

Los retos de Colombia en materiales macromoleculares

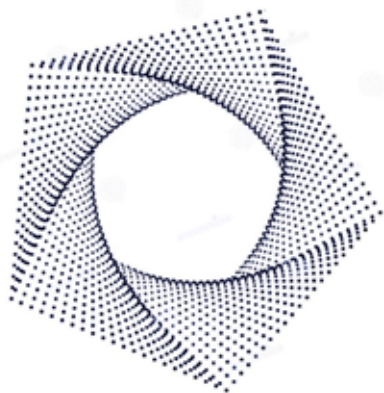
CONFERENCIA COLOMBIANA DE POLÍMEROS

Organizan:



Apoyado por





CONFERENCIA COLOMBIANA DE POLIMEROS

«Los retos de Colombia en materiales macromoleculares»

20 y 21 de Junio del 2017

Organizan:



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA



Apoyado por:



Catalogación en la fuente: Biblioteca Universidad EAN

Beltrán Osuna, Ángela Aurora

Los retos de Colombia en materiales macromoleculares / Ángela Aurora Beltrán Osuna...[y otros sesenta y siete).

Descripción: 1a edición / Bogotá: Universidad Ean, 2021

140 páginas

ISBNe 9789587566666

1. Polímeros – Congresos, conferencias, etc.
2. Polímeros conductores
3. Polímeros – Aspectos ambientales
4. Macromoléculas
5. Nanotecnología -- Innovaciones tecnológicas
6. Investigación y desarrollo.

541.2254 CDD23

Catalogación en la fuente: Biblioteca Universidad Ean

Edición

Gerencia de Investigación y Transferencia

Gerente de Investigación y Transferencia

Leonardo Rodríguez Urrego

Editores

Jairo Ernesto Perilla Perilla

Departamento de Ingeniería Química y Ambiental
Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá

Jeffrey León Pulido

Departamento de Procesos, Facultad de Ingeniería
Universidad EAN – Bogotá

Jhosue Hernández Chinchilla

Asociación Colombiana de Ingeniería Química
y Profesionales Afines Capítulo Bogotá, ACIQ Bogotá

Primera Edición, 2021

© Universidad Nacional de Colombia

© Universidad EAN

© Asociación Colombiana de Ingeniería Química, Capítulo Bogotá

Todos los derechos reservados

Producido en Colombia

Prohibida la reproducción total o parcial por cualquier medio sin la autorización escrita del titular de los derechos patrimoniales.

CONTENIDO

Presentación	9
Comité Organizador	10
NOTA IMPORTANTE	13
Programa	14
Plenarias	21
Conferencias magistrales	21
Presentaciones orales	22
Recubrimiento de nanopartículas de sílice mesoporosa MCM-41 mediante polimerización por transferencia de átomos ATRP.....	24
La tecnología en procesamiento de plásticos, un modo de inclusión social.....	33
Estimación de las propiedades reológicas de mezclas de almidón de yuca y poli (ácido láctico) utilizando dinámica molecular	40
Foros	42
1. Investigación y desarrollo en materiales poliméricos.....	43
2. Polímeros y medio ambiente.....	43
Posters	44
Extrusión de película de doble burbuja: aspectos tecnológicos y aplicaciones	45
Modificadores reológicos: importancia y aplicaciones	49

Influencia de la naturaleza y proporción de los plastificantes en el proceso de gelatinización de almidón de papa	51
Orientación de los polímeros durante su procesamiento	54
Obtención de espuma de poliuretano, a partir de aceite de higuerilla como sustituto parcial de polioles derivados del petróleo	56
Estudio de catalizadores metallocenos para producir polietileno lineal de baja densidad	58
Manufactura aditiva en la fabricación de implantes poliméricos .	60
Extrusión de filme: comparación entre moldeo de filme plano y moldeo por soplado	62
Polímeros biodegradables para empaques de alimentos	64
Perspectivas de la producción de Polihidroxialcanoatos (PHA) ...	66
Polímeros conductores: aplicación en la técnica de termo aspersión por arco eléctrico	68
Polihidroxialcanoatos (PHA): extracción, purificación y mezcla con plastificantes para elaboración de empaques biodegradables	71

Estudio de polielectrolitos de acrilamida y ácido alilmalónico como ayudantes de coagulación y floculación en la purificación del agua	74
Materiales elastoméricos: polímeros, formulación y procesamiento.....	76
Plastificación del poliestireno (PS) por medio de Oleína de Palma	78
Polímeros para regeneración de tejidos	80
Catalizadores Ziegler-Natta de cuarta generación en la polimerización de propileno: precursores de sitios activos	83
Extrusión de polímeros: tecnología y aplicación	86
Metodología para la elaboración de polímeros de precisión empleando la lógica conceptual de diseño de la Biología Sintética	89
Retrogradación del almidón.....	91
Efecto del ácido cítrico en las propiedades mecánicas de películas basadas en almidón de achira	94
Tecnología aplicada en moldeo rotacional	97

Evaluación de las propiedades mecánicas de nanocompuestos poliméricos de ácido poli-L-láctico para su uso en regeneración de tejidos óseos	99
PVC: propiedades, aplicaciones y aspectos ambientales	102
Polímeros conjugados usados como quimiosensores ópticos en la detección de explosivos	104
Producción de películas de Almidón Termoplástico (TPS) de yuca mediante Tape Casting	106
Reducción de crecimiento de hielo en superficies poliméricas ..	108
Análisis para la consecución de biopolímero a partir de almidón de papa	112
Estudio de la cinética de cristalización de diferentes polipropilenos por calorimetría diferencial de barrido (DSC)	114
Polímeros conductores por manufactura aditiva	116
Anexos.....	119
Anexo 1: Extrusión Farmacéutica	120
Oportunidades de la extrusión farmacéutica:	
Teoría y aplicaciones de polímeros	120



PRESENTACIÓN

Durante los días 20 y 21 de junio de 2017 se llevó a cabo en la ciudad de Bogotá D.C., la [Conferencia Colombiana de Polímeros \(CCP 2017\)](#), un encuentro que permitió reunir académicos e industriales del sector de los polímeros, ofreciendo una oportunidad sin igual para el intercambio de información y experiencias investigativas a nivel mundial entre especialistas, con el fin de contribuir a la formación y capacitación de las personas interesadas.

Para la organización del [CCP 2017](#) se unieron el Departamento de Ingeniería Química y Ambiental de la Universidad Nacional de Bogotá, la Facultad de Ingeniería de la Universidad EAN y la Asociación Colombiana de Ingeniería Química, ofreciendo un programa enfocado en el eje temático: «Los retos de Colombia en materiales macromoleculares». Se trata de un lugar de encuentro entre profesionales de la industria y la academia, interesados en temas relacionados con materiales macromoleculares como: plásticos, adhesivos, pinturas y recubrimientos, cauchos, dispositivos médicos y farmacéuticos, entre otros. Así mismo, es un evento de interés para estudiantes de diferentes áreas que estén interesados en conocer más sobre la temática de la conferencia.

La programación incluye conferencias, plenarias, conferencias magistrales, muestra de pósters y foros de discusión, los cuales brindan al participante una amplia visión sobre las perspectivas de estos materiales en Colombia.

COMITÉ ORGANIZADOR

DIRECCIÓN GENERAL

Jairo Ernesto Perilla Perilla

Departamento de Ingeniería Química y
Ambiental
Universidad Nacional de Colombia, Sede
Bogotá

Jeffrey León Pulido

Departamento de Procesos, Facultad de
Ingeniería
Universidad EAN – Bogotá

COORDINACIÓN

Jhosúe Hernández Chinchilla

Asociación Colombiana de Ingeniería
Química y Profesiones Afines. Capítulo
Bogotá, ACIQ Bogotá

APOYO

Sebastián Castaño Duque

Departamento de Ingeniería Química
y Ambiental
Universidad Nacional de Colombia,
Sede Bogotá

David Alejandro Medina Rojas

Departamento de Ingeniería Química
y Ambiental
Universidad Nacional de Colombia,
Sede Bogotá

Santiago Fernando Castillo Escobar

Departamento de Ingeniería Química
y Ambiental
Universidad Nacional de Colombia,
Sede Bogotá

Diana Carolina González López

Programa de Ingeniería Química
Universidad EAN, Bogotá

Juliana Valencia Florez

Programa de Ingeniería Química
Universidad EAN, Bogotá

Elma Bibiam Naranjo Estepa

Departamento de Ingeniería Química
y Ambiental
Universidad Nacional de Colombia,
Sede Bogotá

Laura Lucía Aguilera Santamaría

Departamento de Ingeniería Química
y Ambiental
Universidad Nacional de Colombia,
Sede Bogotá

Liliana Ávila Martín

Departamento de Ingeniería Química
y Ambiental
Universidad Nacional de Colombia,
Sede Bogotá

Ana María McFarland

Programa de Ingeniería Ambiental
Universidad EAN, Bogotá

Paula Bocanegra

Programa de Ingeniería Ambiental
Universidad EAN, Bogotá

COMITÉ ACADÉMICO

César Augusto Sierra Ávila
Universidad Nacional de Colombia,
Sede Bogotá

Betty Lucy López
Universidad de Antioquia

Manuel Fernando Valero Valdivieso
Universidad de la Sabana

Felipe Salcedo Galán
Universidad de los Andes

Jairo Ernesto Perilla Perilla
Universidad Nacional de Colombia, sede
Bogotá

Jeffrey León Púlido
Universidad EAN

Mayka Irina Bautista Betancur
Universidad Antonio Nariño, sede
Cartagena

Héctor Fabio Zuluaga Corrales
Universidad del Valle

Carlos A. Barrios
3M Corporate Research Materials
Laboratory

Tim A. Osswald
University of Wisconsin

Madison Melvin Durán
Universidad Tecnológica de Pereira

Ángel González
Universidad de Cartagena

Jairo Gómez
Fundación Universitaria CAFAM

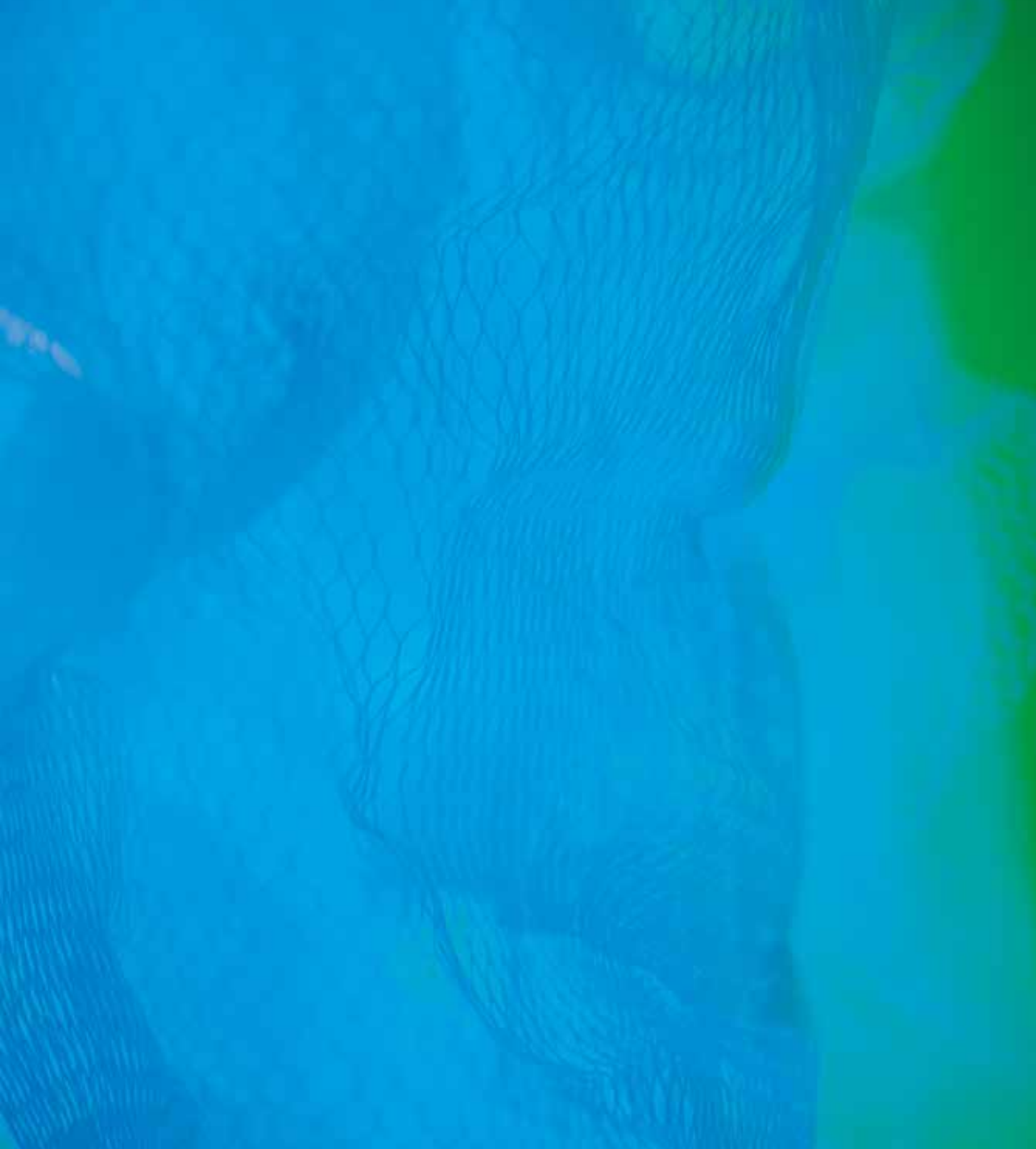
Lamia Zuñiga Linan
Universidade Federal do Maranhão



NOTA IMPORTANTE

Para la elaboración de los resúmenes de esta Conferencia se proporcionaron a los autores instrucciones específicas, con la intención de facilitar el manejo de la información y brindar un documento homogéneo. En algunos casos fue necesario ajustar el contenido al formato proporcionado, sin embargo, la información original no se modificó, de manera que el contenido de los resúmenes es responsabilidad exclusiva de los autores. La Universidad Nacional de Colombia, la Universidad EAN y la Asociación Colombiana de Ingeniería Química y Profesiones Afines, no asumen responsabilidades por los materiales aquí publicados.

PROGRAMA





**CONFERENCIA
COLOMBIANA
DE
POLIMEROS**

Junio 20 y 21 de 2017. Auditorio Fundadores
Universidad EAN- Bogotá D.C. Colombia
Eje temático : "Los retos de Colombia en materiales
macromoleculares"

Organización:

www.ccpolimeros.com.co

Asociación Colombiana de Ingeniería
Química Capítulo Bogotá

Departamento de Ingeniería y Ambiental
Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Ingeniería
Universidad EAN



/ConferenciaColombianade
Polimeros/



@CCPolimeros2017



comunicaciones@aciqbogota.com



ccpolimeros2017@gmail.com

20 de Junio			21 de Junio		
Hora	Actividad	Lugar	Hora	Actividad	Lugar
7:30	Registro	Lobby Aula Magistral			
8:30	Acto inaugural	Auditorio Fundadores			
9:00	Conferencia Plenaria: Extrusión Farmacéutica. PhD María del Pilar Noriega Escobar, directora general Instituto de Capacitación e Investigación en Plástico y Caucho, Colombia.	Auditorio Fundadores	9:00	Conferencia Plenaria: Biopolímeros. PhD Lamia Zúñiga Lilian, Brasil.	Auditorio Fundadores
10:15	Coffee break	Lobby Aula Magistral	10:15	Coffee break	Lobby Aula Magistral
10:30	Conferencia Magistral: Poliuretanos en la industria de la construcción. PhD Paula Catalina Mazo González, Química ID, Sika Colombia S.A.	Auditorio Fundadores	10:30	Conferencia Magistral: Empaques sustentables y sus oportunidades tecnológicas. Jorge Alberto Medina Perilla. Departamento de Ingeniería Mecánica, Universidad de los Andes.	Auditorio Fundadores

20 de Junio			21 de Junio		
Hora	Actividad	Lugar	Hora	Actividad	Lugar
11:15	Conferencia Magistral: Nuevas tecnologías y temas focales de la investigación e innovación en la industria del PVC. Cleinest Cabrera Hemer, Mexichem, Colombia.	Auditorio Fundadores	11:15	Conferencia Magistral: 5. Plásticos compostables en Colombia. Oswaldo Díaz Betancourt. Grethsell SAS.	Auditorio Fundadores
12:00	Almuerzo libre		12:00	Almuerzo libre	
13:30	Sesión de Póster I.	Aula múltiple 1 y 2	13:30	Sesión de Póster II/ Conferencias paralelas.	Aula múltiple 1 y 2
15:00	Conferencia Magistral: Nanoestructuración de resinas de poliéster insaturado con copolímeros de bloque. Daniel Builes, Gerente de Nuevas Tecnologías, Andercol S.A.	Auditorio Fundadores	15:00	Ángela Beltrán - Universidad Nacional de Colombia. Alternativas para la gestión de espumas de poliuretano rígido- Retos y oportunidades Marian Rodríguez – DOW Química.	Aula Magistral
15:45	Coffee break	Lobby Aula Magistral	16:30	Coffee break	Lobby Aula Magistral
16:00	FORO - Investigación y Desarrollo en Materiales Poliméricos. Panelistas: María del Pilar Noriega Escobar- ICIPC, Carlos Andrés Barrios- 3M, Daniel Builes- Andercol, Cleanest Cabrera- Mexichem. Moderador: Jairo Ernesto Perilla Perilla – UN.	Auditorio Fundadores	16:00	FORO - Polímeros y Medio Ambiente. Panelistas: Paula Ocampo - Acoplásticos. Marian Rodríguez -DOW, Lamia Zúñiga, Jorge Medina - Universidad de los Andes. Moderador: Óscar Javier Suárez – UN.	Auditorio Fundadores

CONFERENCISTAS



María del Pilar Noriega

Instituto de Capacitación e Investigación en Plástico y Caucho – ICIPC.
Medellín, Colombia.

