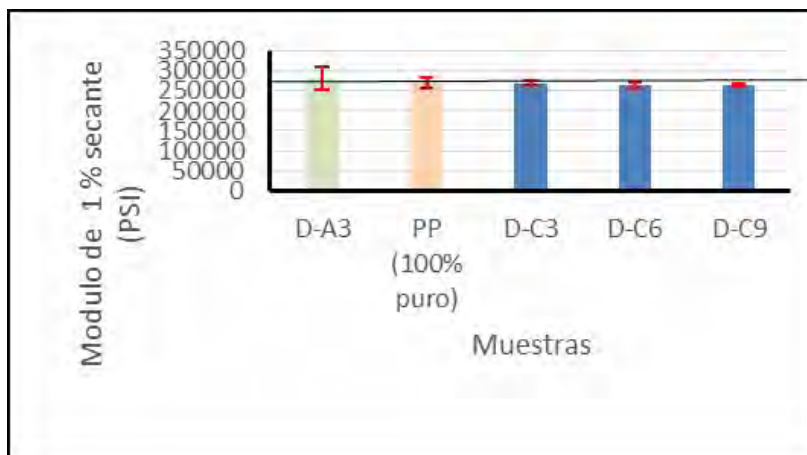


Figura 6. Variación del módulo de flexión 1 % secante de acuerdo al porcentaje de polipropileno funcionalizado.
Fuente: Los autores.

Índice de amarillamiento

En la figura 7, la cual representa el modelo de color CIELAB, se puede observar que a medida que se aumentó el porcentaje de anhídrido maléico en las muestras, se obtuvo una tendencia a la zona de color $-b^*$.



Figura 7. Representación del modelo de color CIELAB ($L^*a^*b^*$) para cada muestra estudiada.
Fuente: Los autores.

Conclusiones

1. Es posible desarrollar la funcionalización de polipropileno con anhídrido maléico en una extrusora convencional bajo parámetros como los establecidos en este estudio.
2. Reprocesar el material sintetizado de PP-AM, disminuyó levemente en valor de MFI 153 A MFI 142 g/10 min y por ende aumentó el peso molecular y la viscosidad del producto.
3. Al aumentar el porcentaje de PP-AM a 3 %, 6 % y 9 % en un masterbatch con fibra de vidrio, aumentó la propiedad de resistencia al impacto en el compuesto final hasta en un 4,6 %.



4. El agente compatibilizante aumentó la tensión y a su vez la rigidez del material, así como disminuyó su elongación, hasta en un 9,3 % comparado con las muestras sin dicho agente.

Referencias

- Chongprakobkit, S., Opaprakasit, M., y Chuayjuljit, S (2007). Use of PP-g-M Prepared by Solution Process as Compatibilizer in Polypropylene/Polyamide 6 Blends. *Journal of Metals, Materials and Minerals.*, 17(1), 9-16.
- Diop, M. F., y Torkelson, J. M. (2013). Maleic anhydride functionalization of polypropylene with suppressed molecular weight reduction via solid-state shear pulverization. *Polymer*, 54(16), 4143-4154. doi: <https://doi.org/10.1016/j.polymer.2013.06.003>
- Gallego, K., López, B. L., y Gartner, C. (2006). Estudio de mezclas de polímeros reciclados para el mejoramiento de sus propiedades. *Revista Facultad de Ingeniería*, 37, 59-70.
- Gartner, C., Suárez, M., y López, B. L. (2008). Grafting of maleic anhydride on polypropylene and its effect on blending with poly (ethylene terephthalate). *Polymer Engineering & Science*, 48(10), 1910-1916. doi: <https://doi.org/10.1002/pen.21106>
- Guzmán, M., y Murillo, E. A. (2014). Funcionalización de polietileno de baja densidad con anhídrido maleico en estado fundido. *Polímeros: Ciência e Tecnologia*, 24(2), 162-169. doi: <https://doi.org/10.4322/polimeros.2014.034>
- Hoyos, M., Fina, A., Carniato, F., Prato, M., y Monticelli, O. (2011). Novel hybrid systems based on poly (propylene-g-maleic anhydride) and Ti-POSS by direct reactive blending. *Polymer degradation and stability*, 96(10), 1793-1798. doi: <https://doi.org/10.1016/j.polymdegradstab.2011.07.018>
- QYResearch Maleic anhydride grafted compatibilizer Research Center. (2014). *Market Research Report on Global and China Maleic anhydride grafted compatibilizer Industry*. China.
- Rosestela Perea, B. (1999). *Modificación de diferenetes polietilenos mediante extrusión reactiva*. (Trabajo de Ascenso para optar a la Categoría de Profesor Asociado), UNIVERSIDAD SIMON BOLIVAR, Sartenej.



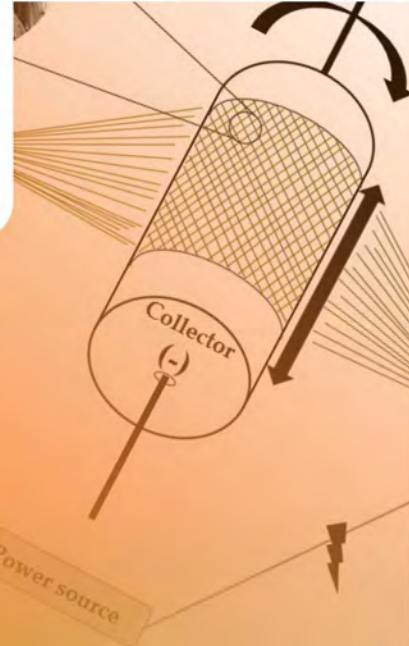
**IV Simposio
DE MATERIALES
POLIMÉRICOS**



Res. No. 18743, 2017-2021.



Vigilada MinEduación.



Biopolímeros

Revista Informador Técnico, Volumen 82 n2 - Suplemento I- 2018

IV Simposio de Materiales Poliméricos - 13 y 14 de Septiembre de 2018, Cali - Colombia

CONTENIDO

Edible coatings and films based on potato starch for potential use in the preservation of andean berry	75
Alex López Córdoba, Santiago Estevez-Areco, Silvia Goyanes	
Materiales biodegradable activos a base de almidón y alcohol polivinílico	79
Carolina Medina-Jaramillo, Alex Fernando López-Córdoba	
Evaluación de exopolisacárido obtenido de microorganismo láctico aplicado como película comestible a embutido carnico tipo chorizo	82
Juan D. ortega O., Brayan S. Ortiz V., Cristina Ramírez, German Bolívar	
Desarrollo de un biofilm en base a PLA cargado con iones de cobre soportados en nanopartículas de zeolita natural chilena y reforzado con nanofibras de celulosa para el empaque de alimentos cárnicos	89
Judith Vergara, William Gacitúa, Serguei Alejandro	
Efecto de la inclusión de una fibra prebiótica: inulina en películas comestibles de almidón de yuca	95
Julieth Orozco, Cristian C. Villa, Clara M. Mejía	
Obtención de quitosano a partir de escamas residuales del proceso de comercialización de tilapia roja (<i>Oreochromis sp</i>)	99
Soraya Alzáte-Pérez, Yesica-Johana Vargas-Mira, Miller-Danian Lizarazo-Parra, Edwing Velasco	
Bioplásticos de colágeno parcialmente hidrolizado obtenido de las escamas del bocachico (<i>Prochilodum magdalenae</i>), reforzados con cáscarilla de arroz	103
Soraya Isabel Alzáte-Pérez, Juan Pablo Quintanilla Caballero, Carlos Rolando Paredes Niño, Edwing Velasco	
Residuos de poda de arándano: una potencial fuente de celulosa	107
Claudia M. Pacheco P., Cecilia Bustos, Guillermo Reyes, Maria Graciela Aguayo, Orlando J. Rojas	
Evaluación de resultados de la degradación de un bioplástico sometido a procesos de compostaje según norma ASTM D-6400 y D-5988	112
Pedro Rodríguez Sandoval, Andrés Felipe Medina Sánchez, Oscar Eduardo Ariza León	

Edible coatings and films based on potato starch for potential use in the preservation of andean berry

Recubrimientos y películas comestibles a base de almidón de patata para uso potencial en la conservación de la baya andina

Modalidad: Póster

Alex López Córdoba¹
Santiago Estevez-Areco²
Silvia Goyanes³

¹ Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Facultad Seccional Duitama. Escuela de Administración de Empresas Agropecuarias. Boyacá, Colombia. Corresponding author: alex.lopez01@uptc.edu.co.

² Universidad de Buenos Aires. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Departamento de Física, Laboratorio de Polímeros y Materiales Compuestos (LP&MC), Instituto de Física de Buenos Aires (IFIBA-CONICET), Buenos Aires, Argentina.

³ Universidad de Buenos Aires. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Departamento de Física, Laboratorio de Polímeros y Materiales Compuestos (LP&MC), Instituto de Física de Buenos Aires (IFIBA-CONICET), Buenos Aires, Argentina.

Abstract

Edible films and coating-forming suspensions based on potato starch were successfully produced. Films showed a homogenous and compact structure and excellent transparency. Moreover, they showed typical infrared spectra and thermal degradation patterns as glycerol-plasticized starch films. Andean berries were dip-coated by immersion in the potato starch-based coating solutions. These coatings were well adhered and gave the fruit surface a bright appearance. These preliminary studies suggest that the use of potato starch-based coatings and films constitute a promising strategy for the preservation of Andean berries during postharvest.

Palabras claves: Andean Berry; Edible coatings; Films; Postharvest; Starch

Introduction

Andean Berry (*Vaccinium meridionale* Swartz) is a wild shrub native to Andean South America, which grows between 2000 and 3800 m above sea level (Celis, *et al.*, 2017). This fruit is well known because is a rich source of compounds associated with health benefits such as anthocyanins, antioxidants and vitamins (Garzón, Narváez, Riedl, & Schwartz, 2010) total phenolic content, anthocyanin content, and antioxidant activity. In addition, high-performance liquid chromatography with photodiode array detection (HPLC–DAD). However, Andean berry deteriorates rapidly during postharvest.

The application of edible coatings on fruits and vegetables allows to extend their shelf life because these materials act as an external protective layer slowing the respiration rate and reducing moisture and solute migration, gas exchange, oxidative reaction rates, as well as suppress physiological disorders (Aloui & Khwaldia, 2016). Several polymers from natural origin have been used for the fabrication of edible coatings including starch, alginate, chitosan, pectin and cellulose derivatives, among others. Among them, starches are well known for their good film-forming properties and functionalities (López-Córdoba, Medina-Jaramillo, Piñeros-Hernandez, & Goyanes, 2017).

Boyacá (Colombia) is one of the most important producers of several types of potatoes including the native Andean potatoes, which are gaining growing interest in the last years. This tuber represents an important source of starches which

can be used for several food and nonfood applications (Tong, Ahmed, Pang, Zhou, & Bao, 2018). In the current work, edible films based on potato starches were obtained and characterized by SEM, UV-Vis, TGA and FTIR. Moreover, the same formulations were used as coating-forming suspensions and applied on Andean berries.

Material and methods

Starch was isolated from potatoes variety Diacol capiro purchased at a local market in Duitama, Boyacá (Colombia). Films were obtained by solvent casting process as reported in previous works (López-Córdoba *et al.*, 2017) and characterized by scanning electron microscopy, Fourier transform infrared spectroscopy, thermogravimetric analysis (TGA) and UV-Vis spectroscopy.

Andean berries (*Vaccinium meridionale* Swartz) were obtained from a local supermarket from the same batch. Visual inspection was conducted to ensure consistent ripeness and absence of major defects or physical damages that could interfere with the experiments. Fruits were dip-coated by immersion in the coating solutions for 90 s, drained of excess coating, and air-dried at room temperature during 24 h.

Results and discussion

Figure 1 shows SEM images of the surface cross-sections of the glycerol-plasticized potato starch films. It can be seen that the films showed an ordered and homogeneous structure (without pores or cracks).

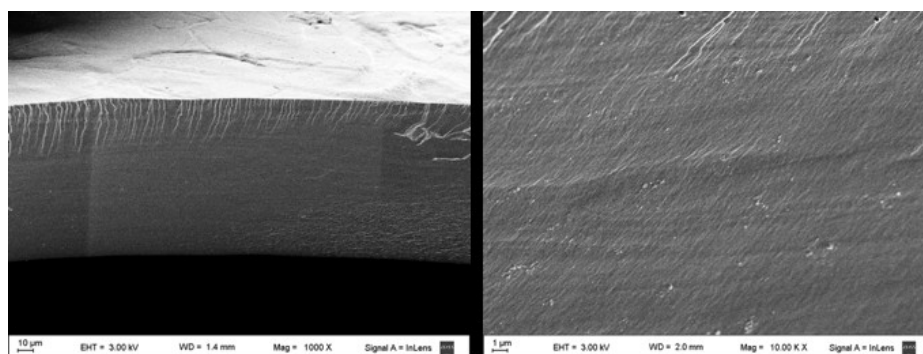


Figure 1. SEM micrographs of surface cross-sections of glycerol-plasticized potato starch films.

Source: The authors

Films showed high values of light transmittance (c.a. 80%) in the visible light wavelength range (Figure 2a). Moreover, they showed excellent contact transparency enough to be used as see-through packaging (Figure 2b). Similar results were reported for biodegradable films obtained from other botanical starch sources such as cassava, corn and yam (López-Córdoba *et al.*, 2017).

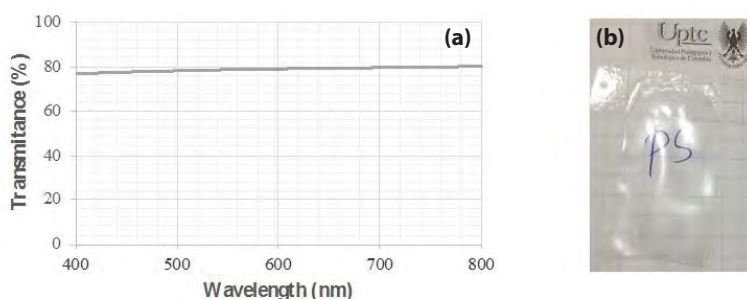


Figure 2. (a) Light transmittance (%) and (b) contact transparency pictures of potato starch films

Source: The authors

IR spectra of potato starch films showed characteristic bands of potato starch. Moreover, thermogravimetric analysis showed a typical thermal degradation pattern as glycerol-plasticized starch films (López-Córdoba *et al.*, 2017).

Figure 3 shows pictures of the coated Andean berries. It can be seen that coatings form a good film on the surface of the Andean berries, giving the fruit a bright, translucent, fresh-like appearance.



Figure 3. Digital images of Andean berries coated with potato starch suspensions
Source: The authors

Conclusions

Potato starch constitutes a promising material for the development of edible films and coatings for use in food packaging applications. This biopolymer allowed to obtain films with good homogeneity, transparency and thermal stability. Moreover, the application of coating-forming starch suspensions on Andean berries proved to be a suitable way of adding value to Andean berries. In a future stage, coated Andean berries will be stored under different conditions of temperature and relative humidity and monitored periodically in order to evaluate the changes in their physicochemical, microbiological and sensory properties along storage. It is expected that the application of potato starches based edible coatings on Andean berries allows to improve their appearance and to prevent their postharvest damage.

Acknowledgements

The authors would like to thank the Colciencias-Gobernación de Boyacá (Conv. 794-2017 proyectos de I+D para el desarrollo tecnológico de base biológica depto de BOYACÁ), Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (Proyecto SGI 2461) and Universidad de Buenos Aires for their financial support.

References

- Aloui, H., & Khwaldia, K. (2016). Natural Antimicrobial Edible Coatings for Microbial Safety and Food Quality Enhancement. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 15(6), 1080–1103. doi: <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12226>
- Celis, M. E., Franco Tobón, Y. N., Agudelo, C., Arango, S. S., & Rojano, B. (2017). Andean Berry (*Vaccinium meridionale* Swartz). In Yahia, E. (Ed.). (2017). *Fruit and Vegetable Phytochemicals: Chemistry and Biological Functions*, 2nd Edition. John Wiley & Sons, Inc.



- Garzón, G. A., Narváez, C. E., Riedl, K. M., & Schwartz, S. J. (2010). Chemical composition, anthocyanins, non-anthocyanin phenolics and antioxidant activity of wild bilberry (*Vaccinium meridionale* Swartz) from Colombia. *Food Chemistry*, 122(4), 980–986. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.03.017>
- López-Córdoba, A., Medina-Jaramillo, C., Piñeros-Hernandez, D., & Goyanes, S. (2017). Cassava starch films containing rosemary nanoparticles produced by solvent displacement method. *Food Hydrocolloids*, 71, 26–34. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2017.04.028>
- Tong, C., Ahmed, S., Pang, Y., Zhou, X., & Bao, J. (2018). Fine structure and gelatinization and pasting properties relationships among starches from pigmented potatoes. *Food Hydrocolloids*, 83, 45–52. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2018.04.036>

Materiales biodegradable activos a base de almidón y alcohol polivinílico

Biodegradable active materials based on starch and polyvinyl alcohol

Modalidad: Póster

Carolina Medina-Jaramillo¹
Alex Fernando López-Córdoba²

¹ Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Facultad Seccional Duitama. Escuela de Administración de Empresas Agropecuarias. Boyacá, Colombia. caromedina1986@gmail.com, alex.lopez01@uptc.edu.co

² Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Facultad Seccional Duitama. Escuela de Administración de Empresas Agropecuarias. Boyacá, Colombia. caromedina1986@gmail.com, alex.lopez01@uptc.edu.co

Resumen

Se desarrollaron películas a base de almidón (TPS) y alcohol polivinílico (PVA) con y sin agregado de extracto de yerba mate (TPS-PVA-YM y TPS-PVA respectivamente). Los materiales se caracterizaron mediante calorimetría diferencial de barrido (DSC) y análisis termogravimétrico (TGA) y los resultados obtenidos indicaron que la adición de extracto de yerba mate provocó una disminución en la temperatura de fusión del material compuesto y un cambio en el patrón de termodegradación a temperaturas entre 200 °C y 286 °C.

Palabras claves: alcohol polivinílico, almidón, extracto de yerba mate, películas biodegradables

Introducción

La mayoría de los plásticos son producidos a partir del petróleo y sus derivados, que son recursos no renovables, que generan problemas ambientales como la emisión de gases de invernadero (Philp, Ritchie, y Guy, 2013). En la industria de alimentos existe una preocupación por la producción de materiales de envase para alimentos más amigables con el ambiente. En este contexto, los polímeros de origen natural, como el almidón, constituyen una alternativa eco-compatible para el desarrollo de envases debido a que son biodegradables, no tóxicos, abundantes y de bajo costo (Sousa, y Gonçalves, 2015). El alcohol polivinílico (PVA) es un material producido de la hidrólisis de acetato de polivinilo (Raj, y Somashekar, 2004), la excelente resistencia química, óptica y las propiedades físicas de las resinas de PVA han resultado en amplios usos industriales, por esto la combinación con otros polímeros mejoran el rendimiento y en el caso del uso de almidón mejora las propiedades ecológicas. Tanto el PVA como el almidón son polímeros polares; por lo tanto, un compuesto de PVA-Almidón es probable que produzca un material que tenga excelente mecánica propiedades y comportamiento de barrera. El objetivo de este trabajo fue desarrollar materiales a base de almidón, alcohol polivinílico y extracto de yerba mate para su aplicación como envases biodegradables de alimentos; buscando una mejora a las propiedades de los materiales biodegradables, así como la obtención de un envase activo.

Materiales y Métodos

Para la fabricación de los diferentes materiales se utilizó glicerol de calidad alimentaria, almidón, PVA y yerba mate comercial. Las películas se prepararon por el método de moldeado ("casting") mediante la mezcla y calentamiento del almidón, PVA (30 %, base almidón), glicerol, agua y extracto de yerba mate en el caso de TPS-PVA-YM. Los materiales se caracterizaron mediante análisis termogravimétrico (TGA) en un equipo Shimadzu DTG-60 desde temperatura ambiente hasta 400 °C a 10 °C/min bajo un flujo de nitrógeno de 30 mL/min y la temperatura de fusión de las películas se determinó mediante calorimetría diferencial de barrido (DSC) con un equipo Mettler Toledo Schwerzenbach, desde temperatura ambiente hasta 200 °C a 10 °C/min bajo un flujo de nitrógeno de 30 mL/min.

Resultados y discusiones

En la Figura 1, se observa un pico endotérmico en un intervalo de 40 °C a 180 °C para los dos sistemas de películas desarrolladas con una temperatura máxima para TPS-PVA de 110 °C y 102 °C para TPS-PVA-YM, observándose una disminución para las películas con extracto. La aparición de un solo pico de fusión podría indicar una sinergia entre los dos polímeros usados. Talja, Helén, Roos, y Jouppila (2007), Medina, Ochoa, Bernal y Famá, (2017). reportaron disminución de dicha temperatura en materiales termoplásticos con la adición de diferentes extractos naturales con alto contenido de polifenoles y atribuyen tal efecto a los compuestos de bajo peso molecular característico de plastificantes.