- Doctorado University Of Wisconsin, Madison: Mechanical Engineering: Polymer Processing.
- Especialización Technische Universitaet Dresden: Polymerchemie. Einfluss der Mikromischung auf die radikalische polymerisation.
- Especialización Universitaet Stuttgart : Extrusionstechnik. Auslegung eines 45 mm- Laborextruders.
- Pregrado/Universitario Universidad Pontificia Bolivariana - Sede Medellín: Ingeniería Química.
- Diseño de una planta de ácido nítrico.

Lilian Lamia Zúñiga

Universidade Estadual de Campinas – SP, Brasil.

- Post - Doctorado Universidade Estadual de Campinas - SP, Brasil: Ingeniería Química.
- Doctorado Universidade Estadual de Campinas - SP, Brasil: Ingeniería Química.
- Maestría Universidad Industrial de Santander UIS: Ingeniería Química.
- Pregrado/Universitario Universidad Industrial de Santander UIS: Ingeniería Química.



Paula Catalina Mazo González

Sika Colombia S.A, Bogotá, Colombia.

- Doctorado, Universidad de Antioquia. Medellín, Colombia: Ciencias Químicas.
- Maestría, Universidad de Antioquia. Medellín, Colombia: Ciencias Químicas.
- Pregrado/Universitario, Universidad de Antioquia. Medellín, Colombia: Ingeniería Química.

Jairo Ernesto Perilla Perilla

Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.

- Doctorado, The University of Akron, Akron, OH, USA: Ingeniería de Polímeros.
- Maestría, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia: Ingeniería Química.
- Pregrado/Universitario, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia: Ingeniería Química.

Óscar Javier Suárez Medina

Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.

- Maestría, Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga, Colombia: Ingeniería Química.
- Especialización, Hokkaido National Industrial Research Intitute, Japon: Specially Ofered Training Course Coal Conversion.
- Pregrado/Universitario, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia: Ingeniería Química.

PONENCIAS



PLENARIAS

1. Extrusión Farmacéutica

PhD. María del Pilar Noriega Escobar

Dir. General Instituto de Capacitación e Investigación del Plástico y Caucho de Colombia

ResumenAnexo1

2. PMMA – Síntesis y evaluación del polímero para la fabricación de tejido óseo artificial.

PhD. Lamia Zúñiga Linan

Universidade Federal do Maranhão, Brasil

CONFERENCIAS MAGISTRALES

1. Poliuretanos en la industria de la construcción.

PhD. Paula Catalina Mazo González

Química I+D, Sika Colombia S.A.

2. Nuevas tecnologías y temas focales de la investigación e innovación en la industria del PVC.

Cleinst Hernando Cabrera Hemer

MexiChem Colombia.

3. Nanoestructuración de resinas de poliéster insaturado con copolímeros de bloque.

Daniel Humberto Builes Martínez

Gerente de Nuevas Tecnologías, Andercol S.A.

4. Empaques sustentables y sus oportunidades tecnológicas.

Jorge Alberto Medina Perilla

Departamento de Ingeniería Mecánica, Universidad de los Andes.

5. Plásticos compostables en Colombia.

Oswaldo Díaz Betancourt

Grethsell SAS.

PRESENTACIONES ORALES

1. Recubrimiento de nanopartículas de sílice mesoporosa MCM-41, mediante polimerización por transferencia de átomos ATRP.

Ángela Aurora Beltrán Osuna

Universidad Nacional de Colombia.

2. Alternativas para la gestión de espumas de poliuretano rígido Retos y oportunidades.

Marian Alejandra Rodríguez Ladino

DOW Química.

3. La tecnología en procesamiento de plásticos, un modo de inclusión social.

Iván Martínez Mora

Coordinación de plásticos, Universidad ECCI. Bogotá, Colombia.

4. Estimación de las propiedades reológicas de mezclas de almidón de yuca y poli (ácido láctico) utilizando dinámica molecular.

Mary Judith Arias, Jairo Useche

Programa de Ingeniería Mecánica, Facultad de Ingeniería, Universidad Tecnológica de Bolívar, Cartagena, Colombia.



PRESENTACIONES ORALES

RECUBRIMIENTO DE NANOPARTÍCULAS DE SÍLICE MESOPOROSA MCM-41 MEDIANTE POLIMERIZACIÓN POR TRANSFERENCIA DE ÁTOMOS ATRP

Ángela Aurora Beltrán Osuna¹, José Luis Gómez Ribelles², Jairo E. Perilla³

Resumen

En este trabajo se estudió la reacción de polimerización por transferencia de átomos (ATRP) para la síntesis de un polímero zwitteriónico, utilizando como monómero el metacrilato de sulfobetaina (SBMA) y como catalizador, un complejo metálico entre la bipyridina (BPY) y las sales CuBr y CuBr₂. En la primera etapa, se sintetizó el homopolímero libre pSBMA, variando diferentes condiciones de reacción como la temperatura, la mezcla del solvente (metanol/agua), el volumen de reacción, y las relaciones molares entre los reactivos. Se escogieron las mejores condiciones de reacción evaluando el peso molecular y la polidispersidad de las muestras, mediante cromatografía por exclusión de tamaño (SEC).

¹ Grupo de Procesos Químicos y Bioquímicos, Departamento de Ingeniería Química y Ambiental, Universidad Nacional de Colombia - KR 30 45 03, 111321, Bogotá, Colombia.

² Centro de Biomateriales e Ingeniería Tisular, Universitat Politècnica de València, Camino de Vera s/n, Edificio 8E, 46071 Valencia, España.

³ Grupo de Procesos Químicos y Bioquímicos, Departamento de Ingeniería Química y Ambiental, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia.



En la segunda etapa, se realizó el recubrimiento de nanopartículas mesoporosas de sílice (MSN) del tipo MCM-41 –con un tamaño aproximado de 95 nm y un tamaño de poro de 2.8 nm–, previamente funcionalizadas con la molécula del iniciador (BrTEOS) de la reacción de ATRP. Se controlaron dos variables del proceso: el tiempo de funcionalización de las MSN con el iniciador BrTEOS, y la concentración molar del monómero SBMA durante la polimerización. Se obtuvieron 9 productos que fueron caracterizados mediante análisis termogravimétrico (TGA) y microscopía.

Se obtuvieron recubrimientos con pesos moleculares (\bar{M}_w) entre 11000 y 32300, con densidades de empaque de cadena (σ pSBMA) entre 0.15 y 0.51 moléculas de pSBMA/nm² de MSN, y longitudes de cadena teóricas entre 4 y 20 nm. Las características obtenidas para los productos, los hacen aplicables en el área de biomedicina, especialmente como vehículos de entrega.

Palabras clave: MSN, ATRP, metacrilato de sulfobetaina, vehículo de entrega.

1. Objetivo del proyecto

Este trabajo busca sintetizar las nanopartículas mesoporosas de sílice (MSN) y recubrirlas con un polímero zwitteriónico (pSBMA), mediante la reacción de polimerización de ATRP, para obtener diferentes recubrimientos poliméricos –variando la densidad de empaque de las cadenas y el espesor de las capas poliméricas– para su posterior evaluación en aplicaciones biomédicas.

2. Introducción

Las MSN son muy utilizadas en la actualidad debido a su alta área superficial y su tamaño de poro, lo que las hace excelentes candidatas para el diseño de sistemas de liberación de fármacos (Beltran-Osuna & Perilla, 2016). Sin embargo, uno de los principales retos para su aplicación en biomedicina es lograr evitar la adhesión de las proteínas en su superficie, ya que pueden taponarla modificando la cinética de liberación del fármaco. Para evitarlo, las nanopartículas deben recubrirse con un material antiadherente, entre los cuales, uno de los mejores en la actualidad son los polímeros zwitteriónicos (Cao, Tang, & Cheng, 2014). En especial, se ha comprobado que el poli –metacrilato de sulfobetaina– o pSBMA es altamente resistente a la adhesión de proteínas (Cheng et al., 2009). Así, la densidad de empaque de las cadenas y el espesor de los recubrimientos obtenidos para cada uno de los 9 productos sintetizados en este trabajo serán evaluados en una etapa posterior de investigación, con el fin de analizar la influencia de dichas características morfológicas sobre la capacidad antiadherente del producto.

3. Materiales y métodos

Se sintetizaron las MSN agregando 1g de CTAB (bromuro de hexadeciltrimetilamonio) en 480 mL de agua, con 3.5 mL de NaOH (2 M) y 5 mL de TEOS (tetraetoxisilano). La reacción se agitó a 500 rpm durante dos horas a 80°C. El producto se purificó mediante varios ciclos de lavado y centrifugación, hasta alcanzar un valor pH neutro en el agua de lavado. Finalmente, se secó el producto durante 8 horas a 80°C, y se calcinó en horno a 450°C por 6 horas para remover el surfactante de los poros.

Se realizó además, la síntesis del iniciador BrTEOS (2-bromo-2-metil-N-3[trietoxisililpropil]propanamida), acorde con un reporte previo (Beltrán-Osuna et al., 2012). La funcionalización se realizó mezclando 200 mg de MSN y 200 mg de BrTEOS en 20 mL de etanol, ajustando el pH a 8.5 con hidróxido de amonio. El tiempo de funcionalización se varió entre 0.5 y 24 horas. Las reacciones ATRP (Tabla 1) se realizaron en un reactor enchaquetado, con baño termostataado, en atmósfera inerte. Para el recubrimiento de las nanopartículas se utilizó siempre una relación molar de 1:0.2:2 entre CuBr:CuBr₂:BPY. Todas las reacciones ATRP se llevaron a cabo a 40°C por 24 horas. El producto final se recuperó mediante ciclos de centrifugación y lavado, usando agua como solvente. Una muestra de cada producto se disolvió en ácido (HF, 10 %) para poder obtener el polímero del recubrimiento.

Se cuantificó la composición de los productos mediante análisis termogra-vimétrico (TGA), usando un equipo Mettler Toledo TGA/DSC Star^e. Se observó la morfología de los recubrimientos con microscopía electrónica de barrido y transmisión de campo (FESEM y FETEM) usando un microscopio de barrido, marca Zeiss Oxford Instruments Ultra 55 y uno de transmisión Philips CM10. El pSBMA sintetizado y el liberado de la superficie de las MSN, se analizaron mediante un sistema HPLC&GPC marca Waters, con estándares de PEO y PEG marca PSS (en NH₄NO₃, 1 M, 1 mL/min).

4. Resultados y análisis

4.1 Síntesis de pSBMA libre

Para la serie A, se observa que para un medio con mayor porcentaje de metanol no hay limitación en la solubilización del monómero, y las cadenas crecen aumentando su peso molecular (23 900); por el contrario, en un medio mayormente acuoso el peso del polímero se reduce en un 41 % (9 700). El PDI tiene una variación muy baja (8 %) entre los 3 ensayos, obteniéndose el menor valor (1.34) para una relación metanol: agua de 1:4. Por otra parte, la relación molar de CuBr₂/CuBr (Serie B) tiene una marcada influencia en el PDI, con una disminución de hasta el 20 % al aumentar la relación CuBr₂/CuBr de 0.1 a 0.3, obteniéndose un mínimo de 1.33. Para la Serie C, los valores se escogieron teniendo en cuenta el punto de ebullición del metanol, y se observa que la temperatura no tiene una influencia muy significativa en el peso molecular o sobre el PDI de los polímeros obtenidos (Tabla 1).

Se escogieron así las condiciones intermedias de cada serie, que se mantienen constantes en las series D, E y F. Respecto al volumen de reacción (serie D), se espera sea importante, sobre todo para el caso de las nanopartículas, ya que si no se provee una dilución suficiente, se dará entrecruzamiento interpartícula, llevando a la gelificación del producto. Así, en la serie E se observa que añadir una cantidad de iniciador menor a la estequiométrica (BrTEOS/CuBr = 0.2) permite la formación de cadenas más cortas (\overline{M}_w 10 300), y se obtiene un aumento de casi el 50 % del peso molecular al incrementar hasta 2 la relación molar del iniciador – respecto al CuBr–. Finalmente, la Serie F evalúa la influencia de la cantidad de monómero en el peso molecular, de manera que se obtiene una relación directamente proporcional, según lo esperado en la expresión de la velocidad de polimerización típica para ATRP.

Tabla 1. Condiciones de reacción y resultados obtenidos en la síntesis de pSBMA.

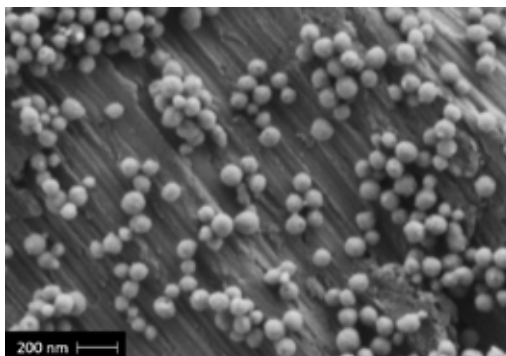
	Metanol: Agua (vol/vol)	Relación molar CuBr ₂ / CuBr	Temperatura (°C)	\overline{M}_w	PDI
Serie A	1:4	0.2	40	23 900	1.45
	1:1	0.2	40	13 300	1.36
	1:4	0.2	40	9 700	1.34
Serie B	1:1	0.1	40	18 200	1.65
	1:1	0.2	40	13 600	1.36
	1:1	0.3	40	13 300	1.33
Serie C	1:1	0.2	30	15 000	1.42
	1:1	0.2	40	13 100	1.30
	1:1	0.2	50	13 500	1.35
Serie D	5	1	25	12 700	1.52
	10	1	25	12 500	1.37
Serie E	10	0.2	25	10 300	1.43
	10	1	25	12 500	1.37
	10	2	25	14 700	1.55
Serie F	10	1	5	3 900	1.15
	10	1	25	10 800	1.36
	10	1	50	16 600	1.55

Fuente. Elaboración propia.

4.2 Recubrimiento de MSN

Teniendo en cuenta las condiciones de reacción ATRP previamente analizadas, se procede a realizar el recubrimiento de las nanopartículas. Se obtuvieron recubrimientos homogéneos y no se obtuvo un aumento significativo del diámetro de la partícula, respecto a las MSN nativas. Al modificar el tiempo de la reacción de funcionalización y la concentración del monómero SBMA, fue posible identificar diferentes morfologías de los cepillos zwitteriónicos, como se observó mediante microscopía de transmisión (Figura 1).

Figura 1. Morfología de las nanopartículas recubiertas pSBMA-MSN, vista a través de microscopía FESEM

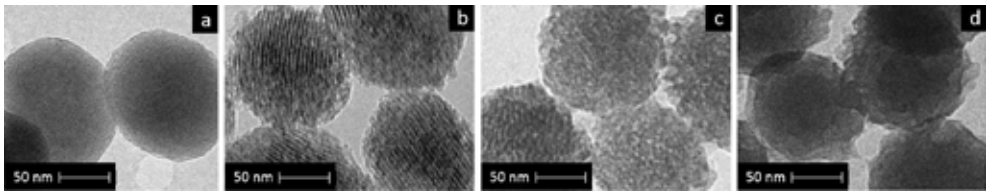


Fuente. Imagen perteneciente al autor

Los canales mesoporosos de las MSN nativas (2a) se van recubriendo poco a poco, y a medida que se utiliza un mayor tiempo de funcionalización con el iniciador BrTEOS (entre 0.5 y 24 horas), o a medida que se usa una mayor concentración de monómero (variando la relación molar SBMA/CuBr entre 5 y 150), se obtienen recubrimientos cada vez más gruesos y densos (2b-d). Fue posible, además, comprobar dichas diferencias a través del análisis con TGA y SEC que permitieron calcular el grado de funcionalización con BrTEOS y el peso molecular de las cadenas poliméricas de cada producto. Se obtuvieron recubrimientos con pesos moleculares (\overline{M}_w) entre 11000

y 32300, con densidades de empaque de cadena (σ pSBMA) entre 0.15 y 0.51 moléculas de pSBMA /nm² de MSN, y longitudes de cadena teóricas entre 4 y 20 nm. (Figura 2).

Figura 2. Morfología de las nanopartículas a través de microscopía de transmisión: a) MSN nativas; y recubiertas con una capa poco densa (b), con longitud de cadena y/o densidad de empaque intermedia (c) y un recubrimiento denso y grueso (d).



Fuente. Imagenes pertenecientes al autor

5. Conclusiones

Se sintetizaron exitosamente las nanopartículas meosporosas de sílice (MSN) de 95 nm de diámetro. Se sintetizó, además, el iniciador BrTEOS y se comprobó su alta pureza, para utilizarlo posteriormente en la funcionalización de la superficie de las MSN, variando el tiempo de reacción con el fin de obtener diferentes grados de funcionalización sobre las MSN.

Previo al recubrimiento de las nanopartículas, se estudió la reacción de ATRP, a través de la síntesis del homopolímero pSBMA libre en solución, y se obtuvieron las condiciones de reacción más apropiadas para la síntesis de un polímero monodisperso, controlando el peso molecular. Usando dichas condiciones, fue posible sintetizar diferentes productos, variando la morfología de los cepillos zwitteriónicos a través del espesor de capa y la densidad de empaque de las cadenas sobre las MSN.

Estos productos serán analizados posteriormente mediante un ensayo de adhesión de proteínas, con el fin de estudiar la influencia de la morfología de los recubrimientos zwitteriónicos sobre la capacidad antiadherente de las nanopartículas recubiertas, pSBMA-MSN, para su uso en biomedicina.

6. Referencias

- Beltrán-Osuna, Á. A., Cao, B., Cheng, G., Jana, S. C., Espe, M. P., & Lama, B. (2012). New antifouling silica hydrogel. *Langmuir*, 28(25), 9700–9706.
- Beltrán-Osuna, A. A., & Perilla, J. E. (2016). Colloidal and spherical mesoporous silica particles: synthesis and new technologies for delivery applications. *Journal of Sol-Gel Science and Technology*, 77(45), 480–496.
- Cao, B., Tang, Q., & Cheng, G. (2014). Recent advances of zwitterionic carboxybetaine materials and their derivatives. *Journal of Biomaterials Science, Polymer Edition*, 25(14–15), 1502–1513.
- Cheng, G., Li, G., Xue, H., Chen, S., Bryers, J. D., & Jiang, S. (2009). Zwitterionic carboxybetaine polymer surfaces and their resistance to long-term biofilm formation. *Biomaterials*, 30(28), 5234–5240.



LA TECNOLOGÍA EN PROCESAMIENTO DE PLÁSTICOS, UN MODO DE INCLUSIÓN SOCIAL

Iván Martínez Mora⁴

Resumen

Este trabajo corresponde al resultado parcial de la investigación denominada: «La Educación Tecnológica» un modo de construcción política de lo común, donde se aborda el tema de la inclusión social desde una mirada que permite entender la evolución de las reformas educativas que han surgido en el entorno del desarrollo político, económico y social del país; el nacimiento de la formación tecnológica como ciclo de la educación superior y alternativa de solución a las pocas oportunidades de ingreso económico, sobre todo para los estratos menos favorecidos de la población colombiana inmersos en la ciudad capital y en las principales ciudades del país.

Estas políticas y reformas educativas han sido establecidas para incrementar los programas de formación para el trabajo y a partir de la Ley 30 de Educación Superior, con la pretensión de legitimar el concepto de Educación Tecnológica, distanciando el término de «modalidades de la educación superior» y asumiendo el de «campos de acción», en función

⁴ Docente de la Universidad ECCI Programa de Ingeniería de plásticos. Instructor SENA en el área de Máquinas herramientas y plásticos. Magister en Docencia Universidad de la Salle. Bogotá, Colombia. e-mail: imartinezm@ecc.edu.co.

de la naturaleza del conocimiento ofrecido en los programas de formación y el destino ocupacional de los educandos. Finalmente, nos ubicamos en la realidad actual de las políticas educativas pertinentes a la educación tecnológica, que luego de 200 años sigue siendo prioritaria, y el papel de la tecnología de procesamiento de plásticos de la Universidad ECCI como un modo de inclusión social en el desarrollo del país.

Palabras clave: Formación tecnológica, Inclusión social, OIT, Reformas educativas, Decreto 80.

1. Objetivo del proyecto

Develar las implicaciones políticas, sociales, económicas y culturales que tiene la tecnología en procesamiento de plásticos, en el contexto de la educación superior y en la construcción de un proyecto común que coadyuve a los procesos de inclusión social y la transformación de la sociedad colombiana.

2. Introducción

En el Decreto 80 de 1980, la educación tecnológica fue concebida y reconocida como una de las tres modalidades que conformaban la educación superior: entre la técnica profesional y la universitaria, la Ley 30 de 1992 reemplaza el concepto de «modalidad» por el de «campo de acción». Art. 7. «Los campos de acción de la Educación Superior, son: El de la técnica,



de la ciencia, el de la tecnología, el de las humanidades, el del arte y el de la filosofía» (Gómez, 1995, págs. 7-8), de forma que continúa la separación curricular entre los campos de formación y, probablemente, las instituciones propiciadoras de ellos de modo legítimo.

La tecnología en procesamiento de plásticos pretende lograr que el estudiante trascienda la operatividad hacia el razonamiento y la crítica, para contribuir a la optimización de los procesos industriales con «actitud responsable y de compromiso social», también se espera que los proyectos educativos curriculares contribuyan a retroalimentar y acrecentar la ciencia y la técnica para perfeccionar la tecnología.

La Universidad ECCI, es la institución de educación superior que tiene capacidad instalada para ofrecer el programa de Tecnología en procesamiento de plásticos con asequibilidad a la población más vulnerable de la sociedad colombiana, dadas sus profundas implicaciones sociales, políticas, económicas y culturales, esta entidad puede hacer explícita y concreta la relación dinámica entre educación y sociedad.

Las Instituciones de Educación Superior (IES) y Escuelas Tecnológicas, consecuentes con su responsabilidad social y con las características del momento histórico actual, están transformando las gestiones administrativas y académicas para propiciar ambientes de aprendizaje flexibles, desarrollando procesos de enseñanza - aprendizaje hacia una formación en tecnología que confiera a las personas la capacidad para desempeñar acciones en el trabajo y que posibilite a los países el enfrentarse a un escenario internacional competitivo.

La gran importancia social de estos programas tecnológicos en la ECCI, reside en que ofrece oportunidades de formación que se constituye en una oportunidad para jóvenes y trabajadores adultos, oportunidad de

formación y capacitación para personas que laboran en la industria y el sector industrial del plástico. Sin esta oferta de formación tecnológica sería aún mayor la exclusión social y marginación laboral de la mayoría de jóvenes egresados del nivel medio, quienes no tienen oportunidad y deben formarse alternando con su vida laboral en programas que les permitan desempeñarse en el mundo del trabajo.

Esta población –jóvenes egresados– conforma la gran masa social de los excluidos, marginados y de los «sin futuro», lo que sustenta el por qué Colombia es uno de los países de mayor desigualdad social y conflictividad en Latinoamérica y el mundo.

3. Resultados y discusión

Esta propuesta conduce a que un estudiante egresado del ciclo tecnológico pueda vincularse al mercado laboral y pueda continuar con el ciclo profesional universitario. Esta ventaja educativa refleja que las instituciones han pasado de la inercia histórica a un acelerado proceso de cambio, donde conviven diversas culturas, tecnologías y ofertas de formación.

Con el Decreto 2216 de agosto 6 de 2003, el Ministerio de Educación Nacional (MEN) instaure en el país el concepto de «escuelas tecnológicas», en el marco de la formación por ciclos propedéuticos, formación que tiene como finalidad preparar al estudiante para el ejercicio de una profesión técnica profesional, que se consolide en la primera fase de una carrera profesional universitaria con alto grado de heterogeneidad y la concepción de las relaciones entre ciencia y tecnología.



Este sistema educativo tiene sus orígenes en «la declaración de Sorbona, el informe Atalli, la Declaración de Bologna y el proyecto Tuning, que formaliza la educación superior por ciclos» (ECCI, 2003, pág. 1). Un ciclo propedéutico es una secuencia formativa que dota al estudiante de competencias específicas orientadas a su crecimiento personal y profesional.

Parte esencial de esta política pública está referida a la formación del talento humano que se requiere para el desarrollo del país. Uno de sus propósitos es la conformación de una masa crítica de técnicos y tecnólogos, para apoyar procesos sociales importantes tales como la inclusión social, la superación de la exclusión laboral, y la reducción del desempleo entre los jóvenes. El fortalecimiento de la educación tecnológica favorecerá también la movilidad de los estudiantes entre los ciclos de formación y en los distintos niveles del sector productivo.

El documento de política pública llamado: Lineamientos de las condiciones de calidad, de la Ley 1188 de 2008 –reglamentada mediante el Decreto 1295 de 2010–, se constituye en un avance respecto a los momentos iniciales cuando se estructuró el Programa de Transformación de la Educación Técnica y Tecnológica, más no es la finalización del proceso. Se espera que este instrumento soporte la toma de decisiones, se adopte como marco guía de los programas y proyectos orientados a la formación por ciclos propedéuticos y por competencias.

De esta manera, se fortaleció en la Universidad ECCI, el programa de formación de Tecnología de Procesos de Transformación de Plásticos, como primer ciclo propedéutico basado en el desarrollo de competencias que permiten salidas parciales y tituladas con un perfil claro del graduado, de tal manera que pueda acceder a un trabajo y, al mismo tiempo, permitir la continuación del proceso formativo dentro del marco de una política de inclusión social propuesta por el Estado en esta época de acuerdos y de propuestas para la paz en Colombia.

4. Conclusiones

Este resultado parcial de la investigación se convierte en un punto de partida no sólo para analizar la actualidad de la educación tecnológica sino, principalmente, para posibilitar su ser pensado –proyectado– como dispositivo de construcción política de lo común, en aras de concretar su necesidad prioritaria para la viabilidad de la educación con calidad en el país.

Es en parte, la convicción de que «la educación es factor primordial, órgano maestro del cambio social y del desarrollo socioeconómico» (Gabriel García Márquez), a través del desarrollo de la autonomía, la auto formación, el desarrollo de la creatividad e incentivando la formación artística, formando éticamente en valores, usando criterios e indicadores de evaluación antropológicos, axiológicos y formativos frente a la formación humanística y, sobre todo, demostrando que la Universidad ECCI y el programa de Tecnología de Procesos de Transformación de Plásticos, son una alternativa de inclusión social inmersa en el nivel de educación superior de alta calidad que requiere el país.



5. Referencias

- Bohórquez, L. A. (1956). *La Evolución Educativa en Colombia*. Bogotá: Publicaciones Cultural Colombiana.
- Helg, A. (1987). *La Educación en Colombia 1918 -1957, Una historia social, económica y política*. Bogotá: Cerec.
- ECCI, E. C. (2003). *Formación por ciclos*. Bogotá. D.C.: ECCI.
- Gómez, C. V. (1995). *La Educación Tecnológica en Colombia*. Bogotá: Universidad Nacional.
- Departamento Nacional de Planeación – DNP. (1999). *Balance Plan Colombia*. Bogotá. D.C., Colombia.

ESTIMACIÓN DE LAS PROPIEDADES REOLÓGICAS DE MEZCLAS DE ALMIDÓN DE YUCA Y POLI (ÁCIDO LÁCTICO) UTILIZANDO DINÁMICA MOLECULAR

Mary Judith Arias⁵, Jairo Useche⁶

Programa de Ingeniería Mecánica, Facultad de Ingeniería, Universidad Tecnológica de Bolívar, Cartagena, Colombia.

e-mail: mariast@unitecnologica.edu.co.

Resumen

Los polímeros biodegradables provenientes de fuentes renovables, se han convertido en una gran alternativa para la solución de la contaminación por volumen, generada por la disposición de polímeros provenientes del petróleo al final de su vida útil. El estudio de las propiedades de estos materiales alternativos, es de gran importancia al momento de ser sometidas a procesos de transformación que permitan obtener productos útiles para la sociedad. Este trabajo busca estimar las propiedades reológicas de mezclas de almidón de yuca y poli -ácido láctico-, utilizando simulación computacional basada en dinámica molecular, puesto que esta utiliza información de la estructura y

⁵ Programa de Ingeniería Mecánica, Facultad de Ingeniería, Universidad Tecnológica de Bolívar, Cartagena, Colombia, mariast@unitecnologica.edu.co

⁶ Programa de Ingeniería Mecánica, Facultad de Ingeniería, Universidad Tecnológica de Bolívar, Cartagena, Colombia



composición química de los polímeros, ayudando a predecir sus propiedades físicas y condiciones de procesamiento durante el proceso de extrusión, lo que posibilita la optimización de este proceso de producción.

Palabras clave: Polímeros biodegradables, Viscoelasticidad, Dinámica molecular Modelo slip-link, enlaces virtuales.

FOROS



1. INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO EN MATERIALES POLIMÉRICOS.

Panelistas:

María del Pilar Noriega Escobar - ICIPC

Carlos Andrés Barrios - 3M

Daniel Humberto Builles Martínez - Andercol

Cleanest Hernando Cabrera Hemer - Mexichem.

Moderador:

Jairo Ernesto Perilla Perilla

2. POLÍMEROS Y MEDIO AMBIENTE.

Panelistas:

Paula Ocampo - Acoplásticos.

Marian Rodríguez - DOW

Lamia Zúñiga, Jorge Alberto Medina Perilla - Universidad de los Andes.

Moderador:

Óscar Javier Suárez Medina - Universidad Nacional

PÓSTERS



EXTRUSIÓN DE PELÍCULA DE DOBLE BURBUJA: ASPECTOS TECNOLÓGICOS Y APLICACIONES

Laura Álvarez⁷, Favián Angarita⁸, Leslie Malagón⁹

Resumen

El proceso de extrusión de película soplada es uno de los métodos de procesamiento más importantes en la industria de polímeros. Generalmente, esta técnica se emplea con el fin de producir grandes volúmenes de productos cuyos márgenes de ganancia son relativamente bajos, como las bolsas plásticas y otros empaques flexibles. Normalmente, las materias primas de mayor uso son el polietileno, polipropileno, poliestireno y PVC.

En el proceso de extrusión de película de doble burbuja se usan por lo general dos etapas para producir una orientación multiaxial: En la primera etapa, se utiliza un extrusor de tornillo con un cabezal anular para producir una película en gran medida no orientada. Los gránulos de polímero son derretidos y la masa fundida es extruida a través del cabezal, por el cual fluye el aire que debe inflar la primera burbuja. Esta se enfría con un anillo de aire externo y posteriormente es colapsada mediante unos rodillos de presión. En la segunda etapa, la burbuja colapsada es recalentada e inflada

⁷ Departamento de Ingeniería Química y Ambiental, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia. e-mail: lvalvarezg@unal.edu.co

⁸ Departamento de Ingeniería Química y Ambiental, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia. email: fhangarita@unal.edu.co

⁹ Departamento de Ingeniería Química y Ambiental, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia. email: lamalagonr@unal.edu.co

nuevamente en una cámara anular de alta temperatura, colocada por encima de la primera etapa. La segunda burbuja es colapsada por un segundo set de rodillos de presión y la película formada va a una unidad de bobinado en donde se enrolla el producto. La película en la segunda etapa sufre un estiramiento en dos ejes, que fija un estado de orientación biaxial en ella.

La primera burbuja suele ser extruida verticalmente hacia abajo, mientras que la segunda burbuja puede ser extruida horizontal y verticalmente hacia abajo o hacia arriba, y es común la presencia de elementos especiales de calentamiento alrededor de esta burbuja (Giles, Wagner y Mount, 2005).

Téngase en cuenta que las «burbujas» mencionadas son en realidad una forma de cilindros por donde fluye el aire, estos a su vez son movidos por los rodillos que operan en todo el sistema (Giles, Wagner y Mount, 2005).

Sin embargo, no es posible aplicar el proceso de doble burbuja a cada termoplástico con igual facilidad. La primera etapa es generalmente sencilla pero la segunda, requiere que la película tenga un carácter de endurecimiento por deformación. De lo contrario, la segunda burbuja tiende a ser inestable. En la práctica, esto significa que la película producida en la primera etapa debería ser amorfa y vítrea y que la cristalización inducida por deformación debería producirse en la segunda etapa (Kang, White, cakmak, 1990).

Las resinas utilizadas son usualmente de baja densidad, lo que quiere decir que son polímeros de cadenas ramificadas. Esto es apropiado cuando se desea obtener bolsas translúcidas, es decir, de características amorfas (Kang, White, Cakmak, 1990). En el premezclado, antes de pasar a la extrusión, se combinan tanto polietileno lineal como ramificado. La primera mezcla es calentada alrededor de los 240°C, con lo cual se genera una pasta homogénea y estable termodinámicamente. A lo largo del proceso, mientras es jalada por una serie de cilindros, se enfría hasta unos 150°C, aproximadamente. La segunda extrusión se calienta hasta alrededor de

200°C, dependiendo de las proporciones de la mezcla inicial para obtener las características deseadas. Cabe resaltar que, si el objetivo es producir bolsas plásticas no translúcidas, se debe agregar mayor cantidad de un polímero de alta densidad para que la mayoría de cadenas en la mezcla sean lineales y así no pase la luz (Song, White, 2000).

La extrusión de película de doble burbuja es un proceso que permite obtener películas con orientación biaxial, lo cual le confiere a los productos características especiales como alta contracción, rigidez y resistencia al desgarro, inclusive en películas muy delgadas. El ángulo al cual se opere la extrusión, además de la temperatura y velocidad de operación, será el que ofrezca las propiedades del polímero terminado. Normalmente, la extrusión de película de doble burbuja se utiliza para bolsas, etiquetas y empaques para alimentos (Kang, White, Cakmak, 1990).

Pruebas realizadas en diferentes polímeros demuestran que la cristalinidad en la primera burbuja está entre 5 % a 10 % dependiendo del polímero, y aumenta en la segunda burbuja cerca de 10 % a 40 % su cristalinidad. Cabe resaltar que la cristalinidad afecta sustancialmente las propiedades mecánicas de la película y la existencia de ella afecta la estabilidad de la burbuja. Las propiedades de las películas son caracterizadas con difracción de rayos x de ángulo amplio, DSC y otras técnicas refractométricas (Song, White, 2000).

Realizando algunas comparaciones, se puede ver que en polímeros como Polietileno 2,6-Naftenato (PEN) se presenta mayor estabilidad en la primera burbuja en comparación con PET (Polietileno tereftalato) y PBT (Polibutileno tereftalato). En cuanto a esto, las inestabilidades que se presentan son de burbuja y helicoidal, ésta última asociada con variaciones del procesamiento relacionado con la aerodinámica y la deformación, a lo largo de la dirección del aro en la solidificación del polímero (Song, White, 2000).

Para polímeros como PBT que presentan inestabilidad en la segunda burbuja, dada su alta velocidad de cristalización, se busca mejorar sus propiedades realizando mezclas que mejoren la estabilidad del proceso en la primera y segunda burbuja. Como claro ejemplo de la estabilidad de copolímeros, se tiene la mezcla PBT-PET, en la que un incremento mayor del 10% de PET en la mezcla de PBT-PET mejora la estabilidad de burbuja y disminuye la inestabilidad helicoidal de la primera y segunda burbuja de la película (Song, White, 2000).

Palabras clave: Doble burbuja, Cabezal anular, Resistencia, Extrusión.

Referencias

- Giles H., Wagner J. & Mount, E. (2005). *Extrusion: The Definite Processing Guide and Handbook*. William Andrew Publishing. Norwich, NY.
- Kang, H. J., White, J.L. & Cakmak, M. (1990). *Single and Double Bubble Tubular Film Extrusion of Polyethylene Terephthalate*. *International Polymer Processing*. V. Hanser Publishers 5(1), 62-73. Akron Ohio
- Song, K. & White, J. (2000). Double Bubble Tubular Film Extrusion of Polybutylene Terephthalate-Polyethylene Terephthalate Blends. *Polymer Engineering and Science* 40(4), 902-916.
- Song, K. & White, J. (2000). Single and Double Bubble Tubular Film Extrusion of Polyethylene 2,6-Naphthalate (PEN). *Polymer Engineering and Science* 40(5), 1122-1131.