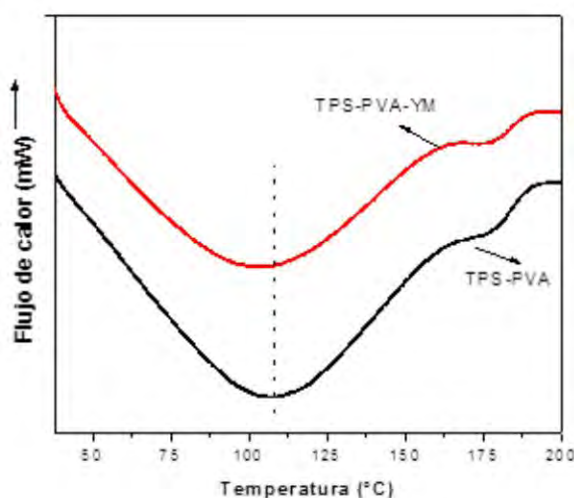


Figura 1. Termograma de calentamiento
Fuente: Los autores

La Figura 2, muestra la estabilidad térmica de los materiales donde se producen tres etapas de descomposición. Una primera pérdida de masa a temperaturas entre 100 °C a 150 °C, la segunda pérdida entre 180 °C a 250 °C y una última pérdida de masa entre 250 °C a 400 °C resultando una mayor pérdida de masa en todas las etapas para las películas con extracto de yerba mate comparado con las películas TPS-PVA. La literatura reporta pérdidas de masa para materiales termoplásticos a iguales temperaturas y las atribuye a la evaporación del contenido de agua, descomposición del contenido de plastificante y degradación de los componentes de los polímeros para la primera, segunda y tercera pérdida de masa respectivamente (Ayala, Agudelo y Vargas, 2012; García, Famá, Dufresne, Aranguren y Goyanes, 2009; Medina, Ochoa, Bernal y Famá, 2017).

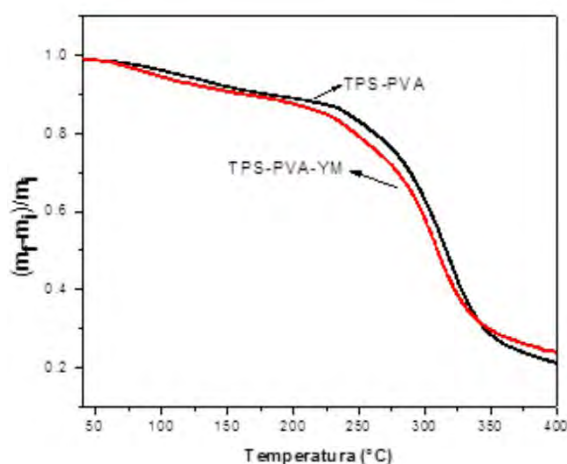


Figura 2. Pérdida de masa
Fuente: Los autores

La mayor pérdida de masa para TPS-PVA-YM, podría asociarse a los compuestos de bajo peso molecular del extracto de yerba mate que podrían estar actuando como un plastificante, además la mayor masa residual en TPS-PVA-YM podría atribuirse a los compuestos con anillos aromáticos que tienden a producir leves concentraciones de carbón que son estables hasta 600 °C bajo atmósfera de nitrógeno (Patel *et al.*, 2010).

Conclusiones

Los materiales compuestos desarrollados resultaron sinérgicamente compatibles mostrando un solo pico endotérmico de fusión, Además los materiales con adición de extracto de yerba mate mostraron una disminución en la temperatura de fusión y una mayor pérdida de masa comparado con los que no contenían extracto; comportamiento característico de materiales con mayor contenido de plastificante.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (UPCT) por su apoyo financiero para el desarrollo del trabajo realizado.

Referencias

- Ayala, G., Agudelo, A., y Vargas, R. (2012). Effect of glycerol on the electrical properties and phase behavior of cassava starch biopolymers. *Dyna*, 79(171) 138-147.
- García, N. L., Famá, L., Dufresne, A., Aranguren, M., y Goyanes, S. (2009). A comparison between the physico-chemical properties of tuber and cereal starches. *Food Research International*, 42(8), 976-982. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2009.05.004>
- Medina-Jaramillo, C., Ochoa-Yepes, O., Bernal, C., y Famá, L. (2017). Active and smart biodegradable packaging based on starch and natural extracts. *Carbohydrate Polymers*, 176, 187-194. doi: <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2017.08.079>
- Patel, P., Hull, T. R., McCabe, R. W., Flath, D., Grasmeder, J., y Percy, M. (2010). Mechanism of thermal decomposition of poly(ether ether ketone) (PEEK) from a review of decomposition studies. *Polymer Degradation and Stability*, 95(5), 709-718. doi: <https://doi.org/10.1016/j.polymdegradstab.2010.01.024>
- Philp, J.C., Ritchie, R.J., y Guy, K. (2013). Biobased plastics in a bioeconomy, *Trends in Biotechnology*, 31(2), 65-67. doi: <https://doi.org/10.1016/j.tibtech.2012.11.009>
- Raj, B., y Somashekar, R. (2004). Structure–Property relation in Polyvinyl Alcohol/Starch composites. *Journal of Applied Polymer Science*, 91(1), 630-635. doi: <https://doi.org/10.1002/app.13194>
- Sousa, A.M., y Gonçalves, M.P. (2015). Strategies to improve the mechanical strength and water resistance of agar films for food packaging applications, *Carbohydrate Polymers*, 132, 196-204. doi: <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2015.06.022>
- Talja, R. A., Helén, H., Roos, Y. H., y Jouppila, K. (2007). Effect of various polyols and polyol contents on physical and mechanical properties of potato starch-based films. *Carbohydrate Polymers*, 67(3), 288-295. doi: <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2006.05.019>



Evaluación de exopolisacárido obtenido de microorganismo láctico aplicado como película comestible a embutido carnico tipo chorizo

Evaluation of exopolysaccharide obtained from lactic microorganism applied as an edible film to meat sausage type chorizo

Modalidad: Póster

Juan D. ortega O.^{1*}
Brayan S. Ortiz V.^{2*}
Cristina Ramírez³
German Bolívar⁴

¹ Universidad del Valle. Facultad de Ingeniería, Santiago de Cali, Colombia.
*juan.david.ortega@correounivalle.edu.co

² Universidad del Valle. Facultad de Ingeniería, Santiago de Cali, Colombia.
*brayan.ortiz@correounivalle.edu.co

³ Universidad del Valle. Docente Facultad de Ingeniería. Santiago de Cali, Colombia

⁴ Universidad del Valle. Docente Facultad de ciencias exactas y naturales, Santiago de Cali, Colombia

Resumen

Las pérdidas de productos cárnicos en Colombia son de 269.000 t dada su condición de perecibilidad, lo que demanda la aplicación de técnicas en su procesamiento y almacenamiento. Una de las alternativas para solucionar este problema son las películas comestibles (PC) que pueden ser formuladas a partir de una mezcla de materias primas naturales y biodegradables. En este trabajo se evaluaron las propiedades del exopolisacárido (EPS) obtenido de bacterias ácido lácticas (BAL) autóctonas aplicadas como película comestible a embutido tipo chorizo, el material fue mezclado con Alginato, Goma xathan y Glicerol, seguidamente sometido a un proceso de secado, obteniendo una PC que logró mejorar la conservación del embutido debido a las propiedades físico-mecánicas del material.

Palabras claves: Exopolisacáridos (EPS), bacterias ácido lácticas (BAL), Películas comestibles (PC), bioconservación de cárnicos.

Introducción

Según un informe de la "Food and Drug Administration" (FDA) en el 2001, se estima que se desaprovechan alrededor de 1300 billones de toneladas de comida, equivalentes al 33 % de toda la oferta mundial de alimentos, destinados al consumo humano (DNP, 2016). Para el caso de Colombia con una oferta nacional de 28,5 millones de toneladas de alimentos, 9,76 millones de toneladas son pérdidas y desperdicios, de las cuales 269.000 t corresponden a productos cárnicos (DNP, 2016). Esta contaminación puede deberse por una parte, a la ausencia de microbiota benéfica competitiva (como ocurre en muchos alimentos procesados mediante tratamientos térmicos) (Burgos, Aguayo, López, Pulido y Pérez, 2011).

Las investigaciones que se han fomentado en PC, han sido realizadas utilizando proteínas, lípidos y polisacáridos con el propósito de determinar su efectividad como barreras protectoras (Álvarez Quintero, 2012). Sin embargo, entre la variedad de compuestos disponibles para elaboración de PC, se ha considerado un polisacárido producido por Bacterias Ácido Lácticas (BAL), con beneficios potenciales que permiten su escalamiento debido a su sencillo método de producción y sus bajos costos. (Mata, 2006).

Por lo tanto, los envases a los que se les incorporan materiales provenientes de microorganismos como polisacáridos pueden actuar como conservantes en los alimentos e incidir en la salud del consumidor. Algunos ejemplos de envases bioactivos son las películas o recubrimientos que contienen vitaminas, fibra dietética, fitoquímicos, prebióticos, enzimas o probióticos, que contienen compuestos con reconocido efecto positivo en quien lo ingiere (Lopez de Lacey, 2012). Actualmente, no existe literatura específica en la incorporación de los exopolisacárido secretados por BAL autóctonas aisladas de jugo de caña, de este modo, este trabajo pretende evaluar las propiedades de estos en PC sobre embutido tipo chorizo, en pro de mantener las propiedades adecuadas del producto y prolongar la vida útil.

Materiales y Métodos

Capacidad de retención de agua (CRA)

Hace referencia a la cantidad de agua que un producto puede retener sin que haya liberación del líquido. En un tubo de ensayo se pesó 1 g de material seco y se agregó 10 mL de agua destilada, se mezcló suavemente y se mantuvo a temperatura ambiente durante 24 h. El sobrenadante fue filtrado en papel filtro. Finalmente se pesó el papel filtro y se determinó la CRA como los gramos de agua retenida por gramos de gel. (Arriciaga, Prieto, y Cornejo, 2013).

Viscosidad

Se determinó la viscosidad mediante un viscosímetro Brookfield modelo RVDV-III U previamente calibrado.

Espesor de la película

El espesor de la película se midió con un micrómetro digital iGaging 0-1. Se realizaron diez mediciones de espesor tomadas en diferentes puntos de cada muestra. Estas medidas se utilizaron para el cálculo de la permeabilidad de vapor de agua (PVA), permeabilidad al oxígeno (O₂) y las propiedades mecánicas.

Permeabilidad al vapor de agua (PVA)

La medición de la permeabilidad al vapor de agua (PVA) se determinó gravimétricamente basada en la norma ASTM D-1653-13 (2015). Las muestras de cada película fueron selladas en copas de permeabilidad marca BYK-Gardner de aluminio llenas de agua destilada y colocadas en un desecador a 25 °C y 20-30 % de humedad relativa (método de copa húmeda). Las copas se pesaron a intervalos de 1 hora durante 8 h. Los valores son expresados en g/s*m*Pa. A partir de la pérdida de peso del sistema copa y agua se logra determinar la pendiente en (g/s), finalmente con base en la diferencia de humedades relativas dentro y fuera del sistema, teniendo la presión de saturación del agua a la temperatura, utilizando la Ecuación 1.

Siendo:

$$PVA = \left(\frac{g}{t}\right) * \left(\frac{1}{A * \Delta p}\right)$$

(1)



g/t = pérdida de peso en el tiempo (pendiente de la recta)

A = Area de transmisión de la celda o copa.

$\Delta P = P_{sat} \cdot (H_1 - H_2)$

P_{sat} = Presión de saturación a la temperatura de la prueba

H_1 = Humedad relativa dentro del sistema H_2 = Humedad relativa fuera del sistema

Permeabilidad al oxígeno (PO)

La tasa de transmisión de oxígeno (TSO) fue determinada utilizando un equipo OX-TRAN 2/22 H (Mocon, Inc.) a 25 °C a partir del método estándar ASTM D3985-05, esta prueba fue realizada en laboratorios externos a la universidad. La prueba consiste en exponer un área de las películas al paso de los gases, éstas se fijaron en soportes de aluminio y la permeabilidad al oxígeno (PO) se determinó por duplicado a temperatura de 25 °C, utilizando la Ecuación 2. La diferencia de presión a través de la película corresponde a la presión atmosférica (Δp). Las muestras de película, en el instrumento de medida, fueron sometidas a 100 % de gas oxígeno de un lado y de un gas de arrastre conteniendo 98% de nitrógeno y 2 % de hidrógeno del otro lado. La PO fue calculada multiplicando la TSO por el espesor de la películas (EF) y este por dividido (Δp).

$$PO = \frac{TSO \times EF}{\Delta p} \quad (2)$$

Propiedades mecánicas

Los análisis de tensión de ruptura (TR) y porcentaje de elongación (ELON), se efectuaron mediante el uso de un texturómetro SHIMADZU modelo EZTest /CE siguiendo el método estándar ASTM D 882-02, con separación inicial de las garras de 100 mm y velocidad de prueba de 60mm/s. Tres de cinco muestras de cada película se recortaron (100 mm de largo y 25 mm de ancho) y fijadas cada una en el texturómetro, luego de ser acondicionadas en desecadores a 25 °C y 52 ± 2 % de humedad relativa (HR) durante 48 horas antes de iniciar el análisis.

Opacidad de las películas

La opacidad de las muestras se determinó, con un colorímetro ColorFlex© Standards Box, como la relación entre la opacidad de cada muestra en la estándar negro (Y_b) Y la opacidad de cada muestra en la estándar blanco (Y_w)s (Daudt *et al.*, 2016).

Estudio de microestructura

La estructura de las PC fue caracterizada por medio de análisis en microscopía electrónica de barrido, estas permanecieron en desecadores con gel de sílica a temperatura ambiente (25 °C) durante siete días antes del análisis con microscopía. Posteriormente las muestras fueron fragmentadas utilizando nitrógeno líquido para asegurar una fractura sin desgastes, necesario para una mejor toma trasversal. finalmente cada una se fijó en un soporte de aluminio (stubs) con hilo conductor de cobre y fueron recubiertas con oro (SPUTTER COATER BALZERSSCD 050) mejorando la conductividad, las condiciones de presión fueron de 270 Pascales por 20 min, enfocando en 500µm y con un voltaje de 20kW.

Análisis térmico

La termogravimetría es parte de un conjunto de análisis térmicos que han sido desarrollados para identificar y medir los cambios físicos y químicos, que sufren los materiales cuando son expuestos a variaciones controladas de temperatura (Rodríguez y Villegas, 2012). Para el estudio en régimen dinámico, muestras de 10- 20 mg fueron calentadas, a una velocidad constante de calentamiento de 10 °C / min, en un rango de temperatura de 20-550 °C, en atmósfera de nitrógeno, (Aguilar, Gastón, Llopiz, y Jérez, 2005). La evaluación de los termogramas (TG), la determinación de las temperaturas de pico (Tmax) y las pérdidas, fueron posible a través de las derivadas de Termogravimetría Diferencial (DTG). La evaluación de los TG se realizó en un equipo TGA Q50 TA Instruments.

Análisis estadístico

Se generó un diseño experimental de mezclas con vértices extremos, el cual arrojó 23 corridas con las cuales se logró realizar la optimización de las mejores tres muestras bajo parámetros de preselección como: Capacidad de Retención de Agua (CRA), Propiedades Mecánicas y Opacidad. Dichos parámetros se escogieron pensando en los requerimientos de la matriz alimentaria seleccionada (Embutido tipo Chorizo). Mediante un análisis de varianza (ANOVA) de regresión lineal y correlación para las formulaciones optimizadas se estudió el comportamiento de las tres mejores muestras y una muestra control. Las diferencias significativas entre las medias fueron identificadas a través del test de Tukey ($p < 0,05$), además, se utilizó el coeficiente de correlación de Pearson, valor que puede variar entre $[-1$ a $+1]$. Mientras mayor sea el valor absoluto del coeficiente, más fuerte será la relación entre las variables.

Resultados y discusiones

El diseño experimental arrojó las tres mejores muestras a partir del parámetro de deseabilidad, a cada muestra se le realizaron las pruebas descritas en la metodología obteniendo los resultados de la Tabla 1. De estos resultados se logró evidenciar que las PC tienen propiedades significativas con respecto a otros materiales, logrando clasificarse como un material que puede ser utilizado como empaque biodegradable y bioconservante.

Tabla 1. Propiedades mecánicas y de barrera de las PC

Formulaciones	CRA [%]	Espesor [mm]	PVA (g/s*m*Pa)	PO [cm ³ *m-2*d-1*Pa-1]	Opacidad Final [%]	Fuerza Tensil (MPa) 106	Elongación (%)
1	89,429 ± 0,002 ^a	0,203 ± 0,032 ^a	2,168E-09 ± 1,810E-10 ^a	9,18 x10-6 ± 0,93 ^a	16,027 ± 0,032 ^b	3,97 ± 1,0 ^a	63,19 ± 0,08 ^a
2	90,017 ± 0,003 ^a	0,253 ± 0,020 ^b	2,1311E-09 ± 1,357E-10 ^a	1,18a x10-6 ^a	23,557 ± 0,047 ^{ab}	3,12 ± 0,9 ^a	66,25 ± 0,02 ^a
3	89,462 ± 0,004 ^a	0,206 ± 0,001 ^c	1,983E-09 ± 2,121E-10 ^a	4,94 ± 0,14 x 10-7 ^a	32,448 ± 0,055 ^a	5,79 ± 1,6 ^a	31,29 ± 0,05 ^a
Control	88,083 ± 0,002 ^b	0,177 ± 0,047 ^d	2,176E-09 ± 3,026E-11 ^a		33,503 ± 0,022 ^a	2,92 ± 2,6 ^a	41,65 ± 0,06 ^a

Valor medio ± desviación estándar (n=3). Los valores medios de cada columna que comparten letras distintas son estadísticamente diferentes según la prueba de Tukey ($p < 0,05$).

Fuente: Los autores.

Estudios de microestructura de las películas

La Figura 1 ilustra el análisis de la microestructura de barrido electrónico, el cual permitió observar que las películas presentan un aspecto completamente liso, tanto en su superficie como en su corte transversal. A diferencia de películas elaboradas con proteína de pescado y distintos aceites esenciales (de Andrade Ferreira, 2014); con almidón y quitosano (Castillo *et al.*, 2017); almidón de yuca y fibras de celulosa (Moraes, Reszka, y Borges Laurindo, 2014) y de alginato con keratina (Gupta y Kumar Nayak, 2015), las PC elaboradas con EPS y demás componentes, presentan ventajas frente a las anteriores, debido a la homogeneidad de los materiales presentes en la estructura, probablemente porque el mayor tamaño de partículas es de 300 μm (EPS), generando una dispersion homogénea de las partículas en la disolución.

Análisis Térmico

El análisis termogravimétrico consiste en registrar continuamente la variación de la masa del material en estudio conforme se varía la temperatura a una tasa térmica constante (cambio de temperatura lineal). Este tipo de procedimiento termogravimétrico se conoce como análisis dinámico. Como resultado de análisis termogravimétrico se obtuvieron los datos de cambio de masa con respecto a la temperatura o al tiempo y un termograma, el cual representa gráficamente las variaciones por un periodo establecido (Rodríguez y Villegas, 2012) (Figura 1). De este análisis se evidenció que las PC soportan altas temperaturas, lo cual potencia su uso en procesos de esterilización y pasteurización.

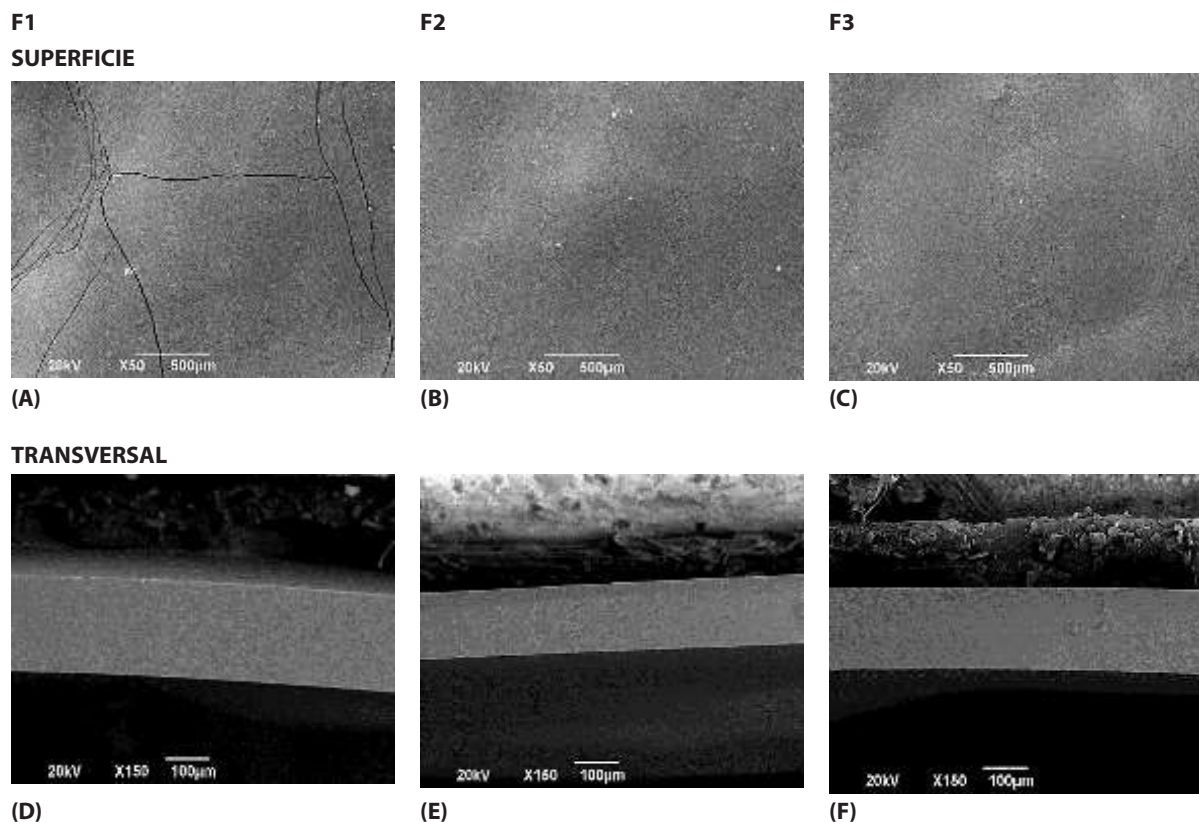


Figura 1. Fotografías de microscopia electrónica de barrido (SEM, searching electron microscopy), A), B) y C) toma superficial (parte superior); D), E) y F) corte transversal (parte inferior).