MODIFICADORES REOLÓGICOS: IMPORTANCIA Y APLICACIONES

Johan S. Quintero¹⁰, Juliana Gutiérrez¹¹

Resumen

Los modificadores reológicos desempeñan un papel fundamental en las propiedades de las pinturas, brindando efectos en su formulación, aplicación y desempeño. En este trabajo se busca hacer una revisión acerca de la importancia de los modificadores reológicos, conocer la clasificación de los mismos de acuerdo a su composición y mostrar un caso de estudio que demuestre la relación entre los modificadores y las propiedades reológicas de una pintura. Esto se realiza por medio de una revisión bibliográfica en libros y artículos sobre el tema. En primer lugar, se observa la gran importancia de la viscosidad de las pinturas; según Koleske (2012), se busca tener un perfil reológico de tipo tixotrópico en donde al aumentar el esfuerzo imprimido al material, su viscosidad disminuya. Con respecto a la clasificación de los modificadores, se dividen principalmente por su composición química teniendo unos de tipo orgánico y otros, inorgánico (BASF, 2017). La elección del modificador depende principalmente de la aplicación requerida. Finalmente, es posible evidenciar según el trabajo llevado a cabo por BASF

¹⁰ Departamento de Ingeniería Química y Ambiental, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá D.C., Colombia. e-mail: josquinteroru@unal.edu.co.

¹¹ Departamento de Ingeniería Química y Ambiental, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia. email: jugutierrezgi@unal.edu.co

(2015), que los modificadores reológicos analizados aumentan la viscosidad de la pintura, siendo este cambio más notorio en un modificador de tipo asociativo aniónico.

Palabras clave: Reología, Pinturas, Tixotropía, Modificadores reológicos.

Referencias

Auschra, C.; Willerich, I.; García Romero, I.; He, H.; Reichardt, R.; Muenzenberg, C. & Martinez, E.. (2015). *The Role of Thickeners in Optimising Coating Formulations*. Seattle.

BASF. (2017). *Practical Guide to Rheology Modifiers*. Recuperado de: <https://www.dispersions-pigments.basf.com/portal/load/fid793184/BASF%20Rheology%20Modifiers%20Practical%20Guide.pdf>.

Koleske, J. (2012). *Paint and coating testing manual. Paint and Coating Testing Manual: 15th Edition of the Gardner-Sward Handbook* West Conshohocken, PA. ASTMInternational.

INFLUENCIA DE LA NATURALEZA Y PROPORCIÓN DE LOS PLASTIFICANTES EN EL PROCESO DE GELATINIZACIÓN DE ALMIDÓN DE PAPA

Sebastián Castaño¹², Laura Barón¹³, Jairo Perilla¹⁴

Resumen

El uso de almidón para la fabricación de TPS (Thermoplastic Starch) presenta un panorama prometedor, dada su abundancia y fácil obtención, por lo tanto, es necesario analizar el comportamiento del almidón durante el proceso de gelatinización usando agua en diferentes proporciones, así como otros plastificantes. Con este fin se obtuvieron temperaturas y entalpías de gelatinización de un almidón de papa comercial, usando tres plastificantes diferentes (agua, glicerol y etilenglicol), a través de calorimetría diferencial de barrido (DSC). Se realizaron corridas a 30 %, 40 %, 50 % y 60 % de agua en la solución de almidón. Los resultados permiten observar que a medida que se aumenta el contenido de agua en la mezcla la transición cambia, pasando de presentar dos picos de baja energía a presentar un pico de mayor energía. Además, se encontró que la temperatura de gelatinización se ve afectada por la naturaleza del plastificante, debido a la formación de puentes de hidrógeno

¹² Departamento de Ingeniería Química y Ambiental, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá D.C., Colombia. e-mail: scastanod@unal.edu.co.

¹³ Departamento de Ingeniería Química y Ambiental, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia. email: lbaronm@unal.edu.co

¹⁴ Departamento de Ingeniería Química y Ambiental, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia. email: jeperillap@unal.edu.co

con las cadenas de almidón, ya que se obtuvo una mayor temperatura para el glicerol, seguido por el etilenglicol. Esto se explica, además, porque el glicerol tiene un mayor peso molecular y su viscosidad es más alta, dificultando su ingreso en el gránulo para favorecer la disrupción. La entalpía registrada en los picos de gelatinización es mayor para el agua, seguida del etilenglicol y finalmente el glicerol debido a que, una mayor capacidad de formación de puentes de hidrógeno entre el plastificante y el almidón, disminuye la energía necesaria para la disrupción.

Palabras clave: Almidón, Plastificantes, Glicerol, Etilenglicol, Calorimetría Diferencial de Barrido.

Agradecimientos: Los autores agradecen al departamento de Ingeniería Química y a la financiación parcial bajo el proyecto 37454 de la Universidad Nacional de Colombia.

Referencias

- Donovan, J. (1979). Phase Transitions of the starch-water system. *Biopolymers* 18, 263-275.
- Gerlisma, S. (1970). Gelatination Temperatures of Starch, as Influenced by Polyhydric and Monohydric Alcohols, Phenols, Carboxylic Acids and some other Additives. *Die Starke*, 22(1), 3-9.
- Mohammadi, A., Moradpour, M., Saeidi, M. & Alias, A. K. (2013). Thermoplastic starches: Properties, challenges, and prospects. *Starch/Starke*, 65, 61-72.
- Ratnayake, W., & Jackson, D. (2009). Starch Gelatinization. *Advances in Food and Nutrition Research*, 55, 222-260.

Srikaeo, K. (2015). *Starch-based Blends, Composites and Nanocomposites*. En Visakh, P. & Yu, L. (Eds.). Royal Society of Chemistry.

Taghizadeh, A., & Favis, B. (2012). Effect of high molecular weight plasticizers on the gelatinization of starch under static and shear conditions. *Carbohydrate Polymers* 92, 1799 -1808.

ORIENTACIÓN DE LOS POLÍMEROS DURANTE SU PROCESAMIENTO

Laura Ramírez¹⁵

Resumen

El presente trabajo tiene como propósito conocer el efecto de la orientación de los polímeros durante su procesamiento, teniendo en cuenta sus propiedades mecánicas, ópticas y dieléctricas, técnicas de procesamiento y dirección. La orientación de los polímeros es un fenómeno que ocurre a partir de la deformación por esfuerzo o estiramiento en la producción de fibras sintéticas, es decir que, a mayor estiramiento –y teniendo en cuenta el control de variables como la presión, temperatura y velocidad–, es posible organizar las moléculas del polímero en la misma dirección en la cual se realiza la deformación (Benavente, 2010). El producto obtenido muestra una estructura laminar, evidenciando la organización de las cadenas poliméricas en capas, mejorando así las propiedades físicas y mecánicas (Carreño & Méndez, 2010), las cuales se estudian mediante ensayos de tracción y fatiga, flexibilidad y resistencia al impacto.

Sin embargo, mientras más organizadas estén las moléculas del polímero, su grado de orientación aumenta indicando que la estructura es cristalina, aunque en algunos plásticos la estructura es semicristalina porque no sólo es cristalina, sino también amorfa, por ende, se incrementa la resistencia mecánica.

¹⁵ Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Bogotá, Colombia. e-mail: laurae.ramirez@utadeo.edu.co.



En cuanto a las propiedades ópticas y dieléctricas, estas se ven afectadas por el aumento de la resistencia mecánica provocando así la anisotropía de la fibra, es decir que su conductividad y propagación de la luz varían según la dirección de la deformación y orientación de las cadenas poliméricas (Arruda & Boyce, 1993). La anisotropía puede estudiarse por difracción de rayos X, espectroscopia Raman, módulos sónicos y compensadores, esta última es la técnica de caracterización más sencilla porque compensa la diferencia en el campo óptico de luz en dos direcciones.

Finalmente, la orientación es un factor relevante debido a que cambia algunas propiedades del polímero en la obtención de productos sintéticos, debido a que la mayoría de los polímeros son macromoléculas –cristalinas, amorfas y/o elásticas–, la orientación cambia ya sea axial, transversal o radial en función de la dirección en la que se hace la deformación.

Palabras clave: Orientación, polímero, propiedades mecánicas, dirección, cadena polimérica.

Referencias

- Arruda, E., & Boyce, M. (1993). Evolution of plastic anisotropy in amorphous polymers during finite straining. *International Journal of Plasticity*, 9(6), 697-720.
- Benavente, R. (2010). *Polímeros amorfos, semicristalinos, polímeros cristales líquidos y orientación*. Recuperado de http://ruc.udc.es/dspace/bitstream/handle/2183/9633/CC_32_art_2.pdf?sequence=1
- Carreño, J., & Méndez, M. (2010). Relación estructura-propiedades de los polímeros, Universidad Nacional Autónoma de México, *Revista Educación Química*, 21(4), 291-299

OBTENCIÓN DE ESPUMA DE POLIURETANO, A PARTIR DE ACEITE DE HIGUERILLA COMO SUSTITUTO PARCIAL DE POLIOLES DERIVADOS DEL PETRÓLEO

Andrés Jiménez¹⁶, Tatiana Hoyos¹⁷

Resumen

En la síntesis de polímeros, la mayoría de materias primas son de origen petroquímico. Debido a que el petróleo es un recurso no renovable y su procesamiento implica alto impacto ambiental, se tiene la necesidad de buscar alternativas de origen renovable. El aceite de higuera, debido a su estructura con grupos hidroxilo, su bajo costo y fácil obtención, se ha postulado como un sustituyente parcial de polioles convencionales, utilizados para la producción de poliuretano (PU) (Zoran & Dragica, 1984). Este trabajo, pretende obtener espumas rígidas de poliuretano usando aceite de higuera y establecer las composiciones óptimas de las materias primas para producirlas con aplicación como aislante térmico. Para ello, se propuso en primer lugar la obtención del aceite de higuera y la caracterización del mismo, seguido de una serie de reacciones con isocianato comercial a diferentes proporciones para, finalmente, evaluar algunas propiedades

¹⁶ Departamento de Ingeniería Química y Ambiental, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá D.C., Colombia. e-mail: asjimenezl@unal.edu.co.

¹⁷ Departamento de Ingeniería Química y Ambiental, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia. email: thoyosp@unal.edu.co

físicas –densidad, absorción de agua, porosidad– junto con una prueba termogravimétrica (TGA) a la mejor espuma obtenida.

De acuerdo al trabajo experimental realizado, se obtuvo que la espuma de PU con mejores propiedades para la aplicación mencionada, fue la generada con unas proporciones en masa alrededor de 35 % de aceite de higuera, 17 % de polioliol comercial y 48 % de isocianato comercial, con una densidad de 110 kg/m³ y una absorción de agua cercana al 55 % en masa. Sin embargo, hace falta realizar pruebas de conductividad térmica de los productos obtenidos para poder lograr conclusiones más contundentes acerca de la viabilidad del aceite de higuera como sustituto parcial de polioliol.

Palabras clave: Aceite, Higuera, Poliuretano, Polioliol, Espuma.

Referencias

- A. Ramírez, J.E. Pulido, M. F. Valero, J.M Cabrera, K. Navas, J.C. Hernández, J.A. Posada, Z. Cheng; (2006). Preparación y caracterización de poliuretanos a partir de aceite de higuera modificado, almidón y estireno. *Revista ION* 19(1), 32-38.
- Zoran. P., & Dragica. F. (1984). Preparation and Properties of Castor Oil-Based Polyurethanes. *Journal of Applied Polymer Science* 29, 1031-1040.

ESTUDIO DE CATALIZADORES METALOCENOS PARA PRODUCIR POLIETILENO LINEAL DE BAJA DENSIDAD

Juan C. Esquivel¹⁸

Resumen

Este estudio explora el uso de catalizadores de centro activo único homogéneos también denominados complejos organometálicos tipo «sandwich» para la polimerización de etileno en polietileno lineal de baja densidad. El campo de interés está centrado en la creciente industria de metalocenos para la producción de polietileno, de tal modo que se está invirtiendo más dinero en mejorar procesos existentes y en la investigación de nuevas tecnologías para lograr un mayor control sobre la estereoregularidad de la poliolefina, dejando a un lado los demás catalizadores para la polimerización de polietileno. Con base en estudios investigativos sobre la producción e innovación de catalizadores metalocenos para la producción de polietileno lineal de baja densidad, se caracteriza la importancia de los catalizadores tipo «sándwich» como fuente de emprendimiento e innovación a nivel industrial debido a su mecanismo de función y se concluye que existe una estrecha relación entre los tipos de cocatalizadores y el catalizador utilizado que dan como resultado un catalizador que polimeriza olefinas más eficazmente que los sistemas *Ziegler-Natta* convencionales además de una relación importante entre la distribución de pesos moleculares del polietileno obtenido.

¹⁸ Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Bogotá D.C., Colombia.
e-mail: juanc.esquivelv@utadeo.edu.co.



Palabras clave: Polietileno, Catalizadores Metalocenos, Olefinas, Poliolefinas, Cocatalizador.

Referencias

- Gómez, S. C. (2010). *Aplicaciones de nuevos complejos metaloceno en polimerización de olefinas*. Madrid: Dykinson.
- Moreno, C. A. (2006). *Desarrollo e innovación de catalizadores metaloceno. Polimerización de α -olefinas*. Ciudad Real: Ediciones de la UCLM.
- Vargas, K. A. (2007). *Estudio de la polimerización de etileno en sistemas homogéneos y heterogéneos*. Santiago de Chile: Universidad de Chile.

MANUFACTURA ADITIVA EN LA FABRICACIÓN DE IMPLANTES POLIMÉRICOS

Karina Valbuena¹⁹, Hernán Puentes²⁰

Resumen

Los implantes han demostrado ser herramientas útiles para regenerar o reemplazar tejidos en el cuerpo humano, pero cada día se hace más necesario desarrollar estrategias que satisfagan los requerimientos funcionales de estos implantes teniendo en cuenta costos, productividad y efectividad. Lo anterior implica usar nuevos materiales e implementar procesos de fabricación avanzados como lo es la Manufactura Aditiva (MA). Este proceso consiste en formar capas del contorno de la pieza que se quiere hacer, una sobre la otra, para formar un sólido, es decir, permite materializar cualquier geometría que se pueda hacer en un entorno CAD (Computer-Aided Design). El objetivo de este trabajo es proporcionar una revisión comprensiva del estado del arte de esta técnica, junto con sus ventajas e inconvenientes en la fabricación de implantes poliméricos. Con la revisión bibliografía se demuestra que este proceso facilita la elaboración de piezas 3D individualizadas, que por otros métodos de moldeo de polímeros serían difíciles de hacer debido a la complejidad de la pieza. También es una técnica que reduce el desperdicio de material con respecto a otras técnicas. Sin embargo, presenta

¹⁹ Departamento de Ingeniería Mecánica y Mecatrónica, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia. e-mail: kvalbuenar@unal.edu.co.

²⁰ Departamento de Ingeniería Química y Ambiental, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia.

limitaciones en cuanto a la aplicabilidad del producto debido a su condición de anisotropía final. Por último, se concluye que la MA es un proceso que está en crecimiento y tiene diferentes niveles de aplicación, aunque no ha sido ampliamente difundida en todas las industrias.

Palabras clave: Manufactura Aditiva, Implantes, Polímeros degradables, Entornos CAD.

Referencias

- Bourell, D., Kruth, J. P., Leu, M., Levy, G., Rosen, D., Beese, A. & Clare, A. (2017). Materials for additive manufacturing. *CIRP Annals - Manufacturing Technology*, 66(2) 659-681.
- Singh, S., Ramakrishna, S. & Singh, R. (2017). Material issues in additive manufacturing: A review. *Journal of Manufacturing Processes* 25, 185-200.
- Singh, S. & Ramakrishna, S. (2017). Biomedical applications of additive manufacturing: present and future. *Current Opinion in Biomedical Engineering*. 2, 105-115.
- Gonçalves, F.A.M.M., Fonseca, A.C., Domingos, M., Gloria, A., Serra, A.C. & Coelho, J.F.J. (2017). The potential of unsaturated polyesters in biomedicine and tissue engineering: Synthesis, structure-properties relationships and additive manufacturing. *Progress in Polymer Science* 68, 1-34.

EXTRUSIÓN DE FILME: COMPARACIÓN ENTRE MOLDEO DE FILME PLANO Y MOLDEO POR SOPLADO

Sergio A. Mendoza²¹

Resumen

De los numerosos desafíos que enfrenta la ingeniería de polímeros, el discernir el proceso basándose en la economía y efectividad del mismo es de los más remarcables. Para el caso específico de la extrusión para la producción de películas delgadas de polímero existen diversas técnicas, dentro de las cuales las más empleadas industrialmente son las de película plana y película soplada, sin embargo, dadas las diferencias cruciales en sus condiciones de operación –ya que no sólo toman parte en las propiedades del polímero, sino que también influyen drásticamente en el costo del proceso–, surge la necesidad de la realización de análisis objetivos que permitan la elección de la mejor opción para la operación. El desarrollo del mencionado análisis se llevó a cabo mediante una comparación teórica, usando bibliografía relacionada y ejemplos ilustrativos en las aplicaciones específicas de cada uno de los métodos, lo que permitió establecer que la selección de uno sobre otro depende no sólo del material utilizado, sino también de las características requeridas por el producto, teniendo en cuenta la precisión en las dimensiones y grosor de la lámina.

Palabras clave: Extrusión, Laminado, Moldeo, Plano, Soplado.

²¹ Departamento de Ingeniería Química y Ambiental, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá D.C., Colombia. e-mail: seamendozave@unal.edu.co.

Referencias

- Argotec. (20 de Junio de 2017). *Argotec urethane Film & Sheet*. Recuperado de <http://www.argotec.com/content/download-library>
- Elektor. (20 de Junio de 2017). *Elektor airsystems gmbh*. Recuperado de https://www.elektor.de/es/productos_y_soluciones/soluciones-sectoriales/plastico/produccion
- Fiorini, M., Campana, G., Pagano, N., & Morelli, R. (2015). Comparison between joining technologies for polymeric films. Elsevier, *Procedia CIRP* 33(4),12-417.
- Jani, R., & Patel, D. (2015). *Hot melt extrusion: An industrially feasible approach for casting orodispersible film*. Elsevier, *Asian Journal of Pharmaceutical Sciences* 10(4), 292-305.

POLÍMEROS BIODEGRADABLES PARA EMPAQUES DE ALIMENTOS

Cristian Rodríguez²²

Resumen

En este trabajo se presenta una revisión sobre la importancia del uso de materiales biodegradables en empaques de alimentos para la sustitución de los materiales sintéticos convencionales, los cuales han generado problemas ambientales por su largo tiempo de degradación y generación de material no reciclable. La exigencia que demandan los empaques de alimentos para la conservación y protección del producto de agentes como la humedad, el crecimiento de microorganismos, los rayos UV y el oxígeno, hacen que la producción de polímeros biodegradables se enfoque en mantener los estándares de calidad del alimento y permitan extender su ciclo de vida. En varios estudios realizados con biopolímeros se resalta el uso del poli (ácido láctico) (PLA) como material funcional que cubre las necesidades del polímero tradicional y contribuye a la mitigación de la problemática ambiental. Este trabajo pretende mostrar la producción de PLA, sus aplicaciones, el tiempo y condiciones de degradación del material, y como contribuye en la reducción de la acumulación de basuras.

Palabras clave: Biodegradable, Ácido Poliláctico, Microorganismos, Rayos UV, Biopolímeros.

²² Departamento de Ingeniería Química y Ambiental, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá D.C., Colombia. e-mail: crcrodriguezpa@unal.edu.co.



Referencias

Arrieta, M. P., López, J., Ferrandiz, S., & Peltzer, M. A. (2013). Characterization of PLA-limonene blends for food packaging applications. *Polymer Testing*, 32(4), 760–768.

Auras, R., Lim, L., Selke, S., & Tsuji, H. (2010). *Poli (lactic acid) synthesis, structures, properties, processing, and application*. New Jersey: Wiley & Sons, Inc.

Zuluaga, F. (2013). Algunas Aplicaciones del Ácido Poli-L-Láctico. *Revista Académica Colombiana de Ciencia* 37 (142), 125–142.

PERSPECTIVAS DE LA PRODUCCIÓN DE POLIHIDROXIALCANOATOS (PHA)

Jessica Torres²³, Rodrigo Ibarra²⁴

Resumen

Los polihidroxicanoatos (PHA) son una nueva generación de poliésteres de gran perspectiva tecnológica por sus singulares propiedades como termoplástico, materiales oxidantes y más importante aún, por su biodegradabilidad. Además, se destacan entre los polímeros biodegradables gracias a las múltiples aplicaciones de los PHA en la industria de alimentos, farmacéutica, en agricultura y en medicina (Singh et al., 2016). Sin embargo, los desafíos en su síntesis y procesamiento, tales como altos costos de producción y factibilidad de la producción en masa limitan la introducción de los PHA al mercado. Actualmente, la producción de PHA's se lleva a cabo mediante fermentación con cultivos mixtos de bacterias (MMC Microbial mixed cultures), empleando principalmente cepas como *Plasticumulans acidivorans* (Jiang et al., 2010) y *Cupriavidus necator*; además de las pertenecientes al filo Cyanobacteria (Koller et al., 2017). El proceso comprende tres etapas a saber (Valentino et al., 2017): fermentación acidogénica, preparación del cultivo microbiano –capaz de acumular PHA– a través de etapas de alimentación-escasez y una exposición del cultivo microbiano a ácidos orgánicos. Debido a la síntesis intracelular, la recuperación de PHA se efectúa por centrifugación y separación

²³ Departamento de Ingeniería Química y Ambiental, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá D.C., Colombia. e-mail: jntorresl@unal.edu.co.

²⁴ Departamento de Ingeniería Química y Ambiental, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia. email: joribarrami@unal.edu.co

por extracción con solventes orgánicos. En consecuencia, se han propuesto y analizado diferentes métodos de separación para la obtención de un producto rentable y sostenible. Adicionalmente, se busca mejorar el proceso a partir del mejoramiento genético de microorganismos.

Palabras clave: Polihidroxicanoatos, Poliésteres, Fermentación, Purificación.

Referencias

- Jiang, Y., Sorokin, D., Kleerebezem, R., Muyzer, G. and van Loosdrecht, M. (2010). *Plasticicumulans acidivorans* gen. nov., sp. nov., a polyhydroxyalkanoate-accumulating gammaproteobacterium from a sequencing-batch bioreactor. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology* 61(9), 2314-2319.
- Koller, M., Maršálek, L., de Sousa Dias, M. and Braunegg, G. (2017). Producing microbial polyhydroxyalkanoate (PHA) biopolyesters in a sustainable manner. *New Biotechnology* 37, 24-38.
- Singh, A., Sharma, L., Mallick, N. and Mala, J. (2016). Progress and challenges in producing polyhydroxyalkanoate biopolymers from cyanobacteria. *Journal of Applied Phycology* 29(3), 1213-1232.
- Valentino, F., Morgan-Sagastume, F., Campanari, S., Villano, M., Werker, A. and Majone, M. (2017). Carbon recovery from wastewater through bioconversion into biodegradable polymers. *New Biotechnology* 37, 9-23.

POLÍMEROS CONDUCTORES: APLICACIÓN EN LA TÉCNICA DE TERMO ASPERSIÓN POR ARCO ELÉCTRICO

Ruth Y. Marroquín²⁵, Juan S. Viracachá²⁶

Resumen

Antes de la década de los 70, los polímeros se consideraban solamente como materiales aislantes entre sus otras características, sin embargo, gracias a las investigaciones de Shirakawa, Heeger y Mac Diarmid, ganadores del Premio Nobel de Química en el año 2000, ahora los polímeros también pueden ser sintetizados en su forma conductora. Se presentará una aplicación de este tipo de polímeros en el área de los anticorrosivos y de las técnicas de aplicación en sustratos metálicos, particularmente en la técnica de termoaspersión por arco eléctrico. Se observarán sus ventajas en propiedades como la adhesión del recubrimiento sobre la superficie, los cambios en la porosidad y la impermeabilidad y se estudian sus dinámicas de contacto en metales activos. Por otra parte, se estudia el cambio de las variables de proceso como lo son la diferencia de potencial de la pistola de aspersion, el gas de atomización –flujo de gas que genera las capas de recubrimiento– y se analizará el cambio en el diseño del alambre usado tradicionalmente en la técnica citada, que pasará de ser un núcleo metálico de recubrimiento cerámico a un núcleo de matriz polimérica con intersticios metálicos. En conclusión, se ha encontrado que

²⁵ Departamento de Química, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia.
e-mail: rymaroquinp@unal.edu.co.

²⁶ Departamento de Física, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia.



los polímeros conductores son una alternativa potencial para los métodos anticorrosivos, además de observar que pueden representar una forma, en general más eficiente, de llevar a cabo el proceso de termoaspresión estudiado.

Palabras clave: Polímeros conductores, Propiedades, Aplicaciones, Industria.

Referencias

- Armelin, E., Oliver, R., Liesa, F., Iribarren, J., Estrany, F., & Alemán, C. (2007). Marine paint formulations: Conducting polymers as anticorrosive additives. Elsevier, *Progress in Organic Coatings* 59(1), 46-52.
- Choy, M. (2008). *Polímeros conductores como alternativa tecnológica en la protección de nuestro ambiente*. Venezuela: Universidad de Los Andes.
- Grant, P., & Katgerman, L. (1993). *Modelling of droplet dynamic and thermal histories during spray forming: I. Individual droplet behaviour*. Acta Metallurgica et Materialia.
- Martins, C. (2017). *Injection moulding: Morphology properties*. XI Cátedra de Ingeniería. Universidad Nacional de Colombia. Polímeros en ciencia y tecnología. (Diapositivas de presentación).
- Otero, T. F. (2003). Polímeros conductores: Síntesis, propiedades y aplicaciones electroquímicas. *Revista Iberoamericana de Polímeros*, 4(4), 37-45.
- Panaha, N. B., & Danaeeb, I. (2010). Study of the anticorrosive properties of polypyrrole/polyaniline bilayer via electrochemical techniques. Elsevier. *Progress in Organic Coatings* 68(3), 214-218
- Pormousa, A. (2007). *Wire-arc spraying system: Particle Production, Transport, and Deposition*. Tesis de doctorado. Facultad de Ingeniería Mecánica e Industrial. Universidad de Toronto, Canada.

Sihirakawa, H., Louis, E., MacDiarmid, A., Chiang, C., & Heeger, A. (1977). Synthesis of Electrically Conducting Organic Polymers: Halogen Derivatives of Polyacetylene, $(CH)_x$. *Journal of the Chemical Society*. 16, 578-580

Viracachá, S., & Rojas, F. (2017). *Simulación del fenómeno térmico mediante Matlab de una partícula termoaspersada en la etapa de transporte por la técnica de arco eléctrico*. Universidad Libre, Bogotá.



POLIHIDROXIALCANOATOS (PHA): EXTRACCIÓN, PURIFICACIÓN Y MEZCLA CON PLASTIFICANTES PARA ELABORACIÓN DE EMPAQUES BIODEGRADABLES

Alba Garzón²⁷, Andrés Ramos²⁷, Duvan Villamizar²⁸, Diego Fajardo²⁹, Iván Cabeza²⁷, Armando Espinosa³⁰, Nubia Moreno-Sarmiento²⁷

Resumen

Los plásticos sintéticos son ampliamente utilizados en todo el mundo debido a su bajo costo de producción y sus buenas propiedades mecánicas, sin embargo, su disposición representa un serio problema ambiental, debido a su bajo nivel de biodegradación y acumulación de millones de toneladas al año en rellenos sanitarios y cuerpos de agua alrededor del mundo. Por esta razón, en los últimos años se ha investigado en la síntesis de materiales que puedan sustituir a los plásticos convencionales por su alta biodegradabilidad y baja toxicidad, como los polihidroxicanoatos (PHA), particularmente, el poli (3- hidroxibutirato) (P3HB), ya que es un poliéster natural de origen microbiano con características mecánicas y químicas prometedoras para la fabricación de empaques (p.e. bolsas), entre ellas la barrera a la humedad y estabilidad a la luz. Aun así, características como su fragilidad, degradación

²⁷ Universidad Nacional de Colombia - Instituto de Biotecnología (IBUN). Sede Bogotá, Colombia.

²⁸ Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Bogotá D.C., Colombia.

²⁹ Grupo AGORA, Red Tecnoparque SENA – Nodo Bogotá. Bogotá D.C., Colombia.

³⁰ Universidad Nacional de Colombia – Facultad de Ingeniería. Sede Bogotá, Colombia.

térmica y costo de producción deben ser evaluados y optimizados para que este pueda competir en el mercado con los plásticos sintéticos. En este trabajo se estudió el proceso de extracción con varios solventes, purificación y mezclas poliméricas del PHA obtenido a partir de la cepa B. cepacia B27 del Instituto de Biotecnología de la Universidad Nacional de Colombia (IBUN) en convenio con el Tecnoparque del SENA – Nodo Bogotá.

Palabras clave: Biopolímeros, Polihidroxialcanoatos, Extracción, Mezcla Polimérica.

Referencias

- Bagheriasl, S. (2012). *Development and Characterisation of Polyhydroxybutyrate from Selected Bacterial Species*. Tesis. University of Birmingham Research Archive. Birmingham, Inglaterra.
- Baptist, J. (1962). United States Patente nº 3.044.942.
- Flórez, D. V., Suarez-Moreno Z. R., Merchán N. A., Gutiérrez-Peña L. C., Olmos Ravagli, L. & Moreno- Sarmiento, N. C. (Sep. 28-2014). *International Symposium of Biopolymers. Mutagenesis studies for enhancement of PHA production by Burkholderia cepacia 2G57, isolated from Colombian soils*. Santos, Brasil.
- IBUN. (2015). *Uso de plásticos verdes (polihidroxialcanoatos) para la fabricación rentable de empaques completamente biodegradables requeridos en la Industria*. Universidad Nacional de Colombia. Bogota, Colombia.
- Jaquel, E. (2008). Isolation and purification of bacterial poly(3-hydroxyalkanoates). *Biochemical Engineering Journal*, 39(1),15-27.
- Kim, E. (2003). Recovery of poly (3-hydroxybutyrate) from high cell density culture of *Ralstonia eutropha* by direct addition of sodium dodecyl sulfate. *Biotechnol Lett*, 25(1), 55-59.

Méndez, D. A., Cabeza I. O., Moreno-Sarmiento N. & Martínez, C. A. (Sep. 16-2015). *Modeling of Polyhydroxyalkanoates production considering efficiency on Metabolic Processes depending on substrates availability*. 8th European Symposium on Biopolymers, ESBP2015. Roma.

Suarez, L.F., Méndez, D. A., Cabeza, I. O., Ramírez, M. & Moreno-Sarmiento, N. (2015). *Evaluación del agente detergente dodecil-sulfato sódico (SDS) para la recuperación de biopolímeros tipo PHAs*. II Congreso Internacional en tecnologías limpias. Bogotá.

ESTUDIO DE POLIELECTROLITOS DE ACRILAMIDA Y ÁCIDO ALMILMÁLÓNICO COMO AYUDANTES DE COAGULACIÓN Y FLOCULACIÓN EN LA PURIFICACIÓN DEL AGUA

Néstor Quintero³¹, Luis Gamba³²

Resumen

Los polielectrolitos se han utilizado ampliamente como ayudantes de coagulación y/o floculación en la etapa de eliminación de sólidos para la purificación de aguas. Estos se destacan por ser una alternativa ambientalmente amigable a diferencia de los agentes coagulantes inorgánicos como el cloruro férrico o el sulfato de aluminio empleados actualmente en el tratamiento de aguas, debido a que presentan propiedades interesantes como una alta solubilidad en agua, capacidad de regeneración y reutilización, adsorción, biodegradación, resistencia y fuerza mecánica. En investigaciones recientes se ha encontrado que la aplicación de 0.08 mg/L de un polielectrolito de poliacrilamida y acrilato de sodio reducían la cantidad de cloruro férrico en un 58 % (Lozano, 2015).

³¹ Departamento de Ingeniería Química y Ambiental, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá D.C., Colombia. e-mail: neaquintero@unal.edu.co.

³² Departamento de Ingeniería Química y Ambiental, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia. email: legambam@unal.edu.co



En este trabajo se emplearon tres copolímeros de acrilamida (AAM) y ácido alilmalónico (AAM), los copolímeros se sometieron a ensayos como ayudantes de floculación y coagulación en muestras recogidas del río Meléndez de la ciudad de Cali, por medio de pruebas de jarras. El coagulante de referencia utilizado para las pruebas realizadas fue el cloruro de hierro (FeCl_3). Se determinó que la dosis óptima de FeCl_3 fue de 20 ppm, obteniéndose la mayor reducción en turbiedad y materia orgánica natural. El análisis de los resultados obtenidos muestra que al adicionar los copolímeros sintetizados se logra reducir hasta un 20 % y 50 % la dosis de coagulante de referencia como ayudante de coagulación y floculación, respectivamente (Peñaranda, Grande, Zuluaga, 2012).

Palabras clave: Polielectrolitos, Floculación, Coagulación, Ácido alilmalónico, Acrilamida

Referencias

- Lozano, L. (2005). *Síntesis de Copolímeros de Acrilamida y Acrilato de Potasio. Verificación de su Efectividad en el Tratamiento de Agua Proveniente de Efluentes. Tesis de Pregrado, Facultad de Ciencias Naturales y Exactas.* Cali: Universidad del Valle.
- Peñaranda, J., Grande, C. y Zuluaga, F. (2012). Síntesis de copolímeros de ácido alilmalónico y acrilamida: aplicación para la purificación del agua. *Revista de Ciencias* 15, 167-182.

MATERIALES ELASTOMÉRICOS: POLÍMEROS, FORMULACIÓN Y PROCESAMIENTO

Sergio Hozman³³, Manuela Sucerquia³⁴

Resumen

En el campo de los materiales poliméricos, se pueden encontrar dos grandes grupos: los materiales plásticos y los elastómeros. Los elastómeros o cauchos, al igual que los plásticos, se encuentran constituidos por largas cadenas poliméricas, obtenidas en algunos casos de una fuente natural del árbol *Hevea Brasiliensis* y en otros, a partir de un proceso en laboratorio –comúnmente por polimerización en solución o emulsión–; sin embargo, su comportamiento y procesamiento difieren significativamente (Friedenthal, 2004). Estos materiales no presentan, como tal, un estado fundido puesto que son altamente amorfos –en donde el procesamiento se plantea a partir de la temperatura de transición vítrea (T_g)–. Adicionalmente, su procesamiento requiere una formulación química, de la cual dependen las propiedades finales de la pieza de polímero. Dado que estos materiales requieren aditivos para ser utilizados en la fabricación de piezas terminadas –con morfología estable y propiedades físicas uniformes–, su procesamiento se lleva a cabo con una mayor cantidad de pasos y equipos, con respecto a los plásticos

³³ Departamento de Ingeniería Química y Ambiental, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia. e-mail: srhozmanm@unal.edu.co.

³⁴ Departamento de Ingeniería Mecánica y Mecatrónica, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia. email: msucerquiao@unal.edu.co



(Friedenthal, 2004). Para la elaboración de piezas elastoméricas las etapas de mezclado y laminado, previas a la conformación de la pieza final son imprescindibles. En este documento se realiza una breve introducción a los materiales elastoméricos, resaltando los polímeros comprendidos dentro de estos materiales, los diferentes mezcladores que se utilizan a nivel industrial (Banbury, Kneader y mezclador abierto; Friedenthal, 2004) y los diferentes aditivos comprendidos dentro de las formulaciones de caucho –elastómeros, plastificantes, reforzantes, azufre, sistema de vulcanización, antioxidantes, antiozonantes, activadores y agentes de mejora de pegajosidad– (Struktol, 2010; Friedenthal, 2004).