Fuente: Los autores.

Conclusiones

Las propiedades físicas, capacidad de retención de agua, análisis térmico y barreras a gases (Vapor de Agua y Oxígeno), se vieron modificadas positivamente por el EPS lo que favoreció en la conservación y prolongación de la vida útil del producto cárnico.

Considerando los resultados de calidad microbiológica y fisicoquímica obtenidos en el producto, las películas comestibles pueden ser consideradas como empaque activo en embutidos tipo chorizo.

Agradecimientos

Agradecemos profundamente al grupo de investigación de la Universidad del Valle de Microbiología y Biotecnología Aplicada (MIBIA) y a la Escuela de Ingeniería de Alimentos por brindar el apoyo y la infraestructura física para realizar este trabajo.

Referencias

- Aguilar, L., Gastón, C., Llopiz, J., y Jérez, A. (2005). Estudio de termoestabilidad de goma xantano por análisis térmico y viscosimetría. *ICIDCA Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar*, 39(3), 52-57.
- Arriciaga, G., Prieto, G., y Cornejo, F. (2013). *Efecto del tiempo de germinación en las características de hidratación de a harina y del gel de arroz*. (Tesis). Escuela Superior Politécnica Del Litoral, Guayaquil, Ecuador.
- ASTM International (2005). *Standard Test Method for Oxygen Gas Transmission Rate Through Plastic Film and Sheeting Using a Coulometric Sensor*. (ASTM D3985 - 05). West Conshohocken, PA.
- ASTM International (2002). *Standard Test Method for Tensile Properties of Thin Plastic Sheeting*. (ASTM D882 – 02). West Conshohocken, PA.
- ASTM International (2015). *Standard Test Methods for Water Vapor Transmission of Organic Coating Films*. ASTM D-1653-13 (2015). West Conshohocken, PA.
- Burgos, M. J., Aguayo, R. L., López, M. C., Pulido, R., y Pérez, A. (2011). Bioconservación de Alimentos Cárnicos. *Anales de la Real Academia de Ciencias Veterinarias de Andalucía Oriental*, 24, 111-123.
- Castillo, L., Farenzena, S., Pintos, E., Rodriguez, M. S., Villar, M., García, M. A., y López, O. (2017). Active films based on thermoplastic corn starch and chitosan oligomer for food packaging applications. *Food packaging and shelf life*, 14, 128-136. doi: <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2017.10.004>
- Daudt, R. M., Avena, R. J., Williams, T., Wood, D. F., Kulkamp, I. C., Marczak, L. D., y McHugh, T. H. (2016). Comparative study on properties of edible films based on pinhao (*Araucaria angustifolia*) starch and flour. *Food hydrocolloids*, 60(1), 279-287. doi:10.1016.
- De Andrade Ferreira, F. (2014). *Filmes nanocompositos antimicrobianos obtidos a partir de proteínas de pescado e nanoargila incorporados com óleos essenciais*. (Tesis doctoral). Universidad Federal do Rio Grande, Rio Grande, Brasil.



- Departamento Nacional de Planeación (DNP). (2016). *Pérdida y desperdicio de alimentos en Colombia*. Estudio de la Dirección de Seguimiento y Evaluación de Políticas Públicas. pág. 24. Recuperado de: <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Prensa/Publicaciones/P%C3%A9rdida%20y%20desperdicio%20de%20alimentos%20en%20colombia.pdf>
- Gupta, P., y Kumar Nayak, K. (2015). Compatibility study of alginate/keratin blend for biopolymer development. *Journal of applied biomaterials & functional materials*, 13(4), 332-339.
- Lopez de Lacey, A. M. (2012). Diseño, desarrollo y aplicación de envases comestibles potencialmente bioactivos. (Tesis doctoral) Universidad Complutense de Madrid, Madrid, España.
- Mata Gómez, J. A. (2006). Caracterización de los exopolisacáridos producidos por microorganismos halófilos pertenecientes a los géneros Halomonas, Alteromonas, Idiomarina, Palleronia y Salipiger. (Tesis doctoral). Universidad de Granada, España.
- Moraes, J. O de., Reszka, A., y Borges Laurindo, J. (2014). Espalhamento e secagem de filme de amido-glicerol-fibra preparado por "tape- casting". *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 49(2), 136-143.
- Álvarez Quintero, R. M. (2012). Formulación de un recubrimiento comestible para frutas cítricas, estudio de su impacto mediante aproximación metabolómica y evolución de la calidad poscosecha. (Tesis doctoral). Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.
- Rodríguez, E., y Villegas, E. (2012). Caracterización de polímeros aplicando el método termogravimétrico. *Materiales y métodos*, 2(1), 25-32.

Desarrollo de un biofilm en base a PLA cargado con iones de cobre soportados en nanopartículas de zeolita natural chilena y reforzado con nanofibras de celulosa para el empaque de alimentos cárnicos

Development of a biofilm based on PLA loaded with copper ions supported on nanoparticles of Chilean natural zeolite and reinforced with cellulose nanofibers for the packaging of meat foods

Modalidad: Póster

Judith Vergara¹
William Gacitúa²
Serguei Alejandro³

¹ Universidad del Bío-Bío, Centro de Biomateriales y Nanotecnología, Av. Casilla 5-C, Collao 1202, Concepción, Región del Bío Bío, Chile. judith.vergara1601@alumnos.ubiobio

² Universidad del Bío-Bío, Centro de Biomateriales y Nanotecnología, Av. Casilla 5-C, Collao 1202, Concepción, Región del Bío Bío, Chile.

³ Universidad del Bío-Bío, Centro de Biomateriales y Nanotecnología, Av. Casilla 5-C, Collao 1202, Concepción, Región del Bío Bío, Chile.

Resumen

El empleo de biofilms en base a fibras electrohiladas como material de envasado, está principalmente dirigido a mantener la frescura e inocuidad de los alimentos. La ventaja del electrospinning para tales aplicaciones radica en la relativa facilidad de encapsular agentes activos dentro y sobre la fibra. En este trabajo se presenta el desarrollo de un biofilm en base a microfibras de ácido poliláctico con agentes activos. Entre ellos, iones de cobre soportados en nanopartículas de zeolita natural chilena y reforzado con nanofibras de celulosa. Se pretende que el biopolímero desarrollado pueda ser empleado en el empaque de alimentos cárnicos.

Palabras claves: antibacterianos, biofilm, iones de cobre, nano celulosa nanozeolita, PLA, refuerzo mecánico.

Introducción

Desde los años 90 se ha estado investigando el uso de zeolitas como soportes de cationes para ser usados a modo de portadores de los agentes antimicrobianos en films de contacto con alimentos. Sin embargo, su implementación en el mercado alimenticio no es aun factible debido a que no se ha encontrado una configuración adecuada que reúna las cualidades necesarias para aplicarlas en films de empaques de alimentos. Las partículas de zeolita activadas con iones de sales de cobre pueden incorporarse directamente en una película de contacto con alimentos. El propósito es permitir la retención de los iones en el esqueleto de la zeolita, funcionando como portador (Brody, Strupinsky, y Kline, 2001). La matriz



de los films de empaque de alimentos es un problema asociado al envasado clásico de alimentos. El impacto ambiental de los plásticos (Comisión de Medio Ambiente y Bienes Nacionales del Senado, 2018) ha provocado una mayor demanda de materiales biodegradables para la construcción de films de empaque. Un biopolímero con propiedades adecuadas para la elaboración es el ácido poliláctico (PLA) (Álvarez Paino, Muñoz Bonilla, y Fernández García, 2017). Si bien el uso de biopolímeros es una alternativa al empaque de alimentos, su aplicación en la industria del envasado está limitada por sus propiedades mecánicas (Gómez *et al.*, 2016). En esta investigación se presenta la elaboración de un biofilm de empaque en base a microfibras de PLA, cargado con iones de cobre soportados en nanopartículas de zeolita y reforzado con nanofibras de celulosa mediante electrospinning en configuración dual. La morfología de los biofilms fue analizada, como así también sus propiedades mecánicas.

Materiales y Métodos

Materiales

Las nanopartículas de nanofibras de celulosa (NFC) y zeolita fueron procesadas en el Centro de Biomateriales y Nanotecnología de la Universidad del Bio-Bio, Chile. Las NFC se obtuvieron a partir de pulpa kraft blanqueada de rechazo (*Eucaliptus*, Planta Celulosa CMPC Laja). Las nanopartículas de zeolita fueron producidas a partir de zeolita natural chilena (Empresa Minera Formas). En la preparación de las disoluciones se utilizó agua desionizada. Los reactivos utilizados fueron: ácido acético, anhídrido acético, ácido tartárico, HCl, NaOH, $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$, PLA Natureworks polymer 2002 D, cloroformo y acetona.

Preparación de mezclas utilizando el biopolímero PLA como matriz y nanopartículas como fase dispersa

En la fabricación del biotejido se utilizaron dos mezclas poliméricas que fueron inyectadas simultáneamente (Kayaci, Umu, Tekinay, y Uyar, , 2013; Toncheva *et al.*, 2013 y Ifkovits *et al.*, 2010). Se utilizó el equipo electrospinning vertical ascendente marca Inovenso NE300, adaptado en configuración dual. Para ambas mezclas se utilizó el biopolímero ácido poliláctico para extrusión. El polímero fue disuelto en una solución de cloroformo: acetona en una proporción 2:1 respectivamente. La concentración de elementos en fase dispersa (nanozeolita y NFC) se adicionaron en base peso seco de la cantidad de biopolímero a usar en las mezclas. Una de las mezclas fue la portadora de los iones de cobre soportados en nanozeolita. La otra mezcla portó las NFC acetiladas. En la figura 1 se puede ver una representación esquemática de la configuración de electrospinning dual, inyectando simultáneamente dos mezclas poliméricas. Para el desarrollo de los biofilms, el equipo electrospinning fue calibrado siguiendo los parámetros de un estudio realizado anteriormente por los propios autores. La distancia del inyector hacia el colector fue de 20 cm; el voltaje aplicado fue de 24 kV; el flujo de salida de solución fue de 0,1 mL/h. Se utilizó un colector de tambor rotativo. Para el análisis estadístico se consideró un diseño factorial general con tres niveles, usando el software Design-Expert 10.0.3.

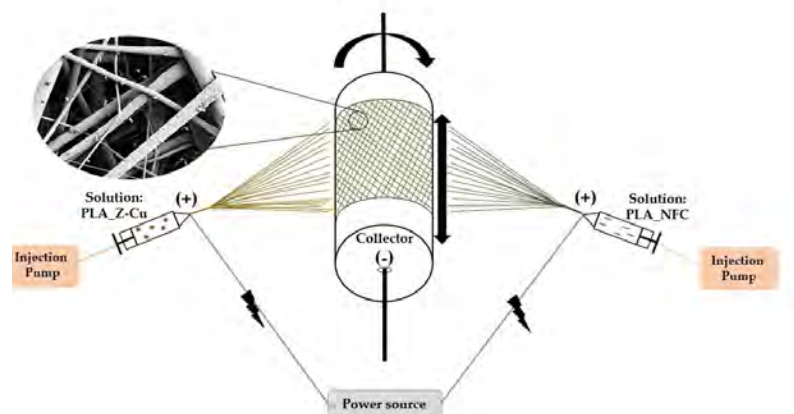


Figura 1. Representación esquemática de la fabricación de un biofilm bicomponente mediante inyección simultánea de dos mezclas poliméricas usando un electrospinning vertical ascendente en configuración dual. Adaptado de Toncheva *et al.*, 2013.

Fuente: Toncheva *et al.*, 2013.

Caracterización morfológica y mecánica

La morfología de las fibras de los biofilms fue analizada mediante SEM. En el análisis morfológico se consideró: homogeneidad, continuidad, tamaños, porosidad. Las imágenes obtenidas fueron analizadas usando el software Image J. Se realizó ensayo de tracción en una máquina universal marca Zwick Roell, siguiendo el protocolo de la norma ASTM D 882-12 (ASTM International, 2012). Durante los ensayos se usaron probetas de 2 cm de ancho por 10 cm de largo en quintuplicado.

Resultados y discusiones

Caracterización elemental a nanopartículas de zeolita natural con iones de cobre

En la figura 2 se puede observar que existe un importante acople de sal de cobre sobre los poros de la zeolita. Este resultado es deseable puesto que la zeolita actúa como medio de transporte de las sales de cobre, las cuales a su vez cumplirán la función antibacteriana.

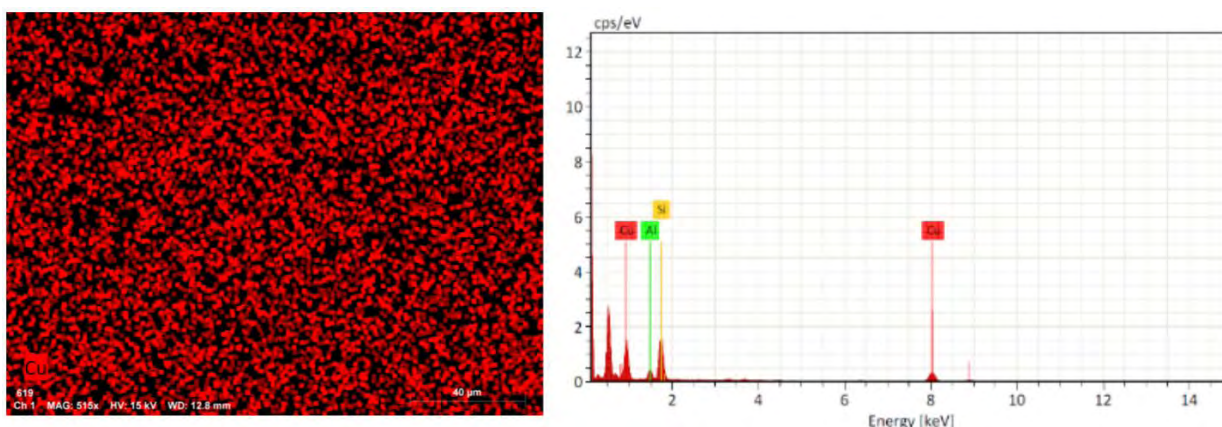


Figura 2. Análisis elemental de nanopartículas de zeolita natural posterior al proceso de intercambio iónico.

Fuente: Los autores.



Caracterización morfológica de las fibras posterior al proceso de electrospinning

El proceso de fabricación mediante la técnica de electrospinning otorgó biofilms con microfibras continuas, de diámetros que van desde 1,71 a 2,42 μm . De acuerdo a la tabla 1, se observa que a medida que aumenta la cantidad de nanopartículas en los biofilms, las fibras tienden a mostrar imperfecciones del tipo hélice.

Tabla 1. Morfología de las fibras posterior al proceso de electrospinning

PLA-NFC (%)	PLA_Z-Cu (%)			
	0	1	2	3
0	Fibras continuas	-	-	-
1	-	Fibras continuas	Fibras continuas	Fibras continuas y hélices
1.5	-	Fibras continuas	Fibras continuas	Fibras continuas y hélices
2	-	Fibras continuas	Fibras continuas y hélices	Fibras continuas y hélices

Fuente: Los autores

Caracterización mecánica a los biotejidos desarrollados

Para todos los tratamientos en que se adicionó NFC a la mezcla, se evidenció un aumento en sus propiedades mecánicas, en comparación con el blanco (sin inserción de nanopartículas). Esto significa que los biofilms generados con inserción de nanopartículas poseen mayor resistencia mecánica y mayor elongación. El biofilm sin nanopartículas obtuvo un módulo elástico de $274,11 \pm 29$ MPa. El módulo elástico más alto fue de $807,94 \pm 89$ MPa correspondiente a NFC 2(%) Z-Cu 1(%), seguido de $754,73 \pm 73$ MPa correspondiente a NFC 2(%) Z-Cu 2(%). En otras palabras, la inserción de nanopartículas otorgó un aumento máximo del 194,75 % para NFC 2(%) Z-Cu 1(%), seguido del 175,34 % para NFC 2(%) Z-Cu 2(%), con respecto al blanco (Tabla 2).

Tabla 2. Propiedades mecánicas a los biotejido desarrollados

Nanopartículas (%)	E (MPa)	Incremento (%) de E	s (MPa)	Incremento (%) de s	ϵ (%)	Incremento (%) de ϵ
NFC 0(%) Z-Cu 0(%)	$274,11 \pm 29$	0	$2,22 \pm 0,26$	0	$4,19 \pm 1,23$	0
NFC 1(%) Z-Cu 1(%)	$665,4 \pm 110$	142,75	$3,14 \pm 0,10$	41,44	$5,73 \pm 1,55$	36,75
NFC 1(%) Z-Cu 2(%)	$602,19 \pm 144$	119,69	$2,33 \pm 0,28$	4,95	$4,11 \pm 1,00$	≤ 0
NFC 1(%) Z-Cu 3(%)	$579,08 \pm 16$	111,26	$2,73 \pm 0,29$	22,97	$4,74 \pm 0,98$	13,13
NFC 1.5(%) Z-Cu 1(%)	$654,94 \pm 33$	138,93	$3,05 \pm 0,43$	37,39	$10,06 \pm 1,37$	140,09
NFC 1.5(%) Z-Cu 2(%)	$704,24 \pm 29$	156,92	$3,26 \pm 0,11$	46,84	$8,25 \pm 2,89$	96,90
NFC 1.5(%) Z-Cu 3(%)	$640,15 \pm 102$	133,54	$3,34 \pm 0,26$	50,45	$6,66 \pm 1,44$	57,52
NFC 2(%) Z-Cu 1(%)	$807,94 \pm 89$	194,75	$2,96 \pm 0,32$	33,33	$14,78 \pm 3,01$	252,74
NFC 2(%) Z-Cu 2(%)	$754,73 \pm 73$	175,34	$3,23 \pm 0,21$	45,5	$13,06 \pm 2,56$	211,69
NFC 2(%) Z-Cu 3(%)	$660,7 \pm 60$	139,51	$3,11 \pm 0,28$	40,1	$10,31 \pm 2,59$	146,06

Fuente: Los autores

Caracterización elemental a biofilm con mejores propiedades mecánicas

La imagen SEM (figura 3.a) muestra fibras continuas y partículas de zeolita sobre las fibras. El mapa elemental (figura 3.b)) indicó que existe presencia de cobre sobre el biofilm.

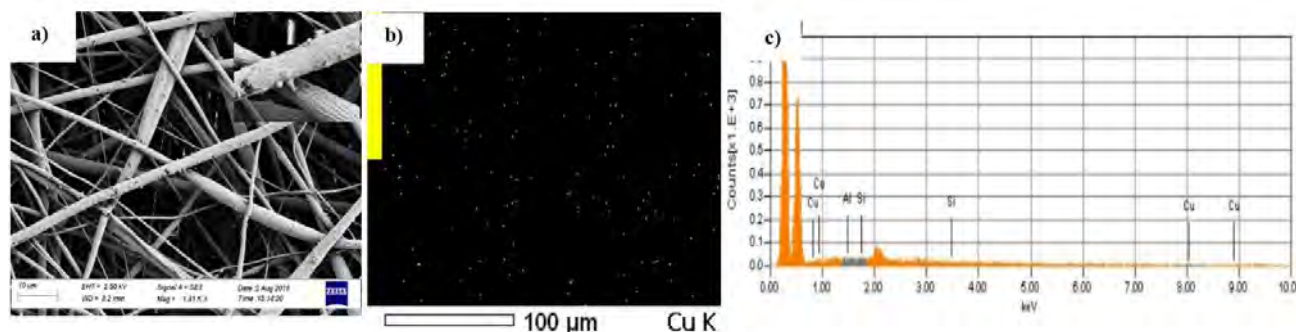


Figura 3. a) Imagen SEM, b) mapa elemental SEM-EDS y c) espectro SEM-EDS, al biofilm con mejores propiedades mecánicas (NFC 2(%) Z-Cu 1(%)).

Fuente: Los autores

Conclusiones

Se desarrolló un biofilm con inserción de agentes activos mediante electrospinning, dando como resultado fibras continuas. Sólo con concentraciones muy altas de nanopartículas las fibras mostraron imperfecciones del tipo hélice. Las pruebas de tracción mostraron un aumento en todas las propiedades mecánicas al adicionar NFC a la mezcla. Este trabajo indica que es posible fabricar films en base a PLA con inserción de iones de cobre en nanozeolita y reforzada con nanocelulosa, mediante la técnica de electrospinning. Se proyecta realizar un análisis microbiológico para comprobar la efectividad de actividad antibacteriana de los biotejidos desarrollados.

Agradecimientos

Los autores agradecen el apoyo del centro del Centro de Biomateriales y Nanotecnología de la Universidad del Bio-Bio, Chile, así como al Departamento de Bioproductos y Biosistemas de la Universidad Aalto, Finlandia.

Referencias

- Álvarez Paino, M., Muñoz Bonilla, A., y Fernández García, M. (2017). Antimicrobial Polymers in the Nano-World. *Nanomaterials*, 7(2), 48.
- ASTM International. (2012). Standard Test Method for Tensile Properties of Thin Plastic Sheeting. (ASTM D882). *ASTM Standards*.
- Brody, A., Strupinsky, E., y Kline, L. (2001). *Active Packaging for Food Applications*. Boca Raton: CRC Press.
- Comisión de Medio Ambiente y Bienes Nacionales del Senado. (2018). Informe proyecto de ley 14-2018. Santiago, Chile.
- Gómez H., C., Serpa, A., Velásquez-Cock, J., Gañán, P., Castro, C., Vélez, L., y Zuluaga, R. (2016). Vegetable nanocellulose in food science: A review. *Food Hydrocolloids*, 57, 178–186.
- Han, J. H. (Ed.). (2005). *Innovations in food packaging*. Elsevier, Academic Press.
- Ifkovits, J., Sundararaghavan, H., & Burdick, J. (2010). Electrospinning Fibrous Polymer Scaffolds for Tissue Engineering and Cell Culture. *J Journal of visualized experiments: JoVE*, (32).