Palabras clave: Polímeros, Elastómeros, Caucho, Aditivos, Formulaciones

Referencias

- Friedenthal, E. (2004). *Tecnología Básica del caucho*. Buenos Aires, Argentina.
- Nocil Limited. (s.f). Vulcanization & Accelerators.
- Struktol. (2004). *Plasticizers*. Struktol. Stow, OH: Struktol. Recuperado el 2017.
- Struktol. (2010). *Compounding Guide*. Hamburgo, Alemania: Schill & Seilacher.
- Tecnología de los plásticos. (2011). *Esquemas - extrusoras*. Recuperado el 27 de 11 de 2016, Recuperado de <http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com.co/2011/05/esquemas-extrusoras.html>

PLASTIFICACIÓN DEL POLIESTIRENO (PS) POR MEDIO DE OLEÍNA DE PALMA

Santiago Fajardo³⁵, Jairo Perilla³⁶

Resumen

La plastificación natural de polímeros se ha estudiado recientemente para polímeros como el polipropileno, el poli (cloruro de vinilo), y los copolímeros de etileno-acetato de vinilo, en los que se utilizaron diferentes tipos de aceites vegetales epoxidados, para la reducción de la temperatura de transición vítrea T_g [1-5]. El propósito del estudio es determinar el cambio de la T_g en función del %p/p OP, y a su vez, el comportamiento de la capacidad calorífica (ΔC_p) aumentando la T_g . Este cambio se puede ajustar mediante el modelo planteado por Fox. Se desarrollaron películas mediante la técnica solvent-casting, las cuales fueron medidas por calorimetría diferencial de barrido DSC. Como resultado se obtuvo un T_g desde 86,26°C hasta 56,18°C, con un contenido de 15 % de OP, en los experimentos se muestra una doble transición vítrea, donde se observa una separación de fases dentro del material evaluado, con un T_g de 30,73°C y 37,41°C con 15 % y 10 %, respectivamente.

³⁵ Maestría en ingeniería de Materiales y Procesos, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá D.C., Colombia. e-mail: sfajardor@unal.edu.co.

³⁶ Departamento de Ingeniería Química y Ambiental, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia.

El cambio más alto se pudo observar en la temperatura alrededor de 86°C, con una ΔC_p de 0,378J/Kg, esta relación de calor se asocia a la proporción PS/OP de 98/2.

Palabras clave: Poliestireno, Oleina de palma, Calorimetría diferencial de barrido DSC, Ecuación de Fox.

Referencias

- Brandrup, J. (1998). *Polymer Handbook*. Wiesbaden: A. ABE.
- Fernández, J. y E. M.-V. (2013). Synthesis and characterization of poly (L-lactide/ ϵ -caprolactone) statistical copolymers with well resolved chain microstructures. *Polymer*, 54(11), 2621-2631.
- J.E. Martín-Alfonso, J. F. (2014). Ethylene-vinyl acetate copolymer (EVA)/sunflower vegetable oil polymer gels: Influence of vinyl acetate content. *Polymer Testing*, 37, 78-85.
- Mohammed, A. & Mekewi, A. M. (2017). Preparation and characterization of polyurethane plasticizer for flexible packaging applications: Natural oils affirmed access. *Egyptian Journal of Petroleum*, 26(1), 1-6.
- Wypych, G. (2017). *Handbook of Plasticizers*. En G. Wypych, Handbook of Plasticizers. Toronto.
- Xuping Wang, Q. T. (2015). A mechanistic study into the epoxidation of carboxylic acid and alkene in a mono, di-acylglycerol lipase. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 460(2), 392-396.

POLÍMEROS PARA REGENERACIÓN DE TEJIDOS

Lina Marcela Serrano Vega³⁷, Daniela Marcela Vásquez Barberi³⁸

Resumen

Actualmente, se ha recurrido al diseño y caracterización de nuevos materiales para ayudar a la regeneración de tejidos en el cuerpo humano. Se ha encontrado que las matrices poliméricas podían estimular la regeneración de tejidos con tamaños y formas definidas. El tejido óseo es uno de los tejidos que tiene una regeneración más sencilla, por esta razón cuando se genera una fractura, si los huesos se acomodan correctamente estos vuelven a soldarse. Aun así, cuando se producen fracturas traumáticas o en ciertas patologías óseas, como la osteonecrosis, el tejido óseo no es capaz de regenerarse por sí mismo. En estos casos, se requiere un injerto óseo o un sustituto sintético para promover la reparación en el hueso. Aunque el mejor sustituto óseo es el propio hueso, existen problemas asociados al uso de injertos óseos, como la insuficiente cantidad de tejido disponible o el riesgo de transmisión de enfermedades. Estas limitaciones han propiciado el desarrollo de materiales sintéticos que reemplacen el tejido óseo dañado, dentro de estos llamados «biomateriales» se han encontrado algunos polímeros como el

³⁷ Departamento de Ingeniería Química y Ambiental, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia. e-mail: limserranove@unal.edu.co

³⁸ Departamento de Ingeniería Química y Ambiental, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia. email: dmvasquezb@unal.edu.co

ácido poliláctico (PLA), el cual presenta buenas propiedades mecánicas, biocompatibilidad y biodegradabilidad, por lo cual se considera un polímero de interés industrial y médico. Además de su uso para implantes óseos, otras de sus aplicaciones en la medicina incluyen hilo de sutura, implantes, capsulas para la liberación de fármacos, prótesis, entre otros.

En el artículo Implantación de un relleno de ácido poliláctico para regeneración ósea, se realizaron algunas pruebas para ocho muestras de PLA. En primer lugar, se llevó a cabo la caracterización química del relleno mediante espectroscopía infrarroja (FTIR), principalmente para controlar la polimerización del ácido láctico. Adicionalmente se determinó el peso molecular por viscosimetría, en donde se espera que los pesos obtenidos entre 1645 y 8538 g/mol presenten un comportamiento degradativo favorable en el cuerpo humano, puesto que, para la fabricación de matrices de relleno óseo, se sabe que no se requiere alta resistencia mecánica (PROIKAKIS, 2002). Se realizó, además, la caracterización térmica mediante calorimetría diferencial de barrido (DSC), en donde se determinaron los puntos de fusión y transición vítrea de las muestras, y el análisis termogravimétrico (TGA), para observar la pérdida de masa de cada una de las muestras, esta caracterización térmica se realizó principalmente para las muestras 3, 4, 5 y 6, las cuales presentaron mayores y menores pesos moleculares.

Posteriormente, se realizó la evaluación de la degradación hidrolítica, la cual se realiza para determinar la resistencia que presenta el polímero al ser atacado por medio de su pH, pérdida de masa y porcentaje de hinchamiento, –estas pruebas se realizaron sobre las muestras 5 y 6 ya que su temperatura de moldeo era cercana a la esperada, 42°C–.

Por último, se realizó la implantación, análisis del tiempo de degradación y observación de la evolución de la absorción del PLA y se obtuvo que el ácido poliláctico es un polímero biodegradable adecuado para su utilización como material de implante que promueve la regeneración ósea.

Otros artículos como Injertos sustitutos no óseos, realizado por estudiantes de la Universidad Complutense de Madrid, analizan el comportamiento del ácido poliláctico para ser usado en implantología oral, obteniendo como resultado la confirmación de la capacidad osteoconductor en procesos reparativos óseos y encontrando además, que pueden actuar como barrera del proceso fisiológico de autorremodelación ósea al requerir un tiempo de reabsorción demasiado largo.

Palabras clave: Ácido poliláctico (PLA), Regeneración ósea, Biodegradable, Biocompatible, Implantación.

Referencias

- Marín Ruiz, M., San Hipólito Marín, L., Belarra Arenas, C., Martín Gómez, F. & Martínez-González, J.M. (2009). Injertos sustitutos no óseos: Aportaciones del ácido poliláctico y poliglicólico. *Avances en Periodoncia e Implantología Oral* 21(1), 45-52.
- Proikakis, C.S., Tarantili, P.A, Andreopoulos, A.G. (2002). *Synthesis and Characterization of Low Molecular Weight Polylactic Acid*. National Technical University of Athens. *Journal of Elastomers & Plastics*. 34(1), 49-63
- Solís Caicedo, Y., Betancur Salazar, C., Zuluaga Corrales, H., & Valencia Llano, C. (2009). *Implantación de un Relleno de Ácido Poliláctico para Regeneración Ósea*. *Informador Técnico*, 73, 6-15. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/3306216.pdf>.

CATALIZADORES ZIEGLER-NATTA DE CUARTA GENERACIÓN EN LA POLIMERIZACIÓN DE PROPILENO: PRECURSORES DE SITIOS ACTIVOS

Jefferson López³⁹, Carolina Ochoa⁴⁰

Resumen

Un catalizador para la polimerización de olefinas, debe tener alta actividad de polimerización, controlar adecuadamente la tacticidad, generar polímeros con morfología adecuada, densidad suficiente y una estrecha distribución de tamaños de partícula y de bajo costo. En 1963 el premio nobel de química fue otorgado a Giulio Natta y Karl Ziegler al generar catalizadores organometálicos –Ziegler– y estereorregulares –Natta– para producir poliolefinas. Estos sistemas son conocidos como Catalizadores Ziegler-Natta.

En general, los catalizadores Ziegler-Natta requieren de un alquilmetal –grupos del I a III– y una sal de metal de transición –Ti, V, Cr, Co o Ni– para que reaccionen en una atmósfera inerte; el más común es $TiCl_3$ y $Al(C_2H_5)_2Cl$. El $TiCl_3$ presenta forma hexagonal con estructura octaédrica y en la superficie del cristal el Ti presenta vacancia para 1–propagación– o 2 –iniciación– átomos ($TiCl_4$) dado que sólo está rodeado por 5 o 4 átomos

³⁹ Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Colombia. Sede Bogotá. Colombia.
e-mail: jrlopezf@unal.edu.co

⁴⁰ Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia.
email: clochoap@unal.edu.co

de Cl. Durante la polimerización el cloruro de dietilaluminio dona uno de sus grupos etil al titanio, perdiendo un átomo de cloro en el proceso y dejando un orbital vacío, a su vez permitiendo que el propileno se enlace con 2 electrones pi –iniciación–. Lo anterior corresponde a los catalizadores Ziegler - Natta de primera generación y hasta el momento se han establecido hasta 5 generaciones de catalizadores Ziegler Natta, en los que se busca mayor estéreo-especificidad para generar polipropileno isotáctico, mediante la modificación de donadores, cocatalizadores y soportes.

Los sistemas catalíticos convencionales o de cuarta generación utilizan catalizadores de titanio ($TiCl_4$) soportados sobre $MgCl_2$ esférico, con un trialkilaluminio como cocatalizador, y bases de Lewis como donadores de electrones para tener un control morfológico del polímero, formando polipropileno de alta tacticidad (98 %). Además, muestran un aumento de actividad que evita procesos para remoción del catalizador. Estas bases de Lewis llevan a la formación de diferentes complejos químicos. Los donadores internos (ID) aumentan el área superficial del soporte $MgCl_2$ evitando aglomeraciones e impidiendo que existan enlaces coordinados en las aristas del soporte donde centros no-estereoespecíficos son producidos.

El tipo de interacción que puede generar el soporte con el catalizador es base para muchos estudios, debido a que los enlaces o interacciones producidas entre sí son precursores de los sitios activos para iniciar la polimerización. Potapova (2017), buscó vincular la migración de los compuestos del metal de transición presentes en un catalizador previamente formado hacia uno nuevo, es decir, observar las afinidades químicas de esta sustancia basándose en el hecho de que es el precursor de los sitios activos del catalizador Ziegler- Natta de cuarta generación, utilizado para la fabricación de polipropileno.

Un reactor de polimerización de acero inoxidable fue necesario para mezclar el catalizador activado en suspensión ($TiCl_4$) con el donante interno (ID) a condiciones de vacío, $80^\circ C$ y durante 1,5 horas. Utilizó una corriente de argón y un soporte previamente elaborado, para iniciar la polimerización del propileno por alrededor de 10 min con agitación y a temperatura ambiente. Obtuvo polvo del polímero con una distribución de partículas regulares e irregulares vinculando este comportamiento a la estructura de los catalizadores generados en la experimentación. Por último, los compuestos de titanio ligeramente unidos al soporte son moléculas de $TiCl_4$ capaces de migrar dentro y fuera de las partículas de los catalizadores, mientras que los compuestos de titanio fuertemente unidos al soporte generan menores rendimientos en la producción de la olefina al no poseer interacción alguna con el cocatalizador y no ser precursor de sitios activos.

Palabras claves: Polipropileno, Catalizador Ziegler - Natta, $MgCl_2$, Cocatalizador, Olefina.

Referencias

- Arranz, J., Benavente, R., Blázquez, E., Campos, J., Caveda, S., Cerrada, M., Failla, M., Galland, G., González, D., Guapacha, J., Gutiérrez, O., López, J., Lorenzo, V., Lourenço, J., Martínez, J., Ochoa, A., Ulagares de la Orden, M., Palza, H., Pereña, J., Pérez, E., Quijada, R., Quinzani, L., Rosario, M. & Vallés, E. (2016). *Desarrollo Sostenible de la Industria del Polipropileno: Propiedades controladas a medida y optimización del consumo energético y de la degradación*. Madrid, España: Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el desarrollo CYTED.
- Mathias, L. J. (2016). *Ziegler - Natta Vinyl Polymerization*. University of Southern Mississippi: The Macrogalleria. Recuperado de <http://pslc.ws/macrog/ziegler.htm>
- Potapova, A.G. (2017). Titanium-magnesium Ziegler-Natta catalysts: new insight on the active sites precursor. *Journal Elsevier Molecular Catalysis*, 432, 155-159.

EXTRUSIÓN DE POLÍMEROS: TECNOLOGÍA Y APLICACIÓN

David Hernández⁴¹, Erick Conde⁴².

Resumen

En los últimos años, el uso de materiales poliméricos ha sido uno de los avances más importantes en la ingeniería de materiales, permitiendo mejorar, innovar y crear nuevos productos y aplicaciones que no se podían obtener anteriormente. Algunas de sus características más importantes son: bajo costo, buenas propiedades mecánicas con respecto a su densidad y baja conductividad térmica y eléctrica –en su mayoría–. Junto con el avance de estos materiales se han desarrollado varios métodos de procesamiento, entre ellos la extrusión.

En el proceso de extrusión se funde el material, luego es forzado a pasar por un dado que define su geometría y finalmente es enfriado. En general, una máquina extrusora cuenta con un motor, una caja reductora, una tolva que permite la entrada de material, un cilindro que funciona como cámara de calentamiento y bombeo y, un tornillo extrusor –en algunas aplicaciones dos– que se encarga de transportar y mezclar el material. Además, debido a los esfuerzos cortantes que induce, también contribuye en

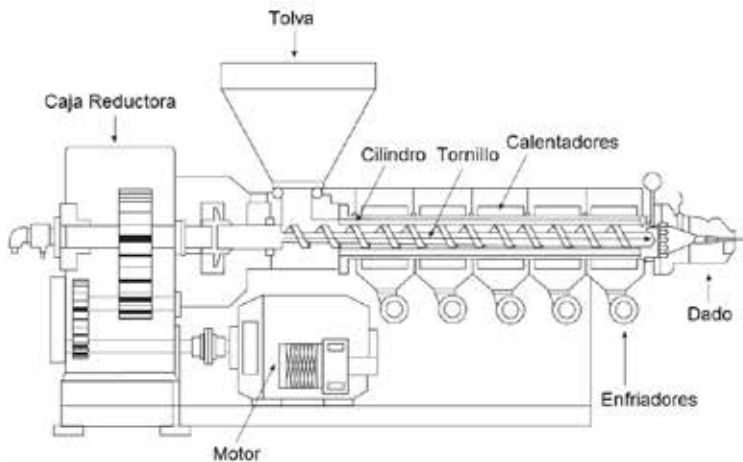
⁴¹ Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia.
e-mail: davhernandezari@unal.edu.co

⁴² Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia.
email: eecondeor@unal.edu.co



el aumento de la temperatura, calentadores y enfriadores que se encargan de controlar la temperatura y un dado (Goff & Whelan, s.f.) (Figura1).

Figura 1. Esquema de la máquina extrusora.



Fuente: Adaptación de Goff & Whelan, s.f.

La extrusión permite producir piezas de sección transversal constante y longitud variable a gran escala, bajo costo y de manera continua. Entre los productos de extrusión se encuentran las películas, láminas, tubos, cables aislantes, perfiles, hilos y materia prima de otros procesos.

Por otro lado, la eficiencia energética oscila entre 45 % y 85 % y se ve afectada principalmente, por la velocidad del tornillo (Abeykoon, et al., 2014).

Palabras clave: Extrusión, Polímero.

Referencias

Abeykoon, C., Kelly, A. L., Brown, E. C., Vera-Sorroche, J., Coates, P., Harkin-Jones, E. & Price, M. (2014). Investigation of the process energy demand in polymer extrusion: A brief review and an experimental study. Elsevier. *Applied Energy* 136, 726-737.

Goff, J., & Whelan, T. (s.f.). *The Dynisco Extrusion Processors Handbook*. 2da Ed. D. DeLaney, Ed. Dynisco Franklin, MA.



METODOLOGÍA PARA LA ELABORACIÓN DE POLÍMEROS DE PRECISIÓN EMPLEANDO LA LÓGICA CONCEPTUAL DE DISEÑO DE LA BIOLOGÍA SINTÉTICA

Juan Riveros⁴³, Eliana Torres⁴⁴, Mónica Piracoca⁴⁵

Resumen

Los materiales que proporcionan una respuesta a las exigentes necesidades del mundo moderno, idealmente deben ser abundantes, prácticos y procesables. Los polímeros han sido ampliamente utilizados en las tecnologías humanas a través de la historia, porque cumplen estos criterios. Pero los materiales modernos necesitan exhibir propiedades cada vez más sofisticadas, que no siempre se pueden alcanzar con las tecnologías de manufactura actual. Aunque el campo de la química de polímeros permite la síntesis de macromoléculas bien definidas con composición controlada, son los llamados «polímeros de precisión», con estructuras y propiedades especializadas, los que pueden ser diseñados para aplicaciones modernas.

⁴³ Departamento de Ingeniería Química y Ambiental, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia. e-mail: jcriveros@unal.edu.co.

⁴⁴ Departamento de Ingeniería Química y Ambiental, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia. email: ektorresm@unal.edu.co

⁴⁵ Departamento de Ingeniería Química y Ambiental, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia. email: mjpiracocar@unal.edu.co

Estos polímeros se someten a una auto organización programada y permiten la preparación de materia blanda compleja artificial, es decir, materia controlada a escala molecular que posee secuencia precisa de monómeros y topología. Se muestra aquí la propuesta de una metodología para la formulación y construcción de polímeros de precisión empleando los métodos racionales y sistemáticos de la biología sintética, dada su capacidad conceptual para la construcción de componentes enzimáticos, circuitos genéticos, rutas metabólicas, que son modelados y personalizados para lograr un comportamiento específico de los biobricks® resultantes. Esta disciplina, al estar fundamentada en metodologías de la ingeniería, tiene un fuerte enfoque en escalabilidad de la tecnología, optimización y funcionalidad, características que la posicionan con gran potencial para generar soluciones comerciales para la industria de los polímeros.

Palabras clave: Polímeros de precisión, Biología Sintética, Diseño racional, Metodología de diseño de polímeros.

Referencias

- Giese, B. (Ed.). (2015). *Synthetic Biology. Character and impact*. Springer. Breme, Alemania.
- Lutz, J. F., Lehn, J. M., Meijer, E.W. & Matyjaszewski, K. (2016). From precision polymers to complex materials and systems. *Nature Review: materials* 1, 1-10.
- Zheng, Y., Tien, H., Wei, T., Wu, X.-L., Mezger, M., Yan, S., Landfester, K., Wagener, K., Wurm, F. & Lieberwirth, I. (2016). Morphology and thermal properties of precision polymers. *Journal of American Chemical Society* 49 (4), 1321–1330.

RETROGRADACIÓN DEL ALMIDÓN

Laura Aguilera⁴⁶

Resumen

Los principales componentes del almidón son la amilosa y la amilopectina, además de estos también está compuesto por lípidos y proteínas. El radio en que se encuentran la amilosa y la amilopectina en el almidón depende en gran medida de la fuente de la que se obtenga y puede alterar significativamente las propiedades del polímero. Por esto se considera que el granulo de almidón tiene una estructura con partes amorfas y cristalinas; en las partes amorfas se localiza la mayor parte de la amilosa y en las partes cristalinas predomina la amilopectina.

El almidón, debido a su estructura granular, no es realmente termoplástico, pero se puede volver una solución polimérica si se mezcla con suficiente plastificante. Un almidón plastificado es esencialmente un almidón que ha sido modificado por la adición de plastificantes para permitir su procesamiento. Cuando se adiciona el plastificante –normalmente agua u otros solutos de bajo peso molecular– a temperatura ambiente, el almidón mantiene su estructura granular, cuando se aumenta la temperatura del plastificante el granulo se hincha, este proceso se conoce como gelatinización; en este se da una redistribución de los puentes de hidrógeno entre las cadenas, formando dichos puentes entre el almidón y el plastificante, aumentando la distancia entre sus cadenas, esto hace que se reduzca la temperatura de transición vítrea y el grado de cristalinidad del almidón.

⁴⁶ Departamento de Ingeniería Química y Ambiental, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia. e-mail: laguileras@unal.edu.co.

Al enfriarse, el almidón comienza a perder lentamente el agua y otras moléculas, debido a esto las moléculas lineares de amilosa y las partes lineales de la amilopectina tienden a reorganizarse en una estructura más cristalina, este proceso es conocido como retrogradación. La retrogradación del almidón es un proceso en el que las cadenas desorganizadas de amilosa y amilopectina en un gel de almidón gelatinizado se re-asocian para formar estructuras más ordenadas, esto se manifiesta como una mayor firmeza y recristalización de los geles de almidón gelatinizado.

La retrogradación es causada principalmente por los cambios en la estructura de la amilopectina, ya que afecta las propiedades estructurales y reológicas del almidón; también existen otras variables que pueden afectar este fenómeno como la proporción amilopectina/amilosa, el contenido de agua, la temperatura de almacenamiento, los plastificantes, entre otros. Dado que la retrogradación es un proceso complejo que se ve afectado por muchos factores, para comprender mejor el efecto de la retrogradación del almidón, se deben estudiar ampliamente los métodos de medición y los factores que influyen en esta. En este trabajo se realiza una revisión del proceso de retrogradación del almidón –sus mecanismos moleculares, como la naturaleza del almidón y otros factores influyentes– y sus métodos de medición.

Palabras clave: Retrogradación, Almidón, Amilosa, Amilopectina, Métodos de medición.

Agradecimientos: Los autores agradecen al departamento de Ingeniería Química y a la financiación parcial bajo el proyecto 37454 de la Universidad Nacional de Colombia.

Referencias

- BeMiller, J. & Whistler, R. (2009). *Starch: Chemistry and technology*. USA: Academic Press.
- Gudmundsson, M. (1994). Retrogradation of starch and the role of its components. *Termochimica acta*, 246, 329- 341.
- Karim, A. Norziah, M. & Seow, C. (2000). Methods for the study of starch retrogradation. *Food Chemistry*, 71, 9-36.
- Miles, M., Morris, V., Orford, P. & Ring, S. (1985). *Carbohydrate research*, 135, 271- 281.
- Ottenhof, M. & Farhat, A. (2013). Starch Retrogradation. *Biotechnology and genetic engineering reviews*, 21, 215-228.
- Wang, S., Li, C., Copeland, L., Niu, Q. & Wang, S. (2015). Starch retrogradation: A comprehensive review. *Comprehensive reviews in food science and food safety*, 14, 568- 585.

EFECTO DEL ÁCIDO CÍTRICO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE PELÍCULAS BASADAS EN ALMIDÓN DE ACHIRA

Liliana Ávila-Martín⁴⁷, Jairo E. Perilla⁴⁸

Resumen

Este trabajo muestra el efecto de diferentes porcentajes de ácido cítrico (AC) sobre las propiedades mecánicas de resistencia a la tracción (RS) y elongación a la rotura (% E) de películas de almidón achira. Para mejorar propiedades como mayor resistencia mecánica, elasticidad, flexibilidad y de barrera, se han realizado modificaciones físicas y químicas del almidón, y/o preparado de mezclas con diferentes polialcoholes, proteínas, lípidos y polímeros tanto sintéticos como naturales. A pesar de los estudios realizados, el almidón termoplástico aún presenta desventajas frente a los polímeros plásticos convencionales, tales como elongación y propiedades de barrera reducidas debido a su semicristalinidad y rápida retrogradación, es decir, la tendencia a reorganizar los puentes de hidrógeno y reorientar las cadenas moleculares al estado semicristalino inicial, desalojando los plastificantes. Esto limita algunas aplicaciones tales como empaque (Jiménez, Fabra, Talens, & Chiralt, 2012; Molavi, Behfar, Shariati, Kaviani, & Atarod, 2015),

⁴⁷ Maestría en Materiales y procesos. Departamento de Ingeniería Mecánica y Mecatrónica, Universidad Nacional de Colombia Bogotá, Colombia. e-mail: lavilam@unal.edu.co

⁴⁸ Departamento de Ingeniería Química y Ambiental, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.



por lo que es necesario continuar buscando alternativas de procesamiento y aditivos. Debe considerarse además, que dependiendo del origen botánico del almidón cambian algunas de sus propiedades, razón para que el estudio de películas basados en almidones de plantas subutilizadas como es el caso de la achira (*Canna Indica L.*) (Andrade Mahecha, Tapia- Blácido, & Menegalli, 2011), resulte de gran importancia.

El entrecruzamiento es un método común para mejorar las propiedades de películas de almidón; mediante la acetilación con ácidos orgánicos se han presentado resultados prometedores (Henriette M.C. Azeredo, 2016), por lo que en este estudio se utiliza ácido cítrico para modificar el almidón de Achira. Mediante la técnica Solvent casting, se prepararon cuatro grupos de muestras con concentraciones de 0, 1, 2 y 3 % p/p de AC con respecto a la solución filogénica (almidón, glicerol y agua). La modificación química se comprobó mediante FTIR. Las propiedades mecánicas RS y % E fueron determinadas mediante la prueba de esfuerzo mecánico. El resultado muestra que la concentración más favorable para obtener una relación entre RS y % E es la correspondiente al 1 %, porcentajes mayores, aunque producen un aumento en el porcentaje de elongación, disminuyen la resistencia a la tracción.

Palabras clave: Película de almidón, Ácido cítrico, Esfuerzo de tracción, Elongación a la rotura.

Agradecimientos: Los autores agradecen al departamento de Ingeniería Química y a la financiación parcial bajo el proyecto 37454 de la Universidad Nacional de Colombia.

Referencias

- Andrade Mahecha, M. M., Tapia-Blácido, D. R., & Menegalli, F. C. (2011). Development and optimization of biodegradable films based on achira flour. *Carbohydrate Polymers*, 88(2), 449–458. doi:10.1016/j.carbpol.2011.12.024.
- Henriette, M.C. & Azeredo, K. W. (2016). Crosslinking in polysaccharide and protein films and coatings for food contact. A review. *Trends in Food Science & Technology* 52, 109-122. doi:10.1016/j.tifs.2016.04.008.
- Jiménez, A., Fabra, M., Talens, P., & Chiralt, A. (2012). Edible and Biodegradable Starch Films: A Review. *Food Bioprocess Technol* (5), 2058–2076. doi:DOI 10.1007/s11947-012-0835-4.
- Molavi, H., Behfar, S., Shariati, M., Kaviani, M., & Atarod, S. (2015). A review on biodegradable starch based film. *The Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences* 5(4), 456-461. doi:10.15414/jmbfs.2015.4.5.456-461.



TECNOLOGÍA APLICADA EN MOLDEO ROTACIONAL

Edwin Gil⁴⁹, Leidy Tibaquicha²

Resumen

El moldeo rotacional es el proceso de transformación del plástico, empleado para producir piezas huecas. Se vierte plástico en polvo o líquido dentro de un molde y luego se hace girar en distintas direcciones mientras este se calienta. El material se va fundiendo mientras se distribuye y adhiere en toda la superficie interna, finalmente el molde se enfría para permitir la extracción de la pieza terminada.

Los materiales usados son termoplásticos, dentro de los cuales los más comunes son Polietileno de Alta Densidad, Polivinilo Clorado en su presentación como Plastisol y Poliamida. Además, los materiales generalmente empleados para la elaboración de los moldes son la lámina negra y el acero inoxidable o aluminio. Es necesario ratificar que este proceso genera representativas ventajas como:

- Bajo costo en la elaboración de moldes y maquinaria.
- Reducción de tiempo en las etapas de diseño y fabricación, a razón de que en el mismo equipo y en el mismo ciclo se puede trabajar con moldes de diferentes tamaños y formas.

⁴⁹ Departamento de Ingeniería Química y Ambiental, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia. e-mail: ejgilp@unal.edu.co.

Aunque es un proceso de conformado de polímeros innovador, se pueden presentar algunos inconvenientes como:

- El elevado costo de la materia prima.
- Los ciclos; la etapa de carga y descarga son relativamente largas, debido a que los moldes se precalientan desde temperatura ambiente hasta llegar a la temperatura deseada.

Dependiendo de la tecnología y medio aplicado se clasifica en: *Clamshell*, *Carrusel*, *Shuttle* y *Rock and Roll*, cada una presenta un ciclo de trabajo diferente dependiendo hacia qué pieza o resultado final esté enfocado.

Palabras clave: Moldeo, Rotacional, Tecnología, Materiales, Aplicaciones.

Referencias

R.J. Crawford. (1996). *Rotational Moulding of Plastics*. New York: John WILEY & Sons. Inc.

C.I. Martins. (2011). *Rotational Moulding*. Portugal: Universidad de Minho.



EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE NANOCOMPUESTOS POLIMÉRICOS DE ÁCIDO POLI-L-LÁCTICO PARA SU USO EN REGENERACIÓN DE TEJIDOS ÓSEOS

Jerson S. Bejarano⁵⁰, Sandra M. Vargas⁵¹

Resumen

Los nanocompuestos poliméricos son materiales de alto rendimiento los cuales están conformados por una matriz polimérica y una fase dispersa de dimensiones nanométricas (Roy et al., 1986). Sus propiedades térmicas y mecánicas son significativamente mejores que las de la matriz polimérica y por lo tanto, tienen diferentes aplicaciones, entre ellas la reconstrucción de tejidos lesionados, enfermos o envejecidos, el cual es considerado uno de los campos de investigación más prometedores. En la ingeniería de tejidos, las matrices de biomateriales poliméricos biodegradables han cobrado gran importancia en los últimos años, ya que el cuerpo humano los absorbe gradualmente, no retienen permanentemente trazas de residuos en los sitios de implantación y algunos de estos biopolímeros son capaces

⁵⁰ Departamento de Ingeniería Química, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.
e-mail: jsbejaranos@unal.edu.co.

⁵¹ Departamento de Ingeniería Química y Ambiental, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia. email: smvargas@unal.edu.co

de regenerar tejidos a través de la interacción de su biodegradación con células inmunológicas.

El ácido poli-L-láctico (PLLA) tiene un mayor tiempo de degradación y una temperatura de fusión baja cuando se compara con otros derivados de ácido lácticos biodegradables y actúa como aglutinante durante la operación de sinterización, lo que mejora las propiedades mecánicas de los implantes, los cuales deben combinar resistencia mecánica con biocompatibilidad (Elnashar, 2010). Por tanto, en este trabajo se compararán el módulo elástico, la resistencia a la tracción, el % de elongación a la rotura, el módulo de Young, el módulo de tracción y la temperatura de transición vítrea de PLLA/triclosan/HA, PLLA/Celulosa/HA/SDS, PLLA/MMT, PDLLA/PCL, PLLA/PDLA/G y PLLA/MWCNT/TFC a diferentes composiciones, con el fin de evaluar cuál nanocompuesto tiene un mayor potencial como implante óseo.

Palabras clave: Nanocompuestos poliméricos, tejido óseo, PLLA, biodegradable.

Referencias

- Davachi, S. M., Kaffashi, B., Torabinejad, B., Zamanian, A., Seyfi, J., & Hejazi, I. (2016). Investigating thermal, mechanical and rheological properties of novel antibacterial hybrid nanocomposites based on PLLA/triclosan/nanohydroxyapatite. *Polymer*, 40, 232-241.
- Esmailzadeh, J., Hesarak, S., Hadavi, S. M.-M., Ebrahimzadeh, M. H., & Esfandeh, M. (2017). Poly (D/L) lactide/polycaprolactone/bioactive glasses nanocomposites materials for anterior cruciate ligament reconstruction screws: The effect of glass surface functionalization on mechanical properties and cell behaviors. *Materials Science and Engineering*, 71, 978-989.

- Girdthep, S., Sankong, W., Pongmalee, A., Saelee, T., Punyodom, W., Meepowpan, P. & Wo, P. (2017). Enhanced crystallization, thermal properties, and hydrolysis resistance of poly(L-lactic acid) and its stereocomplex by incorporation of graphene nanoplatelets. *Polymer Testing*, 61, 229-239.
- Kim, H.-S., Kwon, H. I., Kwon, S.-M., Yun, Y. S., Yoon, J.-S., & Jin, H.-J. (2010). Electrical and Mechanical Properties of Poly (L-lactide)/Carbon Nanotubes/Clay Nanocomposites. *Journal of Nanoscience and Nanotechnology*, 10(5), 3576-3580.
- Lee, J. H., Park, T. G., Parka, H. S., Leea, D. S., & Leec, Y. K. (2003). Thermal and mechanical characteristics of poly (l-lactic acid). *Biomaterials*, 24(16), 2773-2778.
- M. M. (2010). Elnashar, *Biopolymers*. Sciyo. INTECH, Rijeka, Croacia.
- Magdy E. (2010). Low-Cost Foods and Drugs Using Immobilized Enzymes on Biopolymers, *Biopolymers*, Magdy Elnashar (Ed.), InTech, DOI: 10.5772/10255. Recuperado de: <https://www.intechopen.com/books/biopolymers/low-cost-foods-and-drugs-using-immobilized-enzymes-on-biopolymers>.
- Roy, R., Roy, R. A. & Roy, D. M. (1986). Alternative perspectives on “quasi-crystallinity”: non-uniformity and nanocomposites. *Materials Letters* 4(8-9), 323-328.

PVC: PROPIEDADES, APLICACIONES Y ASPECTOS AMBIENTALES

Juan D. Cortés⁵²

Resumen

En la vida cotidiana actual encontramos y utilizamos una gran cantidad de polímeros sintéticos, entre los que se destaca el policloruro de vinilo, comúnmente conocido como PVC, que es un polímero amorfo de estructura rígida debido a la atracción producida por los átomos de cloro en la cadena principal, y que combinado con algunos aditamentos puede llegar a ser flexible. Se trata de un muy buen aislante térmico y eléctrico, y tiene excelentes propiedades mecánicas, lo que facilita su uso; como es un material inerte y de bajo costo, es utilizado casi de forma generalizada como material de construcción –tuberías, pisos, paredes, etc.–, en la fabricación de envases –botellas, alimentos, fármacos, etc.– y en la producción de accesorios manufacturados –piezas para muebles, etc.–.

Dado que el PVC es uno de los polímeros más usados en el mundo, existen grandes cantidades de residuos post-consumo de este material, pues a pesar de que existen muchas técnicas para reciclarlo su recolección es muy difícil, ya que está presente de muchas formas, por lo que la falta de programas adecuados para la recolección de residuos facilita que llegue a los depósitos sanitarios donde, a pesar de ser inerte y no producir ácido

⁵² Departamento de Ingeniería Química y Ambiental, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia. e-mail: jdcortesb@unal.edu.co.

clorhídrico o trazas del mismo monómero –cloruro de vinilo–, es resistente a la degradación y al envejecimiento. Debido a esto muchos países han optado por el uso moderado de PVC y la aplicación de programas para reciclar este tipo de polímeros.

Palabras clave: PVC, Polímero, Propiedades, Ambiente, Residuos.

Referencias

Anon, (s.f.). *Estudio y ensayo*. Recuperado de <https://estudioyensayo.files.wordpress.com/2008/11/pvc.pdf>.