- Kayaci, F., Umu, O. C., Tekinay, T., y Uyar, T. (2013). Antibacterial Electrospun Poly(lactic acid) (PLA) Nanofibrous Webs Incorporating Triclosan/Cyclodextrin Inclusion Complexes. *Journal of agricultural and food chemistry*, 61(16), 3901-3908.
- Pai, C. L., Boyce, M. C., y Rutledge, G. C. (2011). On the importance of fiber curvature to the elastic moduli of electrospun nonwoven fiber meshes. *Polymer*, 52(26), 6126–6133.
- Toncheva, A., Paneva, D., Manolova, N., Rashkov, I., Mita, L., Crispi, S., y Damiano, G. M. (2013). Dual vs . single spinneret electrospinning for the preparation of dual drug containing non-woven fibrous materials. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 439, 176–183.

Efecto de la inclusión de una fibra prebiótica: inulina en películas comestibles de almidón de yuca

Effect of the inclusion of a prebiotic fiber: inulin in edible cassava starch films

Modalidad: Póster

Julieth Orozco¹
Cristian C. Villa²
Clara M. Mejía³

¹Universidad del Quindío, Ciencia y Tecnología de Alimentos, Cra. 15 #12N, Armenia, Colombia.
jorozcop@uqvirtual.edu.co

²Universidad del Quindío, Agroindustria de Frutas Tropicales, Cra. 15 #12N, Armenia, Colombia.

³Universidad del Quindío, Agroindustria de Frutas Tropicales, Cra. 15 #12N, Armenia, Colombia.

Resumen

En este trabajo se realizó la caracterización fisicoquímica de películas de almidón de yuca plastificadas con glicerol e inulina a diferentes concentraciones. Las soluciones formadoras de película se prepararon con 3 % de almidón de yuca, inulina al 0,1, 0,5 y 1,0 %, y 30 % de glicerol con respecto a la materia seca. Las películas al 0,5 y 1 % presentaron una disminución del esfuerzo de tensión y un aumento significativo del porcentaje de elongación, lo que reveló un efecto plastificante al adicionar inulina a la película. Además parámetros como una disminución de la solubilidad a pH bajos y mayor viscosidad de las soluciones formadoras de película hacen que sean las más adecuadas para actuar como agente encapsulantes y como recubrimientos de materiales sólidos.

Palabras claves: *almidón de yuca, efecto plastificante, inulina, películas.*

Introducción

Las películas comestibles se definen como productos comestibles que forman una capa fina sobre una superficie sólida y que se caracterizan por ser una barrera semipermeable a gases y al vapor de agua, permiten mejorar las propiedades mecánicas, mantener la estructura del producto que envuelven y además pueden actuar como vehículo de sustancias bioactivas (Saavedra y Algecira, 2010). La inulina es un oligo- o polisacárido compuesto por unidades de fructosa que generalmente termina con un grupo glucosídico. Esta sustancia es considerada un prebiótico, ya que estimula el desarrollo y la actividad metabólica de microorganismos probióticos que tienen efectos beneficiosos sobre la salud del huésped (Shoaib *et al.*, 2016). Además de tener un efecto prebiótico, la inulina presenta características destacables como su buena compatibilidad con los tejidos y no puede ser hidrolizada por las enzimas digestivas presentes en las partes superiores del tracto gastrointestinal lo que permitiría la liberación controlada de compuestos bioactivos en el colón, como los probióticos (Mensink, Frijlink, Van Der Voort Maarschalk, y Hinrichs, 2015; Vega, 2011). Según la aplicación de la película comestible, se requiere determinar sus propiedades mecánicas y de barrera, por este motivo se realizó la caracterización fisicoquímica de las películas de almidón de yuca plastificadas con glicerol cuando se incluye inulina a diferentes concentraciones en la red polimérica para determinar la película con condiciones más aceptables para utilizarse como agente encapsulante y como recubrimiento.



Materiales y Métodos

Formación de películas comestibles de almidón de yuca y sustancias prebióticas

Se preparó la película comestible de almidón de yuca al 3 y 1 % de glicerol. Posteriormente se prepararon soluciones formadoras de películas prebióticas, en todos los casos la composición de las soluciones fue 3 % de almidón de yuca; 0,1, 0,5 y 1,0 % de inulina respectivamente, y la cantidad de agente plastificante, el 30 % de la materia seca. La metodología se basó en la empleada por Soukoulis, Singh, Macnaughtan, Parmenter, y Fisk (2016) con algunas modificaciones. Finalmente se adicionó 25 ml a cada caja de Petri y se secaron durante 22 h a 35°C para su caracterización.

Caracterización fisicoquímica de las películas comestibles prebióticas

Las películas de inulina se retiraron intactas de las cajas de Petri y se realizaron varias medidas del espesor (x). El espesor calculado fue la media de las medidas realizadas en diferentes partes de las películas. El color fue evaluado por medio de un espectrocolorímetro donde se midieron los componentes L^* , a^* , b^* y se calculó la diferencia total de color de acuerdo a la Ec. (1). La opacidad se midió mediante espectroscopia UV-Vis determinando la absorbancia de la película a 591 nm después de su calibración con una muestra de aire, y se calculó mediante la Ec. (2).

$$\Delta E^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \quad \text{Ec. (1)}$$

$$\text{Opacidad} = \frac{A}{x} \quad x = \text{espesor} \quad \text{Ec. (2)}$$

La caracterización mecánica (esfuerzo de corte (TS) y porcentaje de elongación (%E) a la rotura) de las películas se llevó a cabo en un analizador de textura. Las propiedades estructurales se estudiaron por medio de los espectros de difracción de rayos X (DRX) de las películas y se analizaron los espectros infrarrojos empleando un espectrofotómetro infrarrojo FTIR. Se determinó la temperatura de transición vítrea (T_g) de las películas mediante calorimetría diferencial de barrido (DSC). Por último se evaluó la permeabilidad del vapor de agua (PVA) de la película formada usando como guía las normas ASTM E96-93, ISO 7783 y NFT 30-018, y se calculó el porcentaje índice de solubilidad en agua y en HCl de las películas mediante la Ec. (3). Por último se midieron las propiedades reológicas de las soluciones formadoras de películas.

$$\% IS = \frac{W_{inicial} - W_{final}}{W_{inicial}} \times 100\% \quad \text{Ec. (3)}$$

Resultados y discusiones

En general se observa que una mayor cantidad de solutos en la película se traduce en un mayor espesor. El color y las propiedades ópticas son factores muy importantes en las películas comestibles utilizadas para recubrir alimentos, ya que afectan directamente la preferencia de un consumidor al elegir un producto (Forde, 2018). La diferencia total de color ΔE^* (Tabla 1) menor a 1 indica que no hay una diferencia perceptible al ojo humano (Pereira, 2010).

Tabla 1. Muestra de una tabla. Utilice el formato de seguimiento en la Tabla.

Película con inulina	Espesor (mm)	Opacidad	Esfuerzo de tensión (MPa)	% Elongación	PVA x 10 ⁻⁷ (g/m.s.Pa)	ISA %	% IS HCl
0%	0,095±0,01	4,444	14,1±0,69	74,4±2,83	2,68±0,05	44,64±2,37	70,25±5,69
0,1%	0,120±0,02	4,317	4,43±0,45	74,5±13,25	2,65±0,09	46,06±1,49	76,56±7,22
0,5%	0,135±0,02	3,76	2,58±0,49	168,1±6,95	2,84±0,07	61,81±3,74	73,49±3,92
1%	0,162±0,02	3,161	1,33±0,17	159,6±7,38	2,70±0,13	57,32±0,91	69,72±1,96

Fuente: Los autores

El aumento de la concentración de inulina disminuyó la opacidad de las películas (Tabla 1). A pesar de que la inulina es un polisacárido, el efecto que tiene sobre la película es análogo al del glicerol, ya que cuando se introduce cambia la microestructura de la red polimérica disminuyendo la turbidez y de esta manera mejora la opacidad de las películas (Ganesan, Shanmugam, Palaniappan, y Rajauria, 2018). En la Tabla 1 se observa que a medida que aumenta la concentración de inulina disminuye el esfuerzo de corte y aumenta significativamente el porcentaje de elongación de las películas al 0,5 y 1,0 %. Domínguez-Courtney y Jiménez-Munguía, 2012 reportan que los plastificantes al reducir los enlaces intermoleculares entre las cadenas de los polímeros son efectivos agentes suavizantes, que provocan una disminución en el esfuerzo de ruptura y el aumento de elongación de las películas a base de almidón. El efecto plastificante se atribuye al aumento de la concentración de inulina en la película, por las interacciones que se generan entre el glicerol, el almidón y la inulina que permite una mayor movilidad de las cadenas poliméricas (Gurgel *et al.*, 2011).

Mediante la espectroscopia de infrarrojo se reconocieron grupos funcionales característicos de la inulina en las películas, y en los difractogramas de rayos X se observan bandas amplias características de materiales amorfos. La T_g entre 68-75 °C obtenida por medio de DSC indica que las películas son aptas para su almacenamiento a temperatura ambiente y refrigeración. Por otro lado los valores de PVA se encuentran cercanos a los reportados en la literatura para películas a base de almidón y no se observan diferencias significativas entre las películas a diferentes concentraciones de inulina. En cuanto a la solubilidad en agua se observa un aumento a medida que aumenta la concentración de inulina como se observa en la Tabla 1, y aunque la solubilidad en HCl es mayor que en agua, se evidencia una disminución de su valor cuando se aumenta la concentración de inulina, debido a que para la hidrólisis de la inulina se requieren pH ácidos y altas temperaturas.

Las propiedades reológicas son bastante útiles para comprender la microestructura de las películas. Se evidenció que a medida que aumenta la concentración de inulina en la solución, aumenta la viscosidad aparente inicial (η_0), esto revela un aumento de interacciones de segundo orden que dan lugar a una nueva estructura con un mayor grado de entrelazamiento entre el almidón, el glicerol y la inulina que requirió un mayor esfuerzo para romperlos (Ghasemlou, Khodaiyan, y Oromiehie, 2011). Se observó un comportamiento de fluido tixotrópico, ya que cuando se somete la solución a un ciclo de cizallamiento con un tiempo de relajación, la resistencia a fluir cambia y se generan ciclos de histéresis. En la etapa de esfuerzo decreciente se observa una reducción de la viscosidad tras la aplicación previa de una cizalla, lo que indica que la microestructura no se ha recuperado y las fuerzas intermoleculares existentes son diferentes, dando lugar a una estructura menos enmarañada (García, 2008).

Conclusiones

Las películas con inulina al 0,5 y 1,0 % de inulina presentaron menores esfuerzos de tensión y mayores porcentajes de elongación a la rotura, así como una menor solubilidad a pH bajos y mayor viscosidad, características que las hacen más aceptables para utilizarse como agentes encapsulantes de microorganismos probióticos y como recubrimientos. Estas películas pretenden ser utilizadas para encapsular *L. casei* con el fin de funcionalizar un alimento.

Agradecimientos

Los autores agradecen a los grupos de investigación de Ciencia y Tecnología en Alimentos y Agroindustria de Frutas Tropicales de la Universidad del Quindío por el apoyo y los recursos prestados para la realización de este trabajo.

Referencias

- Domínguez-Courtney, M. F., y Jiménez-Munguía, M. T. (2012). Películas comestibles formuladas con polisacáridos: propiedades y aplicaciones. *Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos*, 6 (2), 110–121.
- Forde, C. G. (2018). From perception to ingestion; the role of sensory properties in energy selection, eating behaviour and food intake. *Food Quality and Preference*, 66, 171–177. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2018.01.010>



- Ganesan, A. R., Shanmugam, M., Palaniappan, S., y Rajauria, G. (2018). Development of edible film from *Acanthophora spicifera*: Structural, rheological and functional properties. *Food Bioscience*, 23, 121–128. doi: <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2017.12.009>
- García, J. C. (2008). TEMA 2. FLUIDOS VISCOSOS. Alicante: Universidad de Alicante. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/10045/3623>
- Ghasemlou, M., Khodaiyan, F., y Oromiehie, A. (2011). Rheological and structural characterisation of film-forming solutions and biodegradable edible film made from kefir as affected by various plasticizer types. *International Journal of Biological Macromolecules*, 49(4), 814–821. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2011.07.018>
- Gurgel, M., Vieira, A., Altenhofen, M., Silva, D., Oliveira, L., Santos, D., y Beppu, M. M. (2011). Natural-based plasticizers and biopolymer films: A review. *European Polymer Journal*, 47, 254–263. doi: <https://doi.org/10.1016/j.eurpolymj.2010.12.011>
- Mensink, M. A., Frijlink, H. W., Van Der Voort Maarschalk, K., y Hinrichs, W. L. J. (2015). Inulin, a flexible oligosaccharide. II: Review of its pharmaceutical applications. *Carbohydrate Polymers*, 134, 418–428. doi: <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2015.08.022>
- Pereira, J. (2010). Observación del Gamut. Recuperado de: <http://www.jpereira.net/rough-profiler/validar-perfil-color-icc-delta-e>
- Saavedra, N., y Algecira, N. A. (2010). Evaluación de películas comestibles de almidón de yuca y proteína aislada de soya en la conservación de fresas. *Nova*, 8(14), 171–182. doi: <https://doi.org/10.22490/24629448.448>
- Shoaib, M., Shehzad, A., Omar, M., Rakha, A., Raza, H., Sharif, H. R., ... Niazi, S. (2016). Inulin: Properties, health benefits and food applications. *Carbohydrate Polymers*, 147, 444–454. doi: <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2016.04.020>
- Soukoulis, C., Singh, P., Macnaughtan, W., Parmenter, C., y Fisk, I. D. (2016). Compositional and physicochemical factors governing the viability of *Lactobacillus rhamnosus* GG embedded in starch-protein based edible films. *Food Hydrocolloids*, 52, 876–887. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2015.08.025>
- Vega, J. A. (2011). *Obtención y caracterización de inulina entrecruzada como agente encapsulante de tocoferol*. (Tesis). Universidad de Chile, Santiago, Chile.

Obtención de quitosano a partir de escamas residuales del proceso de comercialización de tilapia roja (*Oreochromis sp*)

Obtaining chitosan from residual scales from the commercialization process of red tilapia (*Oreochromis sp*)

Modalidad: Póster

Soraya Alzáte-Pérez¹
Yesica-Johana Vargas-Mira²
Miller-Danlian Lizarazo-Parra³
Edwing Velasco⁴

¹Instituto Universitario de la Paz, Grupo de Investigación PROCA, Km 12 vía Bucaramanga, Barrancabermeja, Colombia. soraya.alzate@unipaz.edu.co

²Instituto Universitario de la Paz, Grupo de Investigación PROCA, Km 12 vía Bucaramanga, Barrancabermeja, Colombia. yesica.vargas@unipaz.edu.co

³Instituto Universitario de la Paz, Grupo de Investigación PROCA, Km 12 vía Bucaramanga, Barrancabermeja, Colombia. miller.lizarazo@unipaz.edu.co

⁴Instituto Universitario de la Paz, Grupo de Investigación GREIP, Km 12 vía Bucaramanga, Barrancabermeja, Colombia. edwin.velasco@unipaz.edu.co

Resumen

En este trabajo se presentan los resultados de la caracterización fisicoquímica y microbiológica del quitosano extraído de escamas de tilapia roja (*Oreochromis sp*). La extracción se realizó por desmineralización, desproteinización y desacetilación del exoesqueleto molido previamente lavado. El quitosano se caracterizó por determinaciones de cenizas, humedad, material insoluble, titulación potenciométrica, FTIR y análisis microbiológico (aerobios mesófilos, coliformes totales, *E. coli*, *Salmonella sp*, hongos y levaduras). Se determinó que el rendimiento de extracción fue de 17 %, con un grado de desacetilación del 64 % y una naturaleza química, así como los valores de cenizas, humedad y solubilidad, similares a los de quitosano comercial reportados en la literatura. El análisis microbiológico del quitosano arrojó que la presencia de microorganismos no superó 5 UFC/mL.

Palabras claves: FTIR, Desacetilación, Extracción, Quitina.

Introducción

Uno de los principales problemas de la agroindustria pesquera es el alto volumen de residuos generados. Estos causan, entre otras consecuencias, un enorme impacto ambiental. De acuerdo con Romo (2016) entre los efectos de la generación acelerada de estos residuos se pueden mencionar la aparición de malos olores, la proliferación de microorganismos y la contaminación de los cuerpos de agua. Una estrategia para la mitigación del impacto asociado a esta actividad comercial es la valorización de sus residuos de manera que puedan permanecer en la cadena de valor como subproductos. Se tiene conocimiento, que los exoesqueletos de peces y crustáceos tienen una composición importante de quitina (entre el 15 y 40 %) que puede ser fácilmente transformada en quitosano, producto de gran valor a nivel industrial y farmacéutico por sus propiedades antimicóticas y antimicrobianas. El quitosano, según Nakamatsu (2012), es un polímero biodegradable, biocompatible, no tóxico ni alergénico y con actividad antimicrobiana. Estas propiedades, sumadas a su fácil disolución, facilita su procesamiento y la hace un biomaterial con innumerables aplicaciones. El primer paso para verificar la utilidad



de tales residuos de la industria pesquera es determinar la viabilidad técnica de su uso como sustrato para la elaboración de un producto de alto valor agregado como el quitosano. Por esta razón, la meta de este trabajo es determinar la calidad fisicoquímica y microbiológica del quitosano extraído de escamas residuales del proceso de comercialización de tilapia roja.

Materiales y Métodos

Obtención de quitosano

Se utilizaron escamas residuales del proceso de comercialización de Tilapia Roja, adquiridas en una distribuidora Piscícola en Barrancabermeja, Santander, Colombia. Las escamas se limpiaron manualmente para remover los restos de tejido animal y se lavaron consecutivamente con soluciones de NaClO (Merck, pureza de 99 %) al 10 % en peso y NaOH (Merck, pureza de 99%) al 10 % en peso, para su desinfección y blanqueamiento. Posteriormente, se dejaron secar a temperatura ambiente y se molieron utilizando un molino manual (Corona S.A.). Una muestra de 100 g del polvo de quitosano obtenido tras la molienda fue mezclada con 100 mL de agua destilada (tipo 1) y 150 mL de ácido láctico (Merck) concentrado al 88 % en peso, bajo condiciones de agitación y temperatura constante a 100 rpm y 10 °C, respectivamente, durante 24 h. Después de este periodo, se adicionaron 200 mL de agua destilada a la mezcla y se realizó su filtración al vacío; el líquido filtrado se mezcló con 120 mL de una solución de NaOH al 50 % en peso y se mantuvo en reposo durante 48 h hasta observar la aparición de un precipitado blanco, el cual se separó por filtración y se lavó con agua destilada para eliminar impurezas. Todo el sólido filtrado se mezcló con 100 mL de una solución de KOH al 70 % en peso y se mantuvo bajo condiciones de agitación a 100 rpm y temperatura de 120 °C durante 2 h. Posteriormente, la mezcla se filtró para recuperar el sólido, el cual se lavó con agua destilada hasta un pH neutro. Por último, el filtrado se secó en horno (Binder, modelo FD 23) a 50 °C durante 2 h.

Caracterizaciones

El quitosano se analizó para detectar la presencia de: aerobios mesófilos utilizando la Norma Oficial Mexicana NOM-092-SSA1-1994; Coliformes totales y fecales, según NOM-210-SSA1-2014; *E. coli*, según Norma CCAYAC-M-004; *Salmonella sp.*, según Norma Oficial Mexicana NOM-210-SSA1-2014; y *Shigella sp.*, hongos y Levaduras, según lo establecido en la Norma Oficial Mexicana NOM-111-SSA1-1994. El contenido de humedad se determinó mediante el seguimiento de la pérdida de peso por desecación en horno con convección forzada (Binder, modelo FD 23) a 105 °C durante 4 h. El porcentaje de cenizas en el quitosano se determinó mediante la variación entre el peso antes y después ser incinerado en una mufla (Carbolite) a 800 °C durante 6 horas. La materia insoluble se determinó mediante el cálculo de la masa recuperada en el filtrado de una disolución de quitosano en una solución de ácido acético (al 1 % en peso) a una concentración de 1 % en peso. La titulación potenciométrica de la muestra de quitosano se realizó con el fin de protonar los grupos amino libres del quitosano para determinar su concentración, mediante el procedimiento descrito por Escobar, Castro, y Vergara (2015). Para esto, una muestra de quitosano se disolvió en un exceso de una solución de HCl a 0,1 mol/L que posteriormente se valoró con una solución de NaOH a 0,1 mol/L, realizando el seguimiento del pH cada 2 mL de base añadida; en consecuencia, se construyó una curva de titulación de pH vs volumen de HCl. Todo el proceso se realizó a temperatura ambiente y bajo condiciones de agitación constante a 100 rpm. El quitosano fue analizado por FTIR utilizando un SHIMADZU modelo IR Affinity-1, en el rango entre 400 y 3600 cm⁻¹, mediante la técnica de pastillaje con KBr. El grado de N-acetilación y N-desacetilación se determinó mediante la relación entre el área de los picos encontrados por FTIR a 1320 y 1420 cm⁻¹, tal como lo reporta Brugnerotto *et al.* (2001).

Resultados y discusiones

En este trabajo se realizó la obtención de quitosano a partir de escamas residuales en el proceso de comercialización de Tilapia Roja. Por cada 100 gr de escamas secas y limpias se obtuvieron 17,45 g de quitosano en polvo. De acuerdo con varios autores el contenido de quitosano en escamas de peces puede oscilar entre 17 y 40 %, lo que es coherente con el rendimiento presentado. En el análisis microbiológico se detectó una concentración inferior a 5 UFC/g de aerobios mesófilos, coliformes totales, *E. coli*, *Salmonella sp*, hongos y levaduras. Los valores de humedad, cenizas y pH son inferiores a los reportados para quitosano extraído a partir de cangrejo (Ming-Tsung, 2009). La humedad encontrada puede estar asociada con restos de agua procedentes del tratamiento de extracción, o a humedad absorbida en la superficie durante el almacenamiento de las muestras como consecuencia de su gran afinidad con la naturaleza superficial del quitosano dotada con grupos OH y amino (Escobar *et al.*, 2015). Las cenizas determinadas pueden estar vinculadas con restos de CaCO_3 , predominantes en materiales como escamas o exoesqueletos de crustáceos y peces (Hernández, Águila, Flores, Viveros, y Ramos, 2009). Los resultados de solubilidad determinados son coherentes con los reportados por Hernández *et al.* (2009); de acuerdo con estos autores, la alta solubilidad en medio ácido es debida a la protonación de los grupos $-\text{NH}_2$, liberados tras el proceso de desacetilación de la quitina.

En la Figura 1a, se presentan los resultados de la titulación potenciométrica del quitosano y su primera derivada. Se observa que la curva se caracteriza por tener dos puntos de inflexión, especificados en la primera derivada, los cuales corresponden a la cantidad mínima (16 mL) y máxima (46 mL) de ácido requerido para protonar los grupos amino presentes en el quitosano; a partir de estos valores y lo reportado por Escobar *et al.* (2015) se determinó que el porcentaje de desacetilación alcanzado fue de 61,3. Al comparar estos resultados con los reportados por Hernández *et al.* (2009), se observa que el rendimiento obtenido en este trabajo es muy similar al que presentan tanto para el quitosano proveniente de exoesqueletos de camarón, como para el comercial. En la Figura 1b se presentan los resultados del análisis infrarrojo del quitosano. Tal como lo reporta Brugnerotto *et al.* (2001), todas las bandas y picos observados son atribuibles a la naturaleza del quitosano. De acuerdo con lo reportado por estos autores, el porcentaje de desacetilación calculado a partir del área de los picos a 1320 y 1420 cm^{-1} , es de 64.

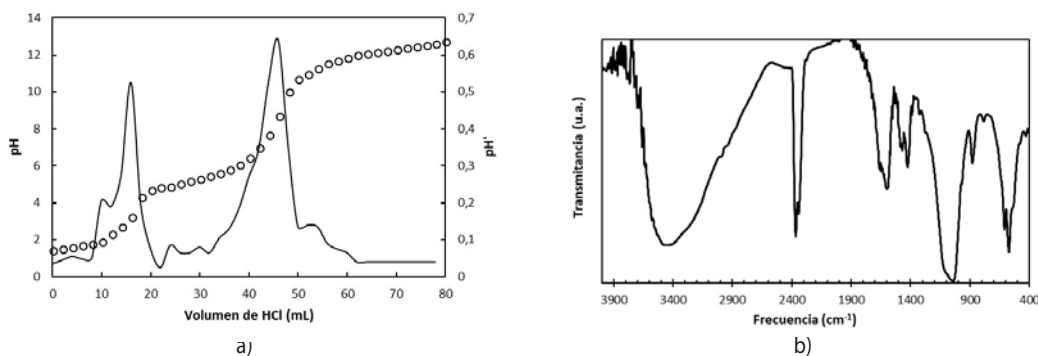


Figura 1. Resultados de (a) titulación potenciométrica del quitosano y su primera derivada y (b) análisis FTIR.

Fuente: los autores

Conclusiones

En este trabajo se validó una ruta sencilla para la obtención de quitosano a partir de escamas residuales de la industria pesquera en Barrancabermeja, con un rendimiento aproximado del 17 %. El producto extraído goza de las características químicas como contenido de cenizas, material insoluble, solubilidad y humedad, similares a las del quitosano comercial y otros provenientes de crustáceos reportados en la literatura. Así mismo, la composición química en términos de grupos químicos detectados por FTIR presentó completa similitud a diferentes muestras de quitosano reportados en la literatura. La pureza del quitosano extraído frente a su derivado la quitina se demostró mediante titulación potenciométrica y análisis infrarrojo, dando como resultado un grado de desacetilación aproximado del 64 %. Este valor de grupos amino y su inocuidad en términos de presencia de microorganismos como *E. coli*, *Salmonella sp*, Coliformes fecales, mohos y levaduras inferior a 5 UFC/ml, convierten al quitosano extraído a partir de escamas de tilapia roja en un producto que encaja en las especificaciones técnicas requeridas en el mercado para su comercialización a nivel industrial o farmacéutico.



Agradecimientos

Los autores agradecen al Bacteriólogo Ricci Terraza Martínez por el desarrollo de los análisis microbiológicos. Las pruebas FTIR se realizaron en el laboratorio de Biotecnología Agroindustrial del Instituto Universitario de la Paz.

Referencias

- Brugnerotto, J., Lizardi, J., Goycoolea, F. M., Argüelles-Monal, W., Desbrieres, J., y Rinaudo, M. (2001). An infrared investigation in relation with chitin and chitosan Characterization. *Polymer*, 42(8), 3569-3580. doi: [https://doi.org/10.1016/S0032-3861\(00\)00713-8](https://doi.org/10.1016/S0032-3861(00)00713-8)
- Escobar, D., Castro, A. y Vergara, N. (2015). Determinación de la relación entre el porcentaje del grupo amino y el grado de desacetilación del quitosano. *Revista de ciencias*, 18(1), 73-88. doi: <https://doi.org/10.25100/rc.v18i1.471>
- Hernández, H., Águila, E., Flores, A., Viveros, E. L., y Ramos, E. (2009). Obtención y caracterización de quitosano a partir de exoesqueletos de camarón. *Superficies y Vacío* 22(3), 57-60.
- Ming-Tsung Y., Joan-Hwa, Y. y Jeng-Leun, M. (2009). Physicochemical characterization of chitin and chitosan from crab shells. *Carbohydrate Polymers*, 75(1), 15-21. doi: <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2008.06.006>
- Nakamatsu, J. (2012). La molécula destacada: La quitosana. *Revista de química*, 26(1-2), 10-12.
- Romo, K., Pérez, L., Ramírez, R. y Díaz, A. (2016). Extracción de quitosanos a partir de diferentes partes del exoesqueleto de langosta de río (*Cherax quadricarinatus*). *Investigación y desarrollo en ciencia y tecnología de alimentos*, 1(2), 667- 673.

Bioplásticos de colágeno parcialmente hidrolizado obtenido de las escamas del bocachico (*Prochilodum magdalenae*), reforzados con cáscarilla de arroz

Bioplásticos of partially hydrolyzed collagen obtained from the scales of the bocachico (*Prochilodum magdalenae*), reinforced with rice husk

Modalidad: Póster

Soraya Isabel Alzáte-Pérez¹
Juan Pablo Quintanilla Caballero²
Carlos Rolando Paredes Niño³
Edwing Velasco⁴

¹Instituto Universitario de la Paz, Grupo de Investigación PROCA, Km 12 vía Bucaramanga, Barrancabermeja, Colombia. soraya.alzate@unipaz.edu.co

²Institución Educativa Técnica John F. Kennedy, Grupo de investigación CONCIENCIA, Carrera 28 A No. 44 -70, Barrancabermeja. Colombia. pichisjr@outlook.es

³Institución Educativa Técnica John F. Kennedy, Grupo de investigación CONCIENCIA, Carrera 28 A No. 44 -70, Barrancabermeja. Colombia. krлитosparedes@gmail.com

⁴Instituto Universitario de la Paz, Grupo de Investigación GREIP, Km 12 vía Bucaramanga, Barrancabermeja, Colombia. edwin.velasco@unipaz.edu.co

Resumen

En este estudio se muestran los resultados de resistencia a la tensión y deformación a la máxima tensión de bioplásticos elaborados con colágeno parcialmente hidrolizado obtenido de las escamas del bocachico (*Prochilodum magdalenae*), reforzados con cascarilla de arroz al 3 %, 5 %, y 10 %. Se obtuvo el colágeno, se elaboraron los bioplásticos, y se les caracterizó la resistencia y deformación. Los resultados de las pruebas arrojaron que el bioplástico con cascarilla de arroz al 3 % presenta una mayor elasticidad pero menor resistencia, el del 5 % exterioriza un término medio de resistencia y elasticidad y el del 10 % demuestra menor elasticidad pero mayor resistencia. Concluyendo que los bioplásticos al 3 % y al 10 % son los que presentan mejores propiedades mecánicas.

Palabras claves: biopolímero, colágeno, hidrólisis, *Prochilodum magdalenae*.

Introducción

En la actualidad, la pesca artesanal sigue siendo una de las actividades más practicadas por los habitantes ribereños de afluentes hídricos. El inadecuado manejo de residuos sólidos conlleva a la producción de miles de toneladas de desechos como las escamas. Estas son arrojadas de nuevo a los cuerpos de agua o lanzadas al suelo sin ningún tratamiento previo, pues llevan materia orgánica que al descomponerse ocasiona olores desagradables contaminando el ambiente. De las escamas se puede obtener colágeno. De acuerdo con Velarde-Rodríguez, Beltrán-Acosta, Pichardovelarde, y Amezcua-Vega (2015) el colágeno es una proteína constituyente de los tejidos conjuntivos, como la piel, los tendones, huesos, escamas, vísceras, siendo así la proteína más abundante de los organismos heterótrofos; la principal función del colágeno es mantener la estructura de los tejidos animales y mejorar la fuerza, resistencia, flexibilidad y estabilidad de estos. Por otra parte, según la descripción de Bonilla, y Cerón (2012), actualmente el tamo o cascarilla de arroz es desechado a los ríos, o quemado, causando impacto ambiental; pero según Sáenz (2009) si la pueden degradar microorganismos lignocelulolíticos presentes



en el suelo. Otro punto a tratar según Serrano (2011) Con la búsqueda de nuevas fuentes de materiales poliméricos se ha realizado diferentes estudios para evaluar las propiedades funcionales del colágeno de pescado, analizando la piel y las escamas. Además según Hernández y Guzmán (2009), describe que en ese sentido, se han realizado numerosos estudios para valorar algunos materiales alternativos, surgiendo el concepto de plástico biodegradable, asociado al uso de materias primas renovables que ofrecen un buen control en el medio ambiente después de diversos usos, y que se degradan más rápidamente en el vertedero, atenuando así los problemas de contaminación. Según Serrano (2011) Con la búsqueda de nuevas fuentes de colágeno se han realizado diferentes estudios para evaluar las propiedades funcionales del colágeno de origen de pescado. Es así, que resulta oportuno resaltar con la presente investigación la resistencia y elasticidad del plástico biodegradable elaborado con colágeno extraído de las escamas de bocachico, reforzado con cascarilla de arroz al 3 %, 5 % y 10 %.

Materiales y Métodos

Obtención del colágeno hidrolizado

Se recolectaron las escamas en el muelle de Barrancabermeja (Santander). Se Lavaron con abundante agua para quitar restos de tejido como epitelial, muscular y adiposo, sanguíneo, luego se blanquearon NaOH (Merck, pureza de 99 %) al 6 % en peso y desinfectaron con NaClO (Merck, pureza de 99 %) al 6 % en peso. Se secaron a temperatura ambiente; se molieron y empacaron herméticamente. Posteriormente se pesaron 500 gr de las escamas tratadas se le agrego 2000 ml de agua y se colocaron en la plancha de calentamiento a una temperatura constante de 70°C por espacio de dos horas. Subsiguientemente se bajan, se dejan enfriar y se filtran dando un volumen del colágeno parcialmente hidrolizado de 350 ml. Se coloca en recipiente de plástico y se lleva a una temperatura de - 5 °C por espacio de 1:30 H. quedando un coloide gel compacto.

Elaboración de los bioplásticos

Del coloide gel obtenido (colágeno parcialmente hidrolizado), se toman 100 gr, se colocan en un vaso de precipitado marca pirex de 500 mls y se colocan a fundir en plancha de calentamiento a una temperatura constante de 80 °C por espacio de 30 min agitando constantemente; luego se le agrega 6 % de glicerina marca Merck Millipore de 85 % de pureza y se prepara una solución al 5 % de ácido acético marca Merck Millipore de 96 % de pureza. Se sigue agitando constantemente, y la cascarilla de arroz; se sigue removiendo y se deja evaporar hasta que su volumen disminuya en un 70 %. Se baja de la plancha de calentamiento y se esparcen en moldes. Se dejan secar por espacio de 3 días a temperatura ambiente y luego se desmolda. Los bioplásticos se realizan por separado con el mismo procedimiento solo varia el % de cascarilla de arroz que se le incorpore a cada uno.

Caracterización

Se realizó la prueba de resistencia a la tensión y deformación a la máxima tensión con el texturometro para el bioplástico sin cascarilla de arroz como patrón o testigo y con cascarilla de arroz al 3 %, 5 % y 10 %.

Resultados y discusiones

En este estudio, se trabajaron biopolímeros elaborados con colágeno parcialmente hidrolizado, obtenido de las escamas del (*prochilodus magdalenae*). Pues las escamas representan aproximadamente el 5 % del peso vivo del pescado, las cuales son ricas en proteínas como el colágeno, siendo esta su principal componente que puede estar entre del 41 al 84 %. En la tabla 1 se muestran los resultados de la resistencia a la tensión y deformación o elasticidad que alcanzaron los bioplásticos con los diferentes % de cascarilla y se comparó con el patrón o testigo donde se puede apreciar que el bioplástico al 3 % con cascarilla presenta menor resistencia pero mayor elasticidad con referencia al testigo y a los demás; el bioplástico con el 5 % de cascarilla con referencia al testigo es menos resistente y menos elástico. Y el bioplástico con 10 % de cascarilla ofrece una mayor resistencia frente al testigo y a los demás pero menor elasticidad. En la figura 1, se pueden apreciar mejor estos resultados.

Tabla. 1. Resultados de la resistencia a la tensión y deformación de los 3 bioplásticos, incluyendo el patrón o testigo

Porcentaje de cascarilla	Resistencia a la tensión (g)	Deformación o elasticidad en mm
0	849,6	83.574
3	349	104.095
5	406,1	50.522
10	915	37.484

Fuente: Los autores

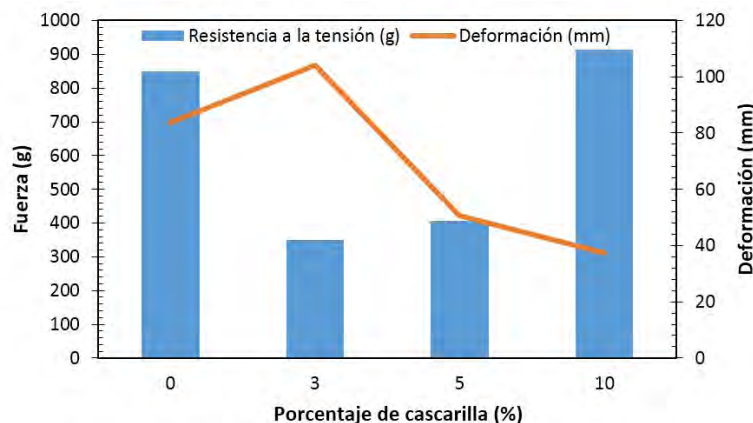


Figura 1. Gráfica de la fuerza y elasticidad de los bioplásticos elaborados.

Fuente: Los autores

Conclusiones

En este estudio se puede apreciar que se le pueden dar un buen uso a las escamas del *Prochilodum magdalenae* a nivel industrial con los plásticos obtenidos a diferentes porcentajes de cascarilla de arroz ya que se pueden utilizar en una versatilidad de productos; pues cada uno presenta propiedades mecánicas diferentes sobre todo el del 3% y 10% de cascarilla de arroz.



Agradecimientos

Los autores agradecen al MSc. Jorge Eliecer Franco director de escuela de Medicina Veterinaria y Zootecnia; a los especialistas Maribel Barón Lastra, Carmen Salcedo Villamizar y José Francisco Saavedra Arrieta de la Institución Educativa Técnica John F. Kennedy, por su apoyo y colaboración durante la ejecución del proyecto.

Referencias

- Velarde-Rodríguez, M. G., Beltrán-Acosta, A. C., Pichardovelarde, J. G., y Amezcua-Vega, C. (2015). Extracción de colágeno a partir de pieles de tilapia. *Revista de Ciencias Naturales y Agropecuarias*, 2(4), 631-639.
- Hernández Silva, M., y Guzmán Martínez, B. (2009). Biopolímeros empleados en la fabricación de envases para alimentos. *Publicaciones e Investigación*, 3(1), 103-129. doi:<https://doi.org/10.22490/25394088.572>
- Bonilla Freire, J., y Cerón Silva, S. A. (2012). *Uso eficiente de la cascarilla del arroz mediante la implantación de un sistema de comercialización orientado al sector público y privado en el cantón de babahoyo*. (Tesis de maestría). Universidad Técnica de Babahoyo, Ecuador, 114pp. (12).
- Serrano Gaona, J. C. (2011). *Estandarización de un proceso de extracción de colágeno a partir de los residuos de fileteo de tilapia (Oreochromis sp) y cachama (Piaractus brachypomus)*. (Tesis de Pregrado). Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia, 85 pp.
- Sáenz Rodríguez, M. N. (2009). *Evaluación del papel de los microorganismos lignocelulolíticos sobre los residuos vegetales en suelos rizosféricos de papa criolla solanum phureja en municipios de Cundinamarca*. (Tesis de maestría). Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia. 81pp. (32)

Residuos de poda de arándano: una potencial fuente de celulosa

Cranberry pruning waste: a potential source of cellulose

Modalidad: Comunicación oral

Claudia M. Pacheco P.¹
Cecilia Bustos²
Guillermo Reyes³
Maria Graciela Aguayo⁴
Orlando J. Rojas⁵

¹Universidad del Bío-Bío, Departamento Ingeniería en Maderas, Avenida Collao 1202, Concepción, Chile. claudia.pacheco1601@alumnos.ubiobio.cl

²Universidad del Bío-Bío, Centro de Biomateriales y Nanotecnología (CBN). Departamento Ingeniería en Maderas, Avenida Collao 1202, Concepción, Chile.

³Universidad del Bío-Bío, Centro de Biomateriales y Nanotecnología (CBN). Departamento Ingeniería en Maderas, Avenida Collao 1202, Concepción, Chile.

⁴Universidad del Bío-Bío, Centro de Biomateriales y Nanotecnología (CBN). Departamento Ingeniería en Maderas, Avenida Collao 1202, Concepción, Chile.

⁵Aalto University, Department of Bioproducts and Biosystems, Vuorimiehentie 1, 02150 Otaniemi, Espoo, Finland.

Resumen

Chile es el segundo productor mundial de arándanos del mundo. La poda de los arbustos genera una gran cantidad de biomasa lignocelulósica. Como alternativa a las actuales prácticas de incineración y sus efectos en la contaminación del aire, este estudio propone una alternativa para el uso de estos residuos. Se investigó la composición química (celulosa, hemicelulosa, lignina, extractos y cenizas) de los residuos de poda de ramas y troncos de arándanos. El contenido de celulosa para ramas y troncos fue ~ 52 % y 51 %, respectivamente. Sin embargo, la difracción de rayos X indicó importantes diferencias en su cristalinidad (52 % y 84 %, respectivamente). La celulosa obtenida de las ramas mostró ser menos estable térmicamente con respecto a la de los troncos.

Palabras claves: arbustos de arándano; celulosa; compuestos químicos; cristalinidad; residuos de poda.

Introducción

Los arándanos (*Vaccinium corymbosum*) son frutos de forma redonda, color oscuro típico y crecen a partir de arbustos medianos de hojas caducas, su consumo regular está asociado a beneficios para la salud. Chile se ha convertido en uno de los principales productores y exportadores de arándanos. Actualmente es el segundo productor mundial de arándano después de Estados Unidos (García, García, y Ciordia, 2013). La ubicación de Chile en el hemisferio sur permite enviar durante el invierno arándanos frescos de alta calidad a los países del hemisferio norte. Para lograr un equilibrio justo entre el crecimiento anual de los brotes y la producción de frutos de calidad, es necesaria la realización de un adecuado sistema de poda (UCONN, 2016). Por consiguiente, se generan entre 3000 y 7500 kg ha⁻¹ (peso seco) como residuos de poda por hectárea plantada para la producción de arándanos (Pinochet, Artacho, y Maraboli, 2014). En las regiones de Maule y Bío-Bío se plantan alrededor de 10,000 hectáreas, que corresponden al 56% de la producción total chilena (ODEPA, 2016). Generando un residuo lignocelulósico desaprovechado, que en la gran mayoría de casos es quemado, aumentando las emisiones de CO₂ en estas regiones. Si bien, esta es la práctica más fácil y menos costosa en actividades agrícolas relacionadas, el impacto en la calidad del aire no puede ignorarse (CEC, 2014). Además, la incineración de los residuos agrícolas causa una grave contaminación en la tierra y el agua (Kumar, Kurmar, y Joshi, 2015). El objetivo de este estudio fue caracterizar física, química y térmicamente residuos de poda del arándano para evaluar su potencial como fuente de celulosa. Proponiendo



una alternativa ecológica a la incineración de estos residuos agroindustriales, aprovechando el alto contenido de celulosa y las perspectivas de uso de este biopolímero (Malucelli, Lacerda, Dziedzic, y da Silva, 2017) que es abundante y se renueva anualmente.

Materiales y Métodos

Composición química

Los residuos de poda de arándanos se clasificaron en ramas y troncos, para realizar procesos independientes de su composición química. Los residuos se cortaron en trozos pequeños, se lavaron y secaron en horno a 30 °C. Ambas muestras se molieron y tamizaron con malla de 40-60. Para determinar la cantidad de extractivos, la muestra molida se extrajo en Soxhlet con acetona al 90 % durante 16 h de acuerdo con TAPPI T280 pm-99 (2015). El contenido de lignina fue determinado por TAPPI T222 om-11 (2015); la Holocelulosa y alfa-celulosa por TAPPI T9 wd-75 (2015); el contenido de cenizas por TAPPI T211 wd-06 (2015). Todos los experimentos fueron realizados por triplicado. El ANOVA y la determinación de las diferencias significativas se basaron en la diferencia mínima significativa de Fisher (LSD), se calcularon con el programa estadístico STATGRAPHICS centurion XV.II (Statpoint Technologies, Inc.).

Morfología de la fibra

Se revisó la estructura morfológica de la alfa-celulosa utilizando un microscopio electrónico de barrido (SEM, JEOL JSM6610LV). Las muestras de alfa-celulosa se agitaron en agua desionizada, luego, una gota de la solución se colocó en un portamuestras y se secó en un horno a 40 ° C durante 30 min. Las muestras se recubrieron con oro (Au), depositado mediante la técnica de pulverización a través del uso de una unidad Denton Vacuum Desk V-Sputter/etch.

Espectroscopía infrarroja de transformada de Fourier (FTIR), Análisis de difracción de rayos X (XRD) y Análisis termogravimétrico (TGA).

Los espectros se recogieron usando un espectrómetro Nicolet 380 FT-IR (Thermo Fisher Scientific) en el modo de transmitancia. Las muestras se analizaron en una región espectral entre 4000 y 400 cm^{-1} con una resolución de 2 cm^{-1} . Se determinó la cristalinidad de las muestras usando WAXS en el difractómetro de rayos X Rigaku Smartlab®. La desconvolución de los patrones de XRD se realizó utilizando el software PeakFit. Se ajustaron las funciones gaussianas, luego se utilizó el software de análisis gráfico y de datos Origin®, OriginLab para los procedimientos de trazado y cálculo. Se calcularon el tamaño del cristalito (τ) y el Índice de Cristalinidad (CI). Se realizó el TGA en Q50 (TA Instruments, EE. UU.) a atmósfera de nitrógeno, con un flujo de gas de 50 ml min^{-1} de 25 ° C a 600 ° C y una velocidad de calentamiento de 10 ° C min^{-1} . La tasa de pérdida de peso se obtuvo a partir de datos termogravimétricos derivados. Se utilizaron aproximadamente 4,0 mg de muestra de alfa-celulosa de ramas y troncos en polvo.

Resultados y discusiones

El contenido de alfa-celulosa en ambos tipos de muestras fue aproximadamente del 51 %. Estos valores son significativamente más altos en comparación con otros residuos de la agroindustria, por ejemplo, 42 % para la piel de ajo (Reddy y Rhim, 2014), 24 % para la cascarilla de café (Sung, Chang, y Han, 2017), 35 % para la cascarilla de arroz (Johar, Ahmad, y Dufresne, 2012). Resultados similares en contenido de celulosa a los obtenidos en el presente estudio fueron reportados para tallos de algodón 49 % (Shaban, Hussein, y Sawan, 2010), (Tabla 1).

Tabla 1. Caracterización química de los residuos de poda de arándano analizados.

Componentes (%)	Residuos de Poda de Arándanos		p-valor
	Ramas	Troncos	
Extractivos	6,9 ^b ± 0,3	3,1 ^a ± 0,4	0,0002
Holocelulosa	63,8 ^a ± 0,5	72,8 ^b ± 1,1	0,0002
Alfa - celulosa	51,9 ^a ± 0,4	51,4 ^a ± 0,7	0,3097
Hemicelulosa*	11,9 ^a ± 0,4	21,4 ^b ± 0,7	<0,0001
Lignina insoluble	26,6 ^b ± 0,1	22,1 ^a ± 0,1	<0,0001
Lignina Soluble	2,8 ^a ± 0,1	3,5 ^b ± 0,2	0,0061
Cenizas	1,8 ^b ± 0,1	0,9 ^a ± 0,1	<0,0001

Fuente: Los autores

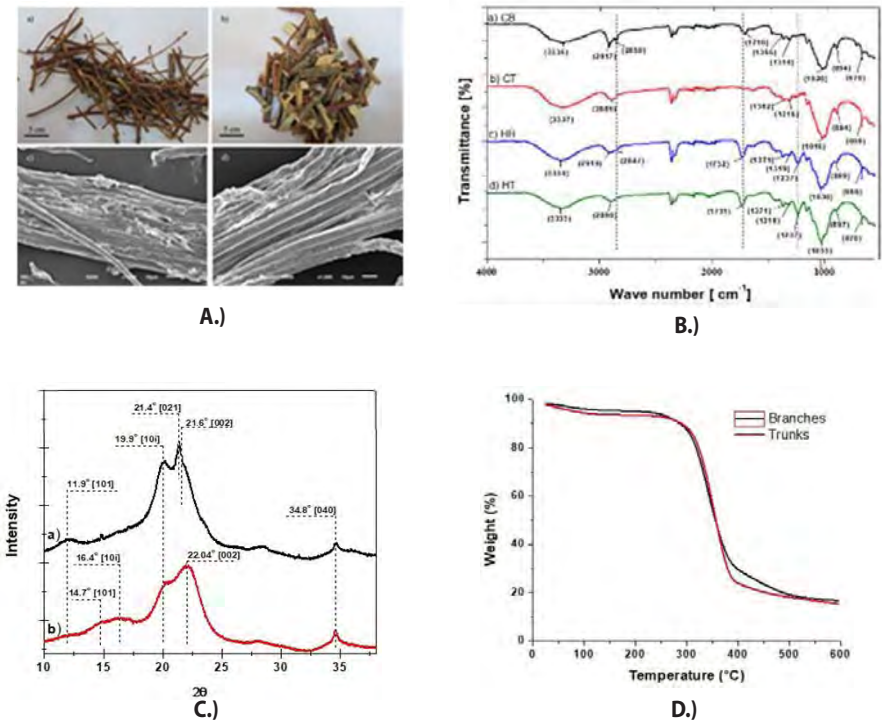


Figura 1. Residuos de poda de arándano. a) micrografías SEM de α -celulosa; b) FTIR alfa-celulosa y holocelulosa; c) Patrón de difracción XRD de alfa-celulosa; d) Análisis térmico de pérdida de peso vs. temperatura de alfa-celulosa.

Fuente: Los autores.



Las propiedades mecánicas y térmicas mejoran con el aumento de la cristalinidad de la celulosa (Tan, Abd Hamid, y Lai, 2015). La mayor cristalinidad de las fibras de celulosa aumenta su rigidez y por lo tanto, su resistencia (Kallel *et al.*, 2016). La celulosa proveniente de residuos de poda de troncos presenta mayor cristalinidad (84 %) a la celulosa de las ramas (52 %). Por lo tanto, la celulosa de los troncos podría poseer un mayor rendimiento mecánico y capacidad de refuerzo. La temperatura máxima de degradación fue de 341 °C y 354 °C para ramas y troncos, respectivamente (Figura1).

Conclusiones

Los residuos de poda del arándano poseen un alto contenido de celulosa tanto en ramas como en troncos. La alfa-celulosa de troncos mostró un índice de cristalinidad más alto y de mejores propiedades térmicas que la proveniente de las ramas. Por tanto, la producción de celulosa a partir de estos residuos es una alternativa que puede aliviar la contaminación del aire que actualmente se genera al quemar la biomasa lignocelulósica. Se espera que el aislamiento de nanocelulosa se vea facilitado por la accesibilidad de este tipo de residuos, abriendo una oportunidad para su uso como material de refuerzo y la generación de nuevos materiales nanocompuestos.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Centro de Investigación de Polímeros Avanzados (CIPA) - Chile por el análisis TGA. Reconocemos la provisión de instalaciones y asistencia técnica por parte de la Universidad Aalto en OtaNano - Centro de Nanomicroscopía (Aalto-NMC), Finlandia.

Referencias

- CEC. (2014). *Burning Agricultural Waste: A Source of Dioxins*. Montreal, Canada: Commission for Environmental Cooperation.
- Garcia, J. C., Garcia, G., y Ciordia, M. (2013). Situación actual del cultivo del arándano en el mundo. *Tecnología Agroalimentaria*, (12), 5–8. Recuperado de <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4454466&orden=419260&info=link>
- Johar, N., Ahmad, I., y Dufresne, A. (2012). Extraction, preparation and characterization of cellulose fibres and nanocrystals from rice husk. *Industrial Crops and Products*, 37, 93–99. doi: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2011.12.016>
- Kallel, F., Bettaieb, F., Khiari, R., García, A., Bras, J., y Chaabouni, S. E. (2016). Isolation and structural characterization of cellulose nanocrystals extracted from garlic straw residues. *Industrial Crops and Products*, 87, 287–296. doi: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2016.04.060>
- Kumar, P., Kurmar, S., y Joshi, L. (2015). *Socioeconomic and environmental implications of agricultural residue burning. A case study of Punjab, India*. (Springer Open, Ed.). New Delhi.
- Malucelli, L. C., Lacerda, L. G., Dziedzic, M., y da Silva Carvalho Filho, M. A. (2017). Preparation, properties and future perspectives of nanocrystals from agro-industrial residues: a review of recent research. *Reviews in Environmental Science and Biotechnology*, 16(1), 131–145. 4

- ODEPA. (2016). Evolución de la superficie frutícola por región. Santiago, Chile. Recuperado de <http://www.odepa.cl/estadisticas/productivas/>
- Pinochet Tejos, D., Artacho Vargas, P., y Maraboli Sandoval, A. (2014). *Manual de Fertilización de Arándanos Cultivados en el Sur de Chile*. Valdivia (Chile). Universidad Austral de Chile. Proyecto FIA-UACH PYT 2009-0080.
- Reddy, J. P., y Rhim, J. (2014). Isolation and characterization of cellulose nanocrystals from garlic skin. *Materials Letters*, 129, 20–23. doi: <https://doi.org/10.1016/j.matlet.2014.05.019>
- Shaban, D., Hussein, A., y Sawan, O. M. (2010). The utilization of agricultural waste as one of the environmental issues in Egypt (a case study). *Journal of Applied Sciences Research*, 6(8), 1116–1124.
- Sung, S. H., Chang, Y., y Han, J. (2017). Development of polylactic acid nanocomposite films reinforced with cellulose nanocrystals derived from coffee silverskin. *Carbohydrate Polymers*, 169, 495–503. doi: <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2017.04.037>
- Tan, X. Y., Abd Hamid, S. B., y Lai, C. W. (2015). Preparation of high crystallinity cellulose nanocrystals (CNCs) by ionic liquid solvolysis. *Biomass and Bioenergy*, 81, 584–591. doi: <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2015.08.016>
- UConn. (2016). Blueberry: Pruning Techniques. Revisado el 9 de agosto de 2017, Recuperado de http://www.ladybug.uconn.edu/FactSheets/blueberry--pruning-techniques_7_3017522707



Evaluación de resultados de la degradación de un bioplástico sometido a procesos de compostaje según norma ASTM D-6400 y D-5988

Evaluation of the results of the degradation of a bioplastic subjected to composting processes according to ASTM D-6400 and D-5988

Modalidad: Comunicación oral

Pedro Rodríguez Sandoval¹
Andrés Felipe Medina Sánchez²
Oscar Eduardo Ariza León³

¹ Servicio Nacional de Aprendizaje SENA. Grupo de investigación Gimes, Centro de Materiales y Ensayos, Bogotá, Colombia. prodiguez@misena.edu.co.

² Servicio Nacional de Aprendizaje SENA. Grupo de investigación Gimes, Centro de Materiales y Ensayos, Bogotá, Colombia. afmedina186@misena.edu.co.

³ Servicio Nacional de Aprendizaje SENA. Grupo de investigación Gimes, Centro de Materiales y Ensayos, Bogotá, Colombia. oeariza48@misena.edu.co.

Resumen

La contaminación ambiental causada por el creciente uso de materiales termoplásticos derivados de hidrocarburos, utilizados en la fabricación de envases, empaques y variedades artículos que terminan produciendo grandes cantidades de desechos que no se degradan fácilmente, generando problemas sanitarios en los vertederos municipales donde se requiere más capacidad y espacio. En este trabajo de investigación de un material bioplástico compuesto por polietileno de baja densidad y almidón de papa que posee propiedades mecánicas útiles para producir distintos artículos de uso cotidiano se estudiara su velocidad de biodegradabilidad en condiciones similares a un relleno sanitario que debido a la presencia de microorganismos puede lograr que en un tiempo estimado menor a 6 meses se degraden por completo o usarse en compostaje para generar abonos para la siembra de plantas.

Introducción

El material bioplástico objeto de trabajo de investigación ha demostrado tener buenas propiedades mecánicas y capacidad para absorber calor, llegando a resistir altas temperaturas de manera que este material podría utilizarse para fabricación de empaque, envases y embalajes, actualmente se analiza la biodegradabilidad del material mediante la normas ASTM D-6400 y D-5988 para plásticos compostables simulando un ambiente parecido al de un relleno sanitario como lugar en el que terminan comúnmente los plásticos después de su vida útil (Quiñones, 2009).

Lo que se busca es el desarrollo de un material biodegradable con el fin de brindar una alternativa óptima a las industrias productoras de materiales plásticos. (Cruz-Morfin, Martínez-Tenorio y López-Malo, 2013). El proyecto se enfoca en estudiar la velocidad de degradación del bioplástico con contenido de almidón de papa y polietileno de baja densidad, de manera que en un tiempo de 6 meses o menos este material se degrade por completo, para llegar a ello se tiene que determinar biodegradabilidad proceso el cual ha arrojado buenos resultados. Por medio de la pérdida de propiedades mecánicas como la dureza y tensión de este material se verifica que si se está degradado por microorganismos presentes en el suelo, determinando de un grado preciso en las propiedades mecánicas además de las condiciones que intervienen en la degradación del bioplástico en un ambiente similar a un vertedero de basuras municipal.

Materiales y Métodos

El material sometido a compostaje y utilizado para análisis fueron probetas tipo corbatín del bioplástico al 15 % de almidón de papa y 75 % polietileno de baja densidad (PEBD) (Sandoval, Prieto, y Pachón, 2015). Que de acuerdo a la norma ASTM D-6400 se coloca en un suelo preparado con tierra y compost orgánico maduro durante una probeta durante 3 meses. Adicionalmente se emplearon probetas del mismo material y con 0 % almidón a los cuales no fueron colocados bajo tierra. Dentro del proceso experimental se eligen una probeta con 0 % almidón, una al 15 % (no fueron sometidas a compostaje) y la probeta que se encontraba bajo tierra con el fin de comparar las propiedades del material se caracterizan las propiedades mecánicas, realizando ensayos de dureza tipo shore A y D, ensayos de tensión, también utilizando técnicas de (SEM) (Figura 1) y microscopia óptica para determinar la morfología y analizar la estructura interna del material y se determina si el material bajo compostaje pierde propiedades.



Figura 1. Ensayos mecánicos (tensión), dureza tipo shore A, microscopia óptica y microscopia electrónica de barrido SEM.
Fuente: Los autores

Finalmente de acuerdo con el método indicado en la norma ASTM D-6988 en la cual al material en compostaje se determina el dióxido de carbono que se genera al ser degradada y el porcentaje de biodegradabilidad del material. Estos resultados se comparan de manera que se evalúan el progreso de la degradabilidad y factores que pueden favorecer a que ocurra en la menor cantidad de tiempo.

Resultados y discusiones

Las probetas que se encontraban bajo tierra se extrajeron para realizar los ensayos de tensión, dureza, microscopia electrónica de barrido (SEM) y microscopia óptica. Los resultados arrojados durante los primeros 3 meses, tiempo actual que llevan las pruebas de degradabilidad presentan una reducción de propiedades mecánicas la cual disminuye a medida que se mantenía más tiempo la probeta en el suelo. Esto da a conocer que efectivamente el material se degrada, con la disminución de propiedades como se observa en la figura 2; el proceso degradativo va por buen camino estimando que en 6 meses sea degradado por completo.

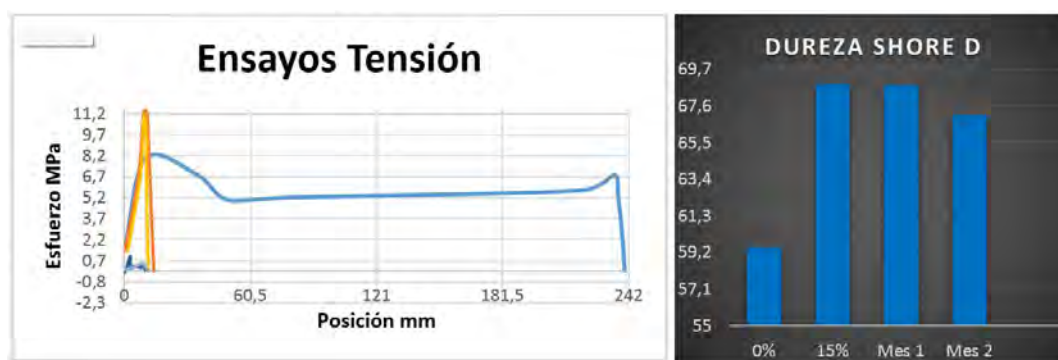


Figura 2. Resultados de ensayos mecánicos (tensión), dureza tipo shore A y D
Fuente: Los autores

La biodegradación es un proceso que generalmente se presenta en la disposición final de los empaques como residuo hasta su compostaje y retorno dentro del ciclo natural del carbono, en este sentido, y por definición, los empaques biodegradables son aquellos que pueden degradarse a dióxido de carbono, agua y biomasa como resultado de la acción de vida de los microorganismos o enzimas. (De Campos, Marconato y Martins, 2011). Que de acuerdo con el método estipulado por la norma ASTM D-6400 Y ASTM D-5988 “El seguimiento de las condiciones ambientales como la humedad, temperatura y pH del suelo se mantuvieron”. (Palechor Tróchez, 2017). Y al extraer las probetas y someterlas a ensayos para determinar la cantidad de dióxido de carbono que se genera al producirse la hidrólisis, de manera que los microorganismos en el suelo se alimentan de este compuesto, a partir de estos valores se puede determinar el porcentaje de degradabilidad los cuales aumentan dependiendo del tiempo que el material esté expuesto a microorganismos, de manera que progresivamente se está degradando como se observa en la figuras 3 , deformaciones en la estructura interna del material debido a que poco a poco pierde material al ser expuesto a enzimas de microorganismos y se aumenta cada mes el porcentaje de biodegradabilidad, aunque aún es bajo se espera que en los próximos meses aumente más. Ver figura 4.

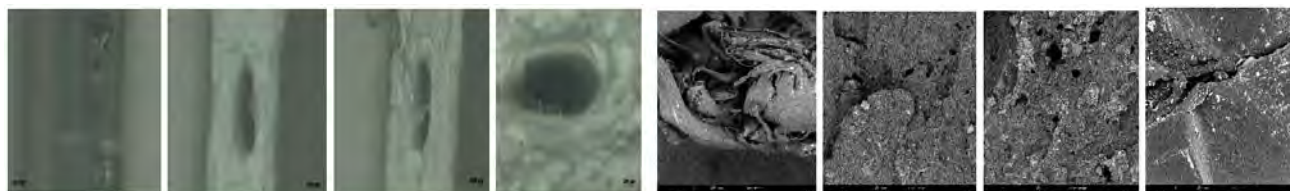


Figura 3. Tratamientos de microscopia electrónica de barrido (SEM) y microscopia óptica.
Fuente: Los autores

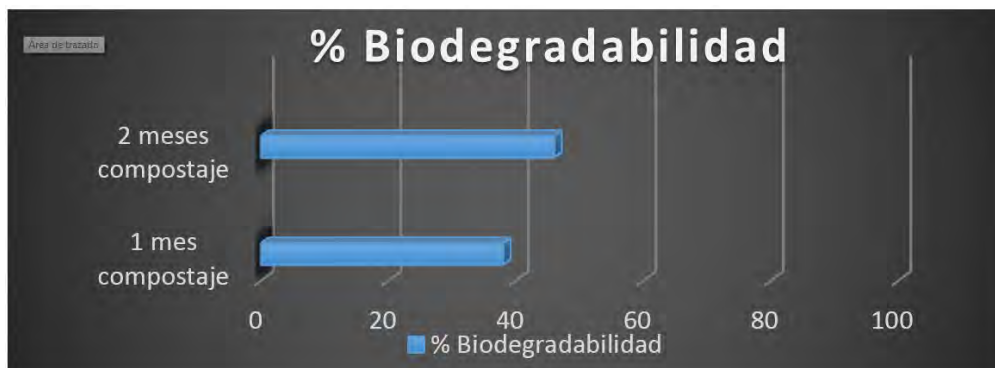


Figura 4. Porcentaje de biodegradabilidad del material aumenta en relación al tiempo de compostaje
Fuente: Los autores

Conclusiones

Se obtuvieron resultados favorables dentro del proceso de degradación con reducción de propiedades mecánicas de tensión y dureza del material expuesto a microorganismos en el suelo.

Los ensayos de la norma ASTM D-5988 indican que hay un aumento de producción de dióxido de carbono por lo tanto el material inició un proceso de degradación.

El aumento CO_2 indica que el material bajo las condiciones a las cuales está sometido lo está degradando poco a poco, en ambientes de este tipo la degradación del material es satisfactoria.

Agradecimientos

SENA Centro de Materiales y Ensayos, Grupo de semilleros de Investigación: GIMES Centro de Materiales y Ensayos SENA.

Referencias

- Cruz-Morfin, R., Martínez-Tenorio, Y., y López-Malo, A. (2013). Biopolímeros y su integración con polímeros convencionales como alternativa de empaque de alimentos. *Temas de Selección de Ingeniería de Alimentos*, 7(2), 42-52.
- De Campos, A., Marconato, J. C., y Martins-Franchetti, S. M. (2011). Biodegradation of blend films PVA/PVC, PVA/PCL in soil and soil with landfill leachate. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 54(6), 1367-1378. doi: <https://doi.org/10.1590/S1516-89132011000600024>
- Palechor Tróchez, J. J. (2017). *Biodegradación aerobia bajo condiciones controladas de compostaje de una película flexible y una bandeja semirrígida obtenidas a partir de almidón y harina de yuca* (Tesis doctoral), Universidad Nacional de Colombia-Sede Palmira.
- Quiñones, I. J. (2009). Vigilancia tecnológica aplicada para identificar las tendencias tecnológicas en los biopolímeros y plásticos degradables. *Informador técnico*, (73), 53-65.
- Sandoval, P. R., Prieto, E. M., y Pachón, Y. E. G. (2015). Obtención y caracterización de un biodegradable a partir de almidón de papa y polietileno de baja densidad por inyección. *Informador Técnico*, 79(2), 61.



**IV Simposio
DE MATERIALES
POLIMÉRICOS**



Res. No. 18743, 2017-2021.



Vigilada MinEduación.



Energías Renovables y Medio Ambiente

Revista Informador Técnico, Volumen 82 n2 - Suplemento I- 2018

IV Simposio de Materiales Poliméricos - 13 y 14 de Septiembre de 2018, Cali - Colombia

CONTENIDO

Desarrollo de una máquina pulidora de joyas con cargas poliméricas a partir de energía neumática.....	118
Maria Katalina Bonilla Ramírez, Karen Juliette Forero Rubio, Stefany Puentes Cantor, Edwin Yesid Gómez-Pachón	
Termólisis de los biopolímeros naturales de los desechos agroindustriales de la planta africana (<i>Elaeis guinnensis</i>).....	122
Natalia Afanasjeva, Juan Camilo Sinisterra, José Hipolito Isaza	
Redes Orgánicas: La evolución de los polímeros.....	128
Andrés Rodríguez Camargo, Elio Rico, Cesar A. Sierra A., Oscar Rodríguez B.	

Desarrollo de una máquina pulidora de joyas con cargas poliméricas a partir de energía neumática

Development of a jewelry polishing machine with polymeric charges from pneumatic energy

Modalidad: Póster

Maria Katalina Bonilla Ramírez¹
Karen Juliette Forero Rubio²
Stefany Puentes Cantor³
Edwin Yesid Gómez-Pachón⁴

¹ Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Escuela de Diseño Industrial, Carrera 18 con Calle 22, Duitama, Colombia, edwin.gomez02@uptc.edu.co

² Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Escuela de Diseño Industrial, Grupo de Investigación Diseño, Innovación y Asistencia Técnica de Materiales Avanzados-DITMAV, Carrera 18 con Calle 22, Duitama, Colombia.

³ Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Escuela de Diseño Industrial, Grupo de Investigación Diseño, Innovación y Asistencia Técnica de Materiales Avanzados-DITMAV, Carrera 18 con Calle 22, Duitama, Colombia.

⁴ Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Escuela de Diseño Industrial, Grupo de Investigación Diseño, Innovación y Asistencia Técnica de Materiales Avanzados-DITMAV, Carrera 18 con Calle 22, Duitama, Colombia.

Resumen

El objetivo principal del proyecto es el diseño de un dispositivo que pule y brille joyas en ángulos agudos a partir de neumática para el taller de joyería de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia seccional Duitama, se tuvo en cuenta las características del taller de joyería, el cual cuenta con una red neumática, así se consideró las especificaciones del dispositivo, como análisis estático, cinemático, materiales, tolerancias, manufactura, estandarizaciones y mecanismos que ayudaron con el cumplimiento de la actividad. De esta manera, se plantearon requerimientos que soportaran el diseño del dispositivo, estableciendo las especificaciones finales y así llegar a la etapa de producción, desarrollo del prototipo por último se comprobó su funcionamiento por medio de diferentes cargas poliméricas.

Palabras claves: *ángulos agudos, cargas poliméricas, joyería, neumático, pulido.*

Introducción

Las joyas consisten en objetos ornamentales que generalmente se fabrican con piedras y metales preciosos (OTEC, 2016). Colombia demanda un alto nivel comercial en el mercado y una de las atribuciones en la manufactura es el proceso de pulido y brillo de la pieza de manera manual o automática, en donde a partir de la búsqueda de materiales de diferentes cargas (metálicas, poliméricas, naturales entre otras), se logra que las joyas en latón, plata, oro, zamak, puedan ser brilladas con el choque entre estas y las cargas; a partir de estos conceptos nace la necesidad de la innovación de un equipo que pule y brille joyas, es así como se toman conceptos de forma, función, ergonómicos y metodologías.

Se identificó las necesidades del cliente y las condiciones del taller de joyería, seguido a esto se establecieron los requerimientos del equipo a partir de las necesidades detectadas de los usuarios quienes fueron los docentes y estudiantes de la Escuela de Diseño Industrial de la UPTC, luego se determinaron las especificaciones, se generaron conceptos técnicos, se seleccionaron, se comprobaron y por último se desarrolló el prototipo para su validación funcional.

Materiales y Métodos

Para el desarrollo del proyecto se tuvo en cuenta la metodología de Ulrich, y Eppinger, (2013), el cual parte con un proceso de observación de necesidades y determinación de características formales, funcionales y económicas del proyecto, se consideró diferentes formas de desarrollar las diferentes funciones del dispositivo. Seguido a esto se procedió a determinar combinaciones posibles entre los conceptos, tomando así la opción más indicada.

Teniendo en cuenta esas combinaciones, se planteó una tabla para la comparación de los conceptos, es así como se elige la más indicada y la que más cumpla con los requerimientos del cliente, dentro de la investigación se tiene en cuenta las diferentes cargas que se encuentran en el mercado como son: cargas poliméricas, cerámicas, naturales y de acero.

Para el desarrollo del producto se realizó un prototipo del producto, la exploración de alternativas, explorando problemáticas relativas en: la expresión y configuración externa del producto y la organización y configuración interna de los componentes, distribución, interacción y función.

Después fue necesaria la definición de especificaciones, el desarrollo técnico del producto que permitió la consideración de herramientas y materiales para su construcción, fue necesario el desarrollo de análisis estático en los ejes y aspas, el resultado permitió una mejor selección de material y dimensiones para evitar un pandeo o fractura en el movimiento (Norton, 2009); de esta forma se incluyen planos y modelación de partes y piezas en sistemas CAD. Finalmente el prototipo fue desarrollado, los materiales usados fueron: polimetilmetacrilato para contenedor interno y externo, tapas y aspas impresas en prototipadora 3D material PLA con inyección de resina epóxica, válvulas y mangueras según referencia, ejes de acero cold rolled 1010.

Resultados y discusiones

Para el desarrollo del proyecto, se consideró diferentes formas de desarrollar las funciones del dispositivo (Figura 1), seguido a esto se procedió a determinar combinaciones posibles entre los conceptos, tomando así la opción más indicada (Figura 2).

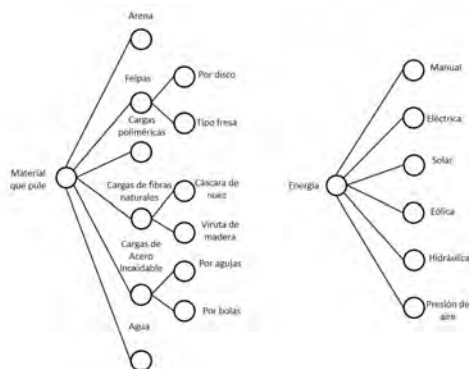


Figura 1. Árbol de diferentes conceptos
Fuente: Los autores

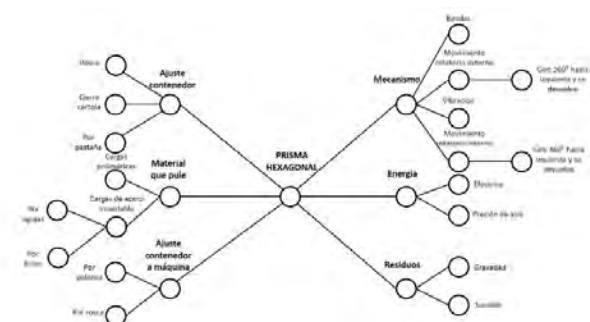


Figura 2. Árbol de combinación de propuesta elegida
Fuente: Los autores

De esta manera se analizó cada una de las combinaciones posibles, seguido de esto se evaluó cada una de ellas con base a los requerimientos planteados y se escogió la que mejor se ajustaba a las necesidades planteadas por los usuarios, se obtuvieron resultados satisfactorios, gracias a que se siguió la metodología teniendo en cuenta cada uno de los factores que hacían parte de la máquina, mezclando así las mejores propuestas y obteniendo la mejor propuesta de diseño a partir de estas. (Tabla 1 y Figura 3).

Tabla 1. Evaluación de propuestas según criterios de selección

CRITERIOS DE SELECCIÓN	Importancia	PRISMA HEXAGONAL		TIPO RELOJ DE ARENA		DIAMANTE	
		Absoluto	Relativo	Absoluto	Relativo	Absoluto	Relativo
Reducir polución	13%	4	0,52	4	0,52	4	0,52
Atrapamiento	13%	5	0,65	5	0,65	2	0,26
Cantidad de choque	9%	4	0,36	2	0,18	4	0,36
Facilidad de uso	8%	4	0,32	4	0,32	4	0,32
Durabilidad	8%	3	0,24	3	0,24	3	0,24
Facilidad de manufactura	13%	4	0,52	2	0,26	4	0,52
TOTAL	100%		2,61		2,17		2,22

Nota: se observa que Prisma Hexagonal tiene mayor puntaje que los demás según criterios de selección.

Fuente: Los autores.



Figura 3. Prototipo de máquina pulidora de joyas.

Fuente: Los autores.

Conclusiones

Según la carga polimérica con el equipo desarrollado se logra variar el tiempo y la calidad de pulido y/o brillo en las piezas.

La forma hexagonal del contenedor permite aumentar el choque entre las piezas y las cargas, teniendo en cuenta que el contenedor cuenta con una serie de ángulos internos que generan un movimiento irregular a la hora de generar el movimiento de este.

Fue posible tomar energía neumática para generar el funcionamiento de una máquina industrial.

El factor de seguridad en el proceso industrial fue de gran importancia, es así como se observó que por medio de un circuito neumático se soluciona de manera adecuada este requerimiento, permitiendo la máquina su funcionamiento sólo cuando esta se encuentra completamente cerrada.

Se consideró a futuro seguir el proceso de producción, este interfiere dos etapas, profundizar materiales para construcción y así pasar a un análisis estructural de producto, finalmente considerar un proceso de intercambio comercial y su mercado.

Agradecimientos

Agradecemos a la Universidad Pedagógica y Tecnológica, al grupo de investigación DITMAV y tutor profesor Edwin Yesid Gómez por su orientación y guía en el proceso investigativo.

Referencias

Norton, R. L. (2009). *Diseño de maquinaria*. México: McGRAW-HILL/INTERAMERICANA.

OTEC Präzisionsfinish GmbH. (2016). Simplemente brillante, pulido high-tech en joyería. Recuperado de https://edeltec.com/wp-content/uploads/2017/03/Otec_170200_prospekt_schmuckindustrie_ES.pdf

Ulrich, K., y Eppinger, S. (2013). *Diseño y desarrollo de productos*. México: McGRAW-HILL/INTERAMERICANA.



Termólisis de los biopolímeros naturales de los desechos agroindustriales de la planta africana (*Elaeis guinnensis*)

Thermolysis of the natural biopolymers of the agroindustrial waste of the African plant (*Elaeis guinnensis*)

Modalidad: Póster

Natalia Afanasjeva¹
Juan Camilo Sinisterra²
José Hipólito Isaza³

¹ Universidad del Valle, Facultad de Ciencias Naturales y Exacta, Grupo de investigación en contaminación ambiental por metales y plaguicidas (GICAMP), Calle 13 # 100-00, Santiago de Cali, Colombia. natalia.afanasjeva@correounivalle.edu.co.

² Universidad del Valle, Grupo de investigación en contaminación ambiental por metales y plaguicidas, Calle 13 # 100-00, Santiago de Cali, Colombia. juan.sinisterra.ruzo@correounivalle.edu.co

³ Universidad del Valle, Grupo de investigación en productos naturales y alimentos (GIPNA), Calle 13 # 100-00, Santiago de Cali, Colombia. jose.isaza@correounivalle.edu.co

Resumen

Se realizó la pirolisis lenta de residuos agroindustriales de la palma africana (*Elaeis guinnensis*) en un reactor tipo batch, a diferentes temperaturas desde 250 °C hasta 375 °C, la mayor cantidad de bio-oil (25,47 %) se obtuvo para la mezcla de 60 % raquis, 30 % torta y 10 % cuesco, a la temperatura de 350 °C y 20 psi. El bio-oil fue separado por extracción líquido-líquido con hexano y las dos fases resultantes se analizaron por GC-MS y HPLC-DAD; UV-vis. La mayoría de los compuestos obtenidos en ambas fases son fenoles simples y el componente mayoritario en ambos casos es el fenol y los fenoles sustituidos.

Palabras claves: tecnología foresta, pirolisis, palma africana, extracción líquida, análisis GC-MS, HPLC-DAD, fenoles, bio-oil.

Introducción

La pirólisis de biomasa es un proceso de descomposición termoquímica de materiales orgánicos en ausencia de oxígeno (ASTM D 4175-17b), mediante este proceso la biomasa que está compuesta de polímeros naturales tales como; celulosa, hemicelulosa y lignina, sufre un proceso de fragmentación dando lugar a moléculas más pequeñas (Samiran, Jaafar, Ng, Lam, y Chong, 2016). En el proceso de pirólisis influyen diferentes parámetros como la presión, la procedencia de la biomasa, el tamaño de partícula, la temperatura y la velocidad de calentamiento del proceso (Hamelinck, y Faaij, 2002) este último genera diferentes técnicas de pirolisis: “pirólisis rápida”, “pirolisis intermedia” y “pirólisis lenta” (Chen, y Lin, 2016; Van de Velden, Baeyens, Brems, Janssens, y Dewil, 2010) En este estudio se utiliza el proceso de la pirólisis lenta a nivel de laboratorio que se lleva a cabo a bajas temperaturas entre 300-500 °C y a tasas de calentamiento que van desde 0,1-2 °C/min (Afanasjeva, Pantoja, Recaman, 2017) de los residuos agroindustriales provenientes del proceso de obtención del aceite de palma a partir de la palma africana (*Elaeis guinnensis*) y son raquis, torta y cuesco. La palma africana es una de los principales cultivos oleaginoso en el país y produce un mayor rendimiento de aceite por hectárea cultivada al año; se reportan 4,87 toneladas de aceite/año (Chang, 2014), que otros cultivos oleaginosos (Khatun, Reza, Moniruzzaman, y Yaakob, 2017) como la canola (~0,7 ton/año), el girasol (~0,6 ton/año), el ricino (~0,5 ton/año) y la soya (~0,4 ton/año)

(Fedapal, 2017) entre otros, compuestos químicamente de celulosa, hemicelulosa y lignina. Durante el proceso de obtención del aceite solo se utiliza ~ 3,8 % (Sumathi, Chai, y Mohamed, 2008) del total de los frutos de la palma que es lo correspondiente a la almendra de palma, del otro residuo ~ 96,2 % el ~58,3 % corresponde a el racimo de frutos vacíos o raquis, la fibra o trota y la cáscara o cuesco (Bazimi, Zahedi, y Hashim, 2011; Pretell, 2013). Esto sumado a que a nivel mundial anualmente se cultiva más de 110.000 toneladas de palma africana y solo en Nariño en 2016, donde 510 palmicultores registraron 18.346 hectáreas sembradas y 15.621 hectáreas en producción (Arenas, Arteaga, López, Sanchez, y Benabithe, 2012), hace que la cantidad de residuos sea un problema ecológico de eliminación de los desechos (genera los sobrecostos, la incineración produce contaminación ambiental del aire, la propagación de plaga) y a su vez una oportunidad de investigación en busca de darle valor agregado a estos compuestos.

El proyecto de investigación actual está enfocado en dar valor agregado a los residuos agroindustriales de la palma africana, aplicando la técnica de la termólisis o conversión térmica lenta en atmósfera de nitrógeno.

El objetivo del estudio se concentra en caracterización de bio-oil para obtención de biocombustible, en forma paralela se determina de la capacidad antioxidante del bio-oil antes y después de su separación del mismo en dos fases (polar-apolar), además de explorar su aplicación en la obtención de bio-resinas de policondensación tipo fenol-formaldehído.

Materiales y Métodos

Las muestras de residuos agroindustriales de torta, raquis y cuesco de palma africana (*Elaeis guinnensis*) proveniente de planta de extracción de aceite en Tumano, Nariño, Colombia fueron sometidas a un proceso de secado durante 4 h a 105 °C para asegurar valores de humedad inferiores al 15 % según la norma ASTM D-95, posterior las muestras se molieron utilizando el molino de martillos del laboratorio de análisis industriales (LAI) de la Universidad del Valle, hasta obtener un tamaño de partícula inferior a 500 µm. La conversión térmica de biopolímeros de celulosa, hemicelulosa, lignina se realizó en un reactor tipo batch diseñado en el laboratorio de química de las fracciones pesadas (QFP) de la UnivValle. Para ello al princio se utiliza el análisis térmico TGA-DTGA para la determinación de las condiciones de temperatura a utilizar en el proceso (Afanasjeva *et al.*, 2017). La mezcla de pirolisis se preparó con 60 % de raquis, 30 % de torta y 10 % de cuesco de la palma africana (60 %R+30 %T+10 %C). El reactor se acopló a una trampa de gases condensables donde se recogió el producto líquido (bio-oil) y a una trampa de gases sellada donde se almacenan los gases no condensables después de enfriamiento.

Las técnicas cromatográficas de GC-MS fueron usadas para la cualificación y cuantificación de los compuestos obtenidos en las fracciones líquida y gaseosa; y la técnica de alta resolución HPLC-DAD se aplicó para la obtención de un perfil de composición química de compuestos extraídos de bio-oil según su espectro UV-Vis previamente tomado. El bio-oil obtenido fue sometido a un proceso de extracción líquido-líquido con 1,5 mL de hexano, donde se obtuvo una fase apolar disuelta en hexano que fue analizada mediante GC-MS y una fase líquida polar que después de un proceso de ultrafiltración fue analizada por HPLC-DAD.

Condiciones de método GC-MS. Equipo: Shimadzu GCMS-QP2010/QP2010s, Columna: Agilent DB-5ms, temperatura del horno: 50,0 °C, temperatura del puerto de inyección 300,0 °C, radio de Split: 50:1, presión: 208,3 kPa, flujo total 105,0 mL/min, flujo de la columna 2,00 mL/min, velocidad lineal: 36,3 cm/s, gas de arrastre: helio, rampa de temperatura: 50,0 °C por 2:00 min, 10,00 °C/min hasta 310,0 °C por 15:00 min. Condiciones MS - Modo de ionización: impacto electrónico, potencia del detector: 1,63 kV + 0,30 kV, rango de captura de iones: 35,00 a 700,00.

Condiciones del método HPLC. Equipo: Prominence HPLC System. Columna: Kinetex 2,6µm XB-C18 100A. Flujo total de la bomba: 1,2 mL/min. Gradiente de concentración: desde 0 % ACN: 100 % Agua acidulada hasta 50 % ACN: 50 % agua acidulada en 9 min, donde permanece 2 min en esa concentración y luego disminuye a 0 % en 1 min. Presión máxima: 3500 psi.



Resultados y discusiones

Los resultados de rendimiento de las fracciones obtenidas de bio-oil, bio-gas y bio-char (bio-coque) en las pirolisis de residuos de palma africana a una presión inicial de 20 psi en el reactor se presentan en la figura 1. El proceso de pirólisis lenta de la mezcla de los residuos de palma africana a 350 °C produce el mayor rendimiento de bio-oil con un 25,47 % que es el valor esperado para este tipo de termólisis. El mayor rendimiento de bio-coque de 42,94 % se obtiene a 250 °C y a 370 °C fue el mayor rendimiento de bio-gas de 47,39 %.

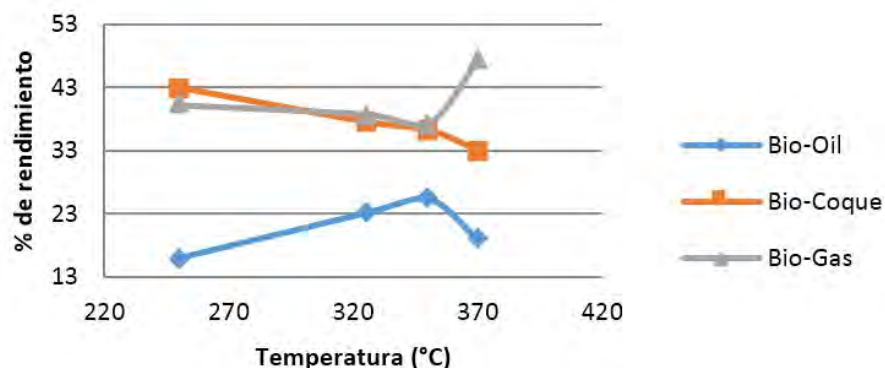


Figura 1. Rendimiento (% más) de las fracciones obtenidas en el proceso de pirolisis vs temperatura (°C) para la mezcla 60% raquis, 30 % torta, 10 % cuesco.

Fuente: Los autores

Los resultados de relación de la variable de la presión dentro del reactor con la temperatura en las pirolisis de la mezcla de los residuos de palma africana (60 %R+30 %T+10 %C) se presentan en la figura 2. Aumento de la presión dentro del reactor disminuye la cantidad de bio-oil obtenido.

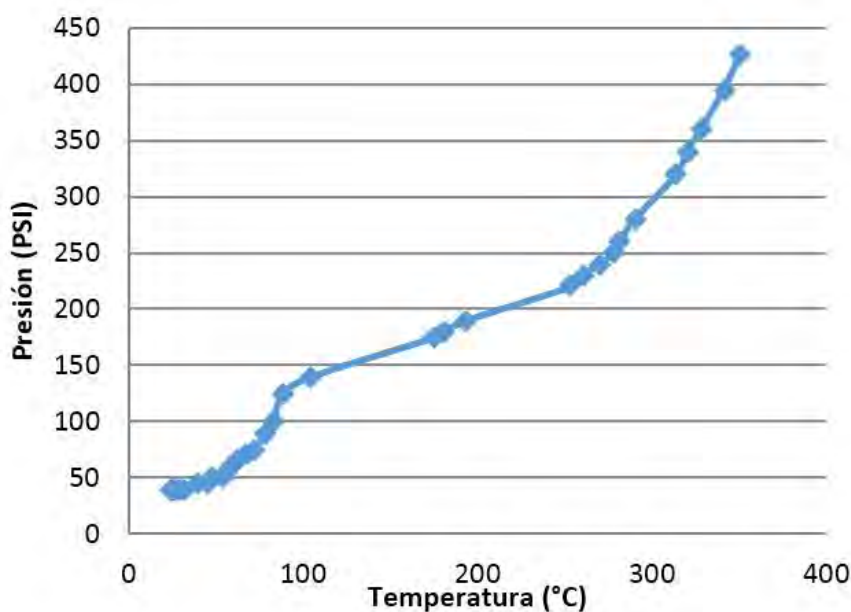


Figura 2. Relación presión (psi) vs temperatura (°C), para el proceso de pirólisis lenta de la mezcla 60 % raquis, 30 % torta y 10 % cuesco.

Fuente: Los autores

En la tabla 1 se presentan los compuestos mayoritarios presentes en bio-oi obtenido en el experimento de pirólisis realizado a $P_{in}=20\text{psi}$ y $T_f=350\text{ }^{\circ}\text{C}$ para una composición (60 %R+30 %T+10 %C), y los porcentajes del área son calculados en base al área cromatográfica del pico (área relativa). La mayoría de compuestos de bio-oil son del grupo fenol y fenoles sustituidos tipo o-cresol y 2-metil-fenol.

Tabla 1. Principales compuestos (>1%) identificados en el bio-oil mediante GC-MS.

# pico	% Área	Tiempo de retención	λ_{max} , espectro UV-Vis (nm)
1	4,179	0,766	281
2	3,807	1,013	286
5	1,001	1,887	279
9	5,583	3,557	268
11	8,924	3,813	274
12	5,341	3,971	275
13	1,244	4,128	271
14	2,708	4,382	256
15	7,243	4,645	<200
16	3,409	4,91	272
17	5,183	5,014	265
19	1,618	5,35	290
20	2,016	5,531	270
21	3,571	5,806	280
22	1,754	5,961	<200
23	4,713	6,112	272
25	1,47	6,425	274
26	3,011	6,683	267
29	3,336	7,37	277
30	2,121	7,502	272
34	1,063	9,424	<200
Total	73,295		

Fuente: Los autores

Al igual que la fase apolar, la fase polar del bio-oil obtenido bajo las mejores condiciones, fue analizada utilizando UV-Vis (Tabla 2) y HPLC-DAD logrando obtener una composición porcentual relativa de los compuestos obtenidos. La mayoría de compuestos de bio-oil son del grupo fenol y fenoles sustituidos.



Tabla 2. Principales señales en el espectro UV-Vis de compuestos presentes en la fase polar del bio-oil.

# pico en MS	% área	Nombre del compuesto químico
29	12,16	Fenol
42	4,98	o-Cresol
47	3,26	2-metil-fenol
49	2,03	2-metoxi-fenol
54	1,01	2,3-xilenol
59	1,57	2-etil-fenol
63	3,01	p-etil-fenol
61	3,32	2,3-xilenol
65	1,46	4-metil-bencenmetanol
78	1,55	2-etil-5-metil-fenol
81	1,38	2-etil-4-metil-fenol
84	1,57	1,4-dimetoxi-2-metil-benceno
98	1,53	2,6-dimetoxi-fenol
100	1,15	2-(3-metil-1-hidroxibutil)-1-metoxibenceno
117	1,12	(2,5-dimetoxifenil)metanol
Total	41,1	

Fuente: Los autores

Conclusiones

El proceso de pirólisis lenta de la mezcla de los residuos de palma africana a 350 °C produce el mayor rendimiento de bio-oil con un 25,47 %. El mayor rendimiento de bio-coque de 42,94 % se obtiene a 250 °C y a 370 °C el mayor rendimiento de bio-gas de 47,39 %.

La mayoría de compuestos de bio-oil y de la fase polar son del grupo fenol y fenoles sustituidos tipo o-cresol y 2-metil-fenol.

Agradecimientos

Los autores agradecen a VRI de la Universidad del Valle por la financiación del proyecto de investigación "Obtención de derivados fenólicos con propiedades antioxidantes vía conversión térmica de los residuos de *Saccharum officinarum*" con código 71076.

Referencias

- Afanasjeva N., Pantoja J.M., Recaman E. (2017). Propiedades térmicas de bagazo de caña (*Saccharum officinarum*). *III Simposio de materiales Poliméricos*. Servicio Nacional de Aprendizaje SENA. Cali, Colombia. (p.117-121)
- Samiran, N. A., Jaafar, M. N. M., Ng, J. H., Lam, S. S., y Chong, C. T. (2016). Progress in Biomass Gasi Fi Cation Technique – With Focus on Malaysian Palm Biomass for Syngas Production. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 62, 1047–62. doi: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.04.049>

- Arenas, E., Arteaga, J., López, D., Sanchez, C., y Benabithé, Z. Z. (2012). Obtención de biocombustibles producto de la pirolisis rápida de residuos de palma africana (*elaeis guineensis* jacq.) *Biotecnología en el sector agropecuario y agroindustrial: BSAA*, 10(2): 144–51.
- Bazimi, A. A., Zahedi, G. y Hashim, H. (2011). Progress and challenges in utilization of palm oil biomass as fuel for decentralized electricity generation. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(1), 574–583, 2011. doi: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2010.09.031>
- Chang, S. H. 2014. An Overview of Empty Fruit Bunch from Palm Oil as Feedstock for Bio-Oil Production. *Biomass and Bioenergy* 2(62): 174–181. doi: <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2014.01.002>
- Chen, W. H., y Lin, B. J. (2016). Characteristics of Products from the Pyrolysis of Oil Palm Fi Ber and Its Pellets in Nitrogen and Carbon Dioxide Atmospheres. *Energy* 94, 569–78. doi: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2015.11.027>
- Fedapal. Ficha importancia palma 17. (2017). Recuperado de: <http://fedapal.org/web2017/index.php/estadisticas/ficha-importancia-palma-17> (acceso: 21 de Marzo de 2018).
- Hamelinck, C. N., y Faaij, A. P. (2002). Future Prospects for Production of Methanol and Hydrogen from Biomass. *Journal of Power Sources*, 111(1), 1–22. doi: [https://doi.org/10.1016/S0378-7753\(02\)00220-3](https://doi.org/10.1016/S0378-7753(02)00220-3)
- Khatun, R., Reza, M. I. H., Moniruzzaman, M. y Yaakob, Z. (2017). Sustainable oil palm industry: The possibilities. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 76, 608–619, 2017. doi: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.03.077>
- Pretell H., V. H. (2013). *Pirólisis rápida de biomasa de palma africana y caña de azúcar para la obtención de biopetróleo*. (Tesis de Maestría). Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú.
- Sumathi, S., Chai, S. P. y Mohamed, A. R. (2008). Utilization of oil palm as a source of renewable energy in Malaysia. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 12(9), 2404–242, 2008. doi: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2007.06.006>
- Van de de Velden, M., Baeyens, J., Brems, A., Janssens, B., y Dewil, R. (2010). Fundamentals, Kinetics and Endothermicity of the Biomass Pyrolysis Reaction. *Renewable Energy* 35(1), 232–42. doi: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2009.04.019>



Redes Orgánicas: La evolución de los polímeros

Organic Networks: The evolution of polymers

Modalidad: Póster

Andrés Rodríguez Camargo¹

Elio Rico²

Cesar A. Sierra A.³

Oscar Rodríguez B.⁴

¹ Universidad Nacional de Colombia, Macromoléculas, Bogotá, Colombia anrodriguezca@unal.edu.co.

² Universidad Nacional de Colombia, Macromoléculas, Bogotá, Colombia anrodriguezca@unal.edu.co

³ Universidad Nacional de Colombia, Macromoléculas, Bogotá, Colombia anrodriguezca@unal.edu.co.

⁴ Universidad Nacional de Colombia, Electroquímica y termodinámica computacional, Bogotá.

Resumen

Las características estructurales de los polímeros son un tema fundamental en el estudio de estos materiales ya que sus propiedades dependen significativamente de la organización atómica en el espacio. En las últimas décadas se han realizados avances estructurales de los materiales poliméricos de tal manera que ya no se habla de moléculas si no de redes. Las redes orgánicas son estructuras porosas de alta área superficial y arreglo cristalino. Entre las redes orgánicas más destacadas están las redes metal orgánicas (MOF) y las redes orgánicas covalentes (COF). Los COF's presentan unas características interesantes que hacen de estos, un campo de investigación promisorio para el desarrollo de nuevos materiales.

Palabras claves: *Redes orgánicas, redes órgano metálicas, redes orgánicas covalentes, cristalinidad, porosidad.*

Introducción

Los polímeros poseen una riqueza estructural que los hace bastante versátiles y posibilita su aplicación en diversos campos. Estructuras lineales, ramificadas, entrecruzadas, entre otras; pueden definir las propiedades de los polímeros, así como su composición y tamaño de cadena. Sin embargo a comienzos de éste siglo, una nueva configuración estructural de los polímeros se ha venido desarrollando. Las redes, principalmente las redes orgánicas, son una familia de polímeros con propiedades bastantes interesantes que llaman la atención de los investigadores modernos. Generalmente son redes que se extienden en millones de átomos por lo que a nivel atómico se consideran infinitas. Su extensión pueden ser bi o tridimensionales, formando una red cuyos poros determinan una de las propiedades más influyente de estos materiales, sus altas áreas superficiales.

Son las redes metal orgánicas (Figura 1) (MOF's por sus siglas en inglés) las que más investigaciones han impulsado hasta el momento, sus estructuras cristalinas mixtas entre compuestos orgánicos y sub estructuras inorgánicas generan un gran interés en diversas áreas del conocimiento. Sin embargo las redes orgánicas covalentes (COF's por sus siglas en inglés) muestran una promisoría proyección hacia el futuro ya que conservan las propiedades de materiales altamente porosos, generalmente con mayor estabilidad que las redes metal orgánicas. Los COF's son materiales netamente orgánicos con altas áreas superficiales y en la mayoría de los casos con moderada cristalinidad que por la riqueza estructural y versatilidad de la química orgánica, permitiendo que sean aplicados en campos como la catálisis (Segura, Mancheño, y Zamora, 2016) almacenamiento de gases (Furukawa, y Yaghi, 2009), biosensores (Wang *et al.*, 2014), detectores de explosivos (Dalapati *et al.*, 2013), super capacitores (Mulzer *et al.*, 2016) entre otros.

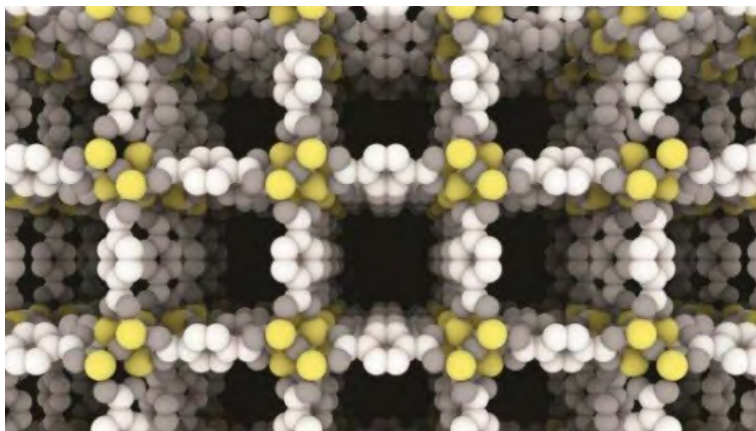


Figura 1. Esquema de una red metal orgánica extendida tridimensionalmente.

Fuente: Peplow (2018).

Como se mencionó anteriormente las redes orgánicas covalentes poseen altas áreas superficiales y propiedades fisicoquímicas que pueden ser aprovechadas en múltiples áreas del conocimiento. La idea principal de este documento es mostrar conceptos básicos de dichos materiales, sus métodos de caracterización y algunos ejemplos de aplicaciones reportadas en la literatura.

Materiales y Métodos

La síntesis de COF's es un tema de vital importancia para proyectar estos materiales a nivel industrial; por lo que se trabaja en el desarrollo diferentes estrategias de síntesis como: solvotermal, asistida por microondas, sonoquímica, mecanoquímica, entre otras.

Una vez sintetizadas las redes orgánicas covalentes, es necesario caracterizarlas. Para ello se emplean técnicas como Difracción de rayos X (DRX), Espectroscopia infrarroja (IR), sortometría, resonancia magnética nuclear en estado sólido (RMN), análisis elemental (AE), espectroscopia de fotoelectrones emitidos por rayos X (XPS), entre otras.

Finalmente se estudian las propiedades fisicoquímicas de los materiales con las cuales se pretenden desarrollar las aplicaciones. Entre estas propiedades se encuentran las ópticas tales como: fluorescencia, absorción de luz en la región UV-Vis y en la región infrarroja y las propiedades eléctricas como su conductividad, capacitancia e impedancia.

Resultados y discusiones

Las redes orgánicas presentan una cristalinidad notable, por lo que la difracción de rayos X es una de las técnicas más utilizadas en la caracterización de este tipo de materiales. Los COFs al tener una alta velocidad de síntesis comprometen el ordenamiento de su estructura y por ende la cristalinidad; es por ello que en general la cristalinidad de los COF's es menor que la de los MOF's (Doonan, Tranchemontagne, Glover, Hunt, y Yaghi, 2010).

La isoterma de adsorción generalmente se ajustan al modelo BET y presentan áreas superficiales que oscilan entre los $700 \text{ m}^2\text{g}^{-1}$ hasta $7000 \text{ m}^2\text{g}^{-1}$, incluso, algunos MOFs reportan áreas superficiales mayores a $10000 \text{ m}^2\text{g}^{-1}$ (Kuhn, Antonietti, y Thomas, 2008).

Específicamente en las aplicaciones, se pueden obtener isoterma de adsorción como las de la Figura 2, cuando se emplean los COF's para el almacenamiento de gases. Teniendo estos materiales mayor capacidad de almacenamiento que materiales comúnmente utilizados como el carbón activado.

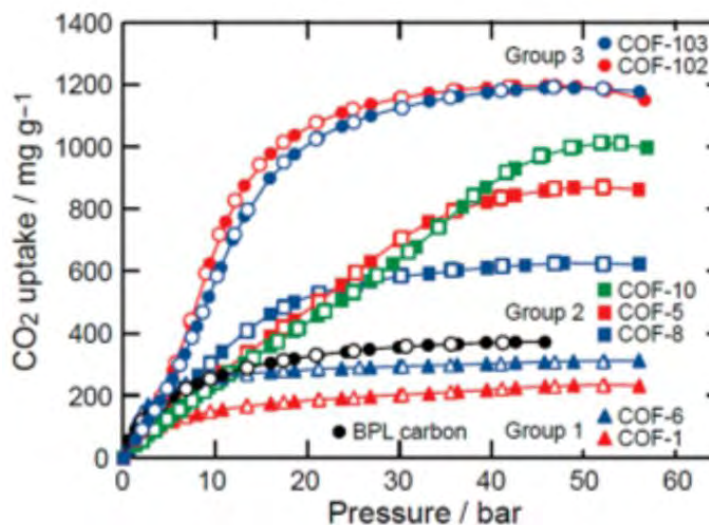


Figura 2. Isotermas de adsorción de diferentes COF's para dióxido de carbono.
Fuente: (Furukawa, y Yaghi, 2009).

En cuanto a las propiedades ópticas, se puede aprovechar la fluorescencia del material para el desarrollo de quimiosensores. La Figura 3 muestra el cambio de fluorescencia de un COF derivado del pireno al exponerse a diferentes explosivos, mostrando selectividad por el trinitrofenol (TNP).

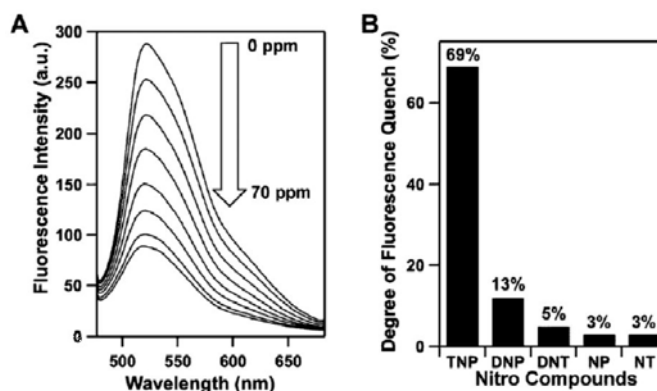


Figura 3. Disminución de la fluorescencia de un COF derivado del pireno al exponerse a diferentes explosivos.
Fuente: (Dalapati *et al.*, 2013)

Como se mostró, los COF's son materiales muy promisorios que extienden las áreas de aplicación a la química, física, biología, medicina, entre otras.

Conclusiones

Las redes orgánicas son una nueva clase de polímeros que destacan por su gran peso molecular, alta porosidad y cristalinidad. Estas cristalinidad y porosidad les confiere propiedades bastante interesantes tales como alta áreas superficiales y baja densidad. Especialmente, las redes orgánicas covalentes o COF's por sus siglas en inglés, son materiales con las características mencionadas anteriormente y adicionalmente poseen cualidades conferidas por su naturaleza netamente orgánica. Entre estas cualidades se encuentra la estabilidad, ya que todos sus enlaces son covalentes y su riqueza estructural es análoga a la ofrecida por la química orgánica.

Todas estas características proyectan a los COF's como materiales de alto impacto en el futuro, por lo que se hace necesario su desarrollo e investigación.

Agradecimientos

A.R.C agradece a Colciencias por financiar en modalidad jóvenes investigadores y a la Universidad Nacional de Colombia. Agradecemos al profesor Cesar Sierra, a Diana Peña por el apoyo técnico.

Referencias

- Dalapati, S., Jin, S., Gao, J., Xu, Y., Nagai, A., y Jiang, D. (2013). An azine-linked covalent organic framework. *Journal of the American Chemical Society*, 135(46), 17310-17313. doi: <https://doi.org/10.1021/ja4103293>
- Doonan, C. J., Tranchemontagne, D. J., Glover, T. G., Hunt, J. R., y Yaghi, O. M. (2010). Exceptional ammonia uptake by a covalent organic framework. *Nature chemistry*, 2(3), 235. doi: <https://doi.org/10.1038/nchem.548>
- Furukawa, H., y Yaghi, O. M. (2009). Storage of hydrogen, methane, and carbon dioxide in highly porous covalent organic frameworks for clean energy applications. *Journal of the American Chemical Society*, 131(25), 8875-8883. doi: <https://doi.org/10.1021/ja9015765>
- Kuhn, P., Antonietti, M., y Thomas, A. (2008). Porous, Covalent Triazine-Based Frameworks Prepared by Ionothermal Synthesis. *Angew. Chemie Int.*, 47 (18), 3450-3453. doi: <https://doi.org/10.1002/anie.200705710>
- Mulzer, C. R., Shen, L., Bisbey, R. P., McKone, J. R., Zhang, N., Abruña, H. D., y Dichtel, W. R. (2016). Superior charge storage and power density of a conducting polymer-modified covalent organic framework. *ACS central science*, 2(9), 667-673. doi: <https://doi.org/10.1021/acscentsci.6b00220>
- Peplow, M. (2018). Chemistryworld. Recuperado de: <https://www.chemistryworld.com/opinion/a-question-of-reproducibility/3008522.article>
- Segura, J. L., Mancheño, M. J., y Zamora, F. (2016). Covalent organic frameworks based on Schiff-base chemistry: synthesis, properties and potential applications. *Chemical Society Reviews*, 45(20), 5635-5671. doi: <https://doi.org/10.1039/C5CS00878F>
- Wang, P., Kang, M., Sun, S., Liu, Q., Zhang, Z., y Fang, S. (2014). Imine-Linked Covalent Organic Framework on Surface for Biosensor. *Chinese J. Chem.*, 32 (9), 838-843. doi: <https://doi.org/10.1002/cjoc.201400260>



IV Simposio DE MATERIALES POLIMÉRICOS

Cali- Colombia, 13 y 14 de Septiembre de 2017



IV Simposio
DE MATERIALES
POLIMÉRICOS



Reg. No. 10740, 2017-2021.

Vigilado MinEduación.