Sierra, M., J., Noriega, E., M., Blanco, P., M. and Cardona, J., E. (2010). *Efecto de plastificantes y aditivos de origen natural en las propiedades geológicas, térmicas y mecánicas del PVC*. Conferencia Andina PVC y sustentabilidad. Recuperado de <http://www.foroandinopvc.org.co/conferencia2010/memorias/Presentacion%20IV%20Foro%20Andino%20del%20PVC.pdf>

Tecnologiadelosplasticos.blogspot.com.co. (2017). *Reciclado de PVC*. Recuperado de <http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com.co/2012/10/reciclado-de-pvc.html>

Textoscientificos.com. (2017). *Usos y aplicaciones del PVC*. Recuperado de <https://www.textoscientificos.com/polimeros/pvc/ usos>

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (2004). *Principales procesos básicos de transformación de la industria plástica y manejo, aprovechamiento y disposición de residuos plásticos post-consumo*. pp. 17-18, 73-83. Bogotá, Colombia. Recuperado de http://www.siame.gov.co/siame/documentos/Guias_Ambientales/Gu%C3%ADas%20Resoluci%C3%B3n%201023%20del%2028%20de%20julio%20de%202005/INDUSTRIAL%20Y%20MANUFACTURERO/Guias%20ambientales%20sector%20pl%C3%A1sticos.pdf

Vinyl 2010: *Informe de avances*. (2005). p.4-5, 23-24. Recuperado de http://www.cepex.com/wp-content/uploads/dossier_informativo_pvc_reciclaje.pdf

POLÍMEROS CONJUGADOS USADOS COMO QUIMIOSENSORES ÓPTICOS EN LA DETECCIÓN DE EXPLOSIVOS

Harry Vargas⁵³, Harold Uribe⁵⁴, Wanner Barreto⁵⁵

Resumen

Los polímeros optoelectrónicos son ampliamente conocidos por su propiedad como transductores, ya que son capaces de convertir un estímulo químico en una señal óptica o eléctrica que es medible y cuantificable¹. Esta revisión bibliográfica tiene como objetivo explicar los fundamentos de los quimiosensores de tipo polimérico y dar a conocer sus principales aplicaciones, especialmente en la detección de explosivos mediante un método basado en el fenómeno de fluorescencia. Los polímeros conjugados presentan un fenómeno de deslocalización electrónica debido a la presencia de orbitales pi solapados, esta deslocalización promueve la luminiscencia haciéndola eficiente y de intensidad suficiente para ser aprovechada². El quenching es un proceso que disminuye la intensidad de la fluorescencia, los buenos aceptores de electrones pueden producir eficientemente esta disminución por transferencia electrónica fotoinducida³.

⁵³ Departamento de Química, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia.
email: hvargasr@unal.edu.co.

⁵⁴ Departamento de Química, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia.
email: hguriber@unal.edu.co

⁵⁵ Departamento de Química, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia.
email: webarretop@unal.edu.co



Sistemas como polifenilén-etileno (PPE) y polimetaloideos heterocíclicos, poseen excelentes propiedades luminiscentes. El efecto conocido como superquenching permite la detección de compuestos volátiles, este está directamente relacionado con la disminución del movimiento de excitones a lo largo del sistema conjugado. Muchos explosivos en su estructura química contienen grupos nitro, como nitroaromáticos, nitroaminas o nitratos, los cuales son grupos fuertemente electroaceptores. Actualmente, en el mercado existe un detector de 2,4-dinitrotolueno (DNT), llamado «Fido», que aprovecha la alta presión de vapor de este compuesto, que es el principal contaminante en el TNT. Éste último, es el mayor componente de las minas terrestres. El reto al que están sometidas las investigaciones recientes es a encontrar polímeros con propiedades deseables en estado sólido, que sean estables al fotoblanqueo, con alta sensibilidad y, de ser posible, selectividad; igualmente, se busca desarrollar una nueva forma de detectar otro tipo de explosivos, los cuales no contienen moléculas nitrobenzénicas³.

Palabras clave: Sensor químico, Fluorescencia, Explosivos, Polímero conjugado.

Referencias

- Cabriales R. (2004). Luminiscencia en polímeros semiconductores. *Ingenierías VII* (23), 12-16.
- Ostroverkhova, O. (2016). Organic Optoelectronic Materials: Mechanisms and Applications. *Chem. Rev.* 116, 13279-13412.
- Thomas III, S. W., Joly, G. D., & Swager, T. M. (2007). Chemical Sensors Based on Amplifying Fluorescent Conjugated Polymers. *Chem. Rev.* 107, 1339-1357.

PRODUCCIÓN DE PELÍCULAS DE ALMIDÓN TERMOPLÁSTICO (TPS) DE YUCA MEDIANTE TAPE CASTING

Santiago F. Castillo⁵⁶, David A. Medina⁵⁷, Jairo E. Perilla⁵⁸

Resumen

El estudio de nuevos materiales que permitan reemplazar a los polímeros provenientes del petróleo, cada vez cobra más fuerza en el ámbito investigativo, en el cual se busca desarrollar materiales con buenas propiedades de barrera y resistencia mecánica, con el fin de reemplazar los polímeros de producción masiva y así, reducir el impacto ambiental que conlleva su producción. Este trabajo busca estudiar las condiciones óptimas para el proceso de moldeo por extrusión de película plana mediante *Tape Casting*, para un biopolímero fabricado a partir de almidón termoplástico (TPS) de Yuca; los resultados obtenidos para la producción de películas fueron satisfactorios con lo que respecta a las propiedades mecánicas, las cuales mejoran proporcionalmente con el contenido de glicerina, la cual es usada como plastificante. El equipo se opera a una temperatura global de alimentación y secado de 60°C, la eficiencia del proceso de producción es relativamente baja, por lo

⁵⁶ Departamento de Ingeniería Química y Ambiental, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá D.C., Colombia. e-mail: sfcastilloe@hotmail.com.

⁵⁷ Departamento de Ingeniería Química y Ambiental, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia. email:daamedinaro@unal.edu.co

⁵⁸ Departamento de Ingeniería Química y Ambiental, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia. email: jeperillap@unal.edu.co

que se plantea realizar a futuro modificaciones tanto al TPS como al equipo, para mejorar las propiedades del material y la eficiencia del proceso respectivamente, con el fin de realizar un escalado para comparar la competitividad de este proceso en el mercado actual.

Palabras clave: Almidón termoplástico (TPS), Procesamiento de TPS, Tape casting.

Agradecimientos: Los autores agradecen al departamento de Ingeniería Química y a la financiación parcial bajo el proyecto 37454 de la Universidad Nacional de Colombia.

Referencias

Luna, G., Hector, V., & Velasco, R. (2009). ALMIDÓN TERMOPLÁSTICO DE YUCA REFORZADO CON FIBRA DE FIQUE: PRELIMINARES . *Dyna*, Vol 153, 1. Recuperado de: "<http://www.scielo.org.co/pdf/dyna/v76n159/a15v76n159.pdf>".

Villada, H., Acosta, H., & Velasco, R. (2008). Investigación de Almidones Termoplásticos, Precursores de Productos Biodegradables . *Información Tecnología*, Vol 19, 3 '14. Recuperado de: "<https://scielo.conicyt.cl/pdf/infotec/v19n2/art02.pdf>".

REDUCCIÓN DE CRECIMIENTO DE HIELO EN SUPERFICIES POLIMÉRICAS

Lucía Pérez⁵⁹, Juan D. Ortiz⁶⁰, Bibiana Raba⁶¹

Resumen

Uno de los mayores inconvenientes que presentan los aviones durante las temporadas de invierno es la formación de hielo en gran parte de su superficie. Este problema es especialmente importante en partes de la aeronave como los aerogeneradores y turbinas, debido a que son zonas que mantienen un claro contacto con el agua proveniente del aire húmedo. Generalmente, antes de cada despegue, se realiza un «deshielo» de la superficie del avión, mediante un líquido con alta concentración de glicol. Este líquido presenta una capacidad limitada para evitar que se forme más hielo y ayuda a asegurar un despegue seguro. Por otro lado, el desarrollo de superficies que eviten la formación de hielo también ha sido de gran interés. Estas son diseñadas con el fin de controlar espacialmente, los sitios de nucleación y temporalmente, el inicio de los eventos de congelación. Usualmente se utilizan compuestos de nanopartículas y polímeros capaces de repeler el hielo para el diseño de estas superficies (Cohen, Dotan, Dodiuk, & Kenig, 2016).

⁵⁹ Departamento de Ingeniería Química y Ambiental, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá D.C, Colombia. e-mail: lperezr@unal.edu.co.

⁶⁰ Departamento de Ingeniería Química y Ambiental, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia. email:judortizmo@unal.edu.co

⁶¹ Departamento de Ingeniería Química y Ambiental, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia. email: brabam@unal.edu.co

Por lo general, cuando se investiga el uso de materiales específicos para crear superficies que den solución al problema anteriormente mencionado, se tiene como objetivo principal conocer qué tipo de propiedades de la superficie se pueden manipular para minimizar el crecimiento de hielo sobre esta. Varios estudios se han realizado con el fin de evaluar el tipo de superficie más eficiente en cuanto a textura –suave, ultraplano, texturizado– y afinidad por el agua –hidrofóbica, hidrofílica–. Algunos autores han intentado establecer incluso, un diámetro de partícula efectivo y un relieve de superficie aptos para reducir este crecimiento. Sin embargo, no existe un diámetro de partícula óptimo universal debido a que en cada artículo se trabaja con condiciones de experimentación muy distintas. Con el fin de mostrar un ejemplo de la metodología utilizada para evaluar el desempeño de una superficie en condiciones de congelamiento, en este trabajo se expone una breve descripción de un estudio realizado por Cao et al. (2009).

Las etapas de la experimentación propuestas en ese estudio constan de: síntesis y preparación del material, evaluación de la superficie y pruebas de formación de hielo. En primer lugar, se realiza la síntesis de la resina –polímero– con la mezcla de monómeros –estireno, butil metacrilato, glicidil metacrilato– a una temperatura de 85 °C, usando como solventes AIBN y tolueno. El polímero debe tener un peso molecular promedio en número de 18 000 g/mol y un peso molecular promedio en peso de 48 000 g/mol. Posteriormente, el polímero es curado con resina de silicona a 80°C por 2 horas. Para preparar el spray, el polímero es mezclado con partículas de sílica (usando varios diámetros de partícula) en proporción 2:1 en presencia de Tolueno y acetona. En segundo lugar, la superficie es observada por microscopia electrónica y se mide el ángulo de contacto entre el agua y la superficie utilizando el software VCA-OPTIMA (AST Products, Inc.). Finalmente, el desempeño de la superficie es testeado en condiciones de laboratorio, la superficie es enfriada a -20°C y es colocada a 10o. de inclinación y puesta en contacto con 500 mL de agua a -20°C, y en condiciones ambientales extremas (temperatura ambiente de -10°C, Pittsburgh).

En cuanto al uso de superficies hidrofílicas o hidrofóbicas, hay resultados contradictorios debido a que existen diferencias en los métodos de medición, las condiciones de formación de hielo predominantes y la topografía superficial. Por ejemplo, Nakajima (2004) demostró el deslizamiento acelerado de nieve seca sobre una superficie superhidrofóbica y el deslizamiento efectivo de la nieve húmeda sobre una superficie hidrofílica. Varanasi et al. (2010) demostraron por su parte que, a condiciones de humedad relativamente alta en una superficie hidrofóbica, se favorece la formación de “escarcha” y la subsiguiente adhesión de hielo sobre esa superficie es sustancialmente mayor que en un sustrato liso. Lo anterior sugiere que se debe procurar una combinación de ambas propiedades, lo cual puede ser inducido mediante la introducción de canales hidrofílicos en superficies hidrofóbicas (Sojoudi, Wang, Boscher, McKinley, & Gleason, 2016).

Palabras clave: Anti-Hielo, Hidrofóbico, Hidrofílico, Nanopartículas, Polímeros.

Referencias

Cao, L., Jones, A., Sikka, V., Wu, J., & Gao, D. (2009). Anti-icing superhydrophobic coatings. *Langmuir*, 25(1), 12444-12448.

Cohen, N., Dotan, A., Dodiuk, H., & Kenig, S. (2016). Superhydrophobic coatings and their durability. *Materials and Manufacturing Processes*, 31(9), 1143-1155.

Nakajima, A. (2004). Design of a Transparent Hydrophobic Coating. *Journal of the Ceramic Society of Japan*, 112(1310), 533-540.

Sojoudi, H., Wang, M., Boscher, N., McKinley, G., & Gleason, K. (2016). Durable and scalable icephobic surfaces: similarities and distinctions from superhydrophobic surfaces. *Soft matter*, 12, 1938-1963.

Varanasi, K., Deng, T., Smith, J., Hsu, M., & Bhate, N. (2010). Frost formation and ice adhesion on superhydrophobic surfaces. *Applied Physics Letters*, 97(23), 234102.

ANÁLISIS PARA LA CONSECUCCIÓN DE BIOPOLÍMERO A PARTIR DE ALMIDÓN DE PAPA

Felipe Martínez⁶², Sergio Villamil⁶³, Angelica Silva⁶⁴, Rafael González⁶⁵, Christian Cuellar⁶⁶

Resumen

En este análisis se estudian las variaciones al generar un biopolímero de origen termoplástico, basado en el uso de almidón de papa, siguiendo la idea de utilizar un agente plastificante, en este caso el glicerol, el cual garantizará que el propio plástico sea más flexible o más rígido al variar su volumen, sabiendo que, a más agente plastificante, mayor flexibilidad y a menor glicerol mayor rigidez. Se emplea ácido clorhídrico para romper la amilopectina y así garantizar que la amilasa forme el polímero; la variabilidad del proceso la define la proporción a usar por ensayo que se realice, con el fin de definir cuáles son las condiciones óptimas para la realización del biomaterial.

⁶² Departamento de Ingeniería Química, Universidad EAN, Bogotá, Colombia.
e-mail: Jmartine8933@universidadean.edu.co.

⁶³ Departamento de Ingeniería Química, Universidad EAN, Bogotá, Colombia

⁶⁴ Departamento de Ingeniería Química, Universidad EAN, Bogotá, Colombia

⁶⁵ Departamento de Ingeniería Química, Universidad EAN, Bogotá, Colombia

⁶⁶ Departamento de Ingeniería Química, Universidad EAN, Bogotá, Colombia

Abstract

In this analysis, we will study the variations to the biopolymer generator of thermoplastic origin, based on the use of potato starch, following the idea of using a plastic agent, in this case glycerol, this guaranteed that the single plastic more flexible or more rigid, By varying its volume, knowing that between more plasticizing agent, greater flexibility and lower glycerol greater rigidity. Use of hydrochloric acid to break amylopectin and thus ensure that the bonding to the polymer, the process variability of the definition of the proportion of using the test to be performed, all to ensure what are the optimal conditions for the realization of the biomaterial.

ESTUDIO DE LA CINÉTICA DE CRISTALIZACIÓN DE DIFERENTES POLIPROPILENOS POR CALORIMETRÍA DIFERENCIAL DE BARRIDO (DSC)

Elma Bibiam Naranjo Estepa⁶⁷, Jairo E. Perilla⁶⁸

Resumen

En el presente trabajo se estudió la cinética de cristalización isotérmica de 3 polipropilenos, un homopolímero, un copolímero de impacto y un copolímero de random. Inicialmente se realizó una revisión bibliográfica para determinar el rango y las velocidades de calentamiento que usualmente se usan para analizar el comportamiento de los polipropilenos; luego de establecer un rango, se hicieron muestreos preliminares para conocer los puntos de fusión y cristalización de las muestras de polipropileno que se tienen. Las pruebas de calorimetría diferencial de barrido (DSC) fueron realizadas en un equipo Mettler Toledo DSC1, del laboratorio de polímeros, ubicado en los laboratorios de Ingeniería Química de la Universidad Nacional de Colombia. Después de determinar su punto de cristalización se tomó un rango para realizar cristalización isotérmica a diferentes temperaturas. Se observa que a medida que aumenta la temperatura de cristalización, la

⁶⁷ Departamento de Ingeniería Química y Ambiental, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. e-mail: ebnaranjoe@unal.edu.co.

⁶⁸ Departamento de Ingeniería Química y Ambiental, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia. email: jeperillap@unal.edu.co



velocidad de cristalización disminuye, ya que el polímero ha necesitado más tiempo para organizar su estructura cristalina.

Palabras clave: Cristalización, Polipropileno, Cristalización, Homopolímero, Copolímero.

Referencias

Mollova, A., Androsch, R., Mileva, D., & Gahleitner, M. (2013). Crystallization of isotactic polypropylene containing beta-phase nucleating agent at rapid cooling. *European Polymer Journal*, 49(5), 1057-1065.

Wang, B., Chen, Z., Kang, J., Yang, F., Chen, J., & Xiang, M. (2015). Influence of melt structure on the crystallization behavior and polymorphic composition of polypropylene random copolymer. *Thermochimica Acta*, 604, 67-76.

POLÍMEROS CONDUCTORES POR MANUFACTURA ADITIVA

José L. Moreno⁶⁹

Resumen

Este trabajo surge de la motivación por los recientes descubrimientos y desarrollos de polímeros conductores de electricidad, además del premio Nobel de Química del año 2000, seguido por los estudios de aplicaciones eléctricas de dichos polímeros, hasta los avances y mejoras de la impresión 3D, al punto de valorarse este mercado en alrededor de 2 billones de dólares durante el 2016 y con predicciones favorables de crecimiento del 42% para los próximos cinco años (Context, 2017).

Por tal motivo, se realizó una búsqueda general de estudios sobre polímeros conductores y caracterización de los mismos, esto con el fin de permitir a otros investigadores tener bases, para la elección de materiales en proyectos de investigación y nuevos desarrollos. Adicionalmente, se mencionan casos de estudio de impresión de polímeros conductores, ventajas, desventajas y aplicaciones que hacen uso de la manufactura aditiva y del uso de estos nuevos polímeros.

Palabras clave: Impresión 3D, Polímeros conductores, Manufactura aditiva, Circuitos Impresos.

⁶⁹ Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia. *jlmorenoc@unal.edu.co.

Referencias

- Bethany, C. Gross, J. L. (2014). Evaluation of 3D Printing and Its Potential Impact on Biotechnology and the Chemical Sciences. *Analytical Chemistry* 14. 86(7), 3240–3253.
- Bose, S. V. (2013). Bone tissue engineering using 3D printing. *Materials Today*, 9. 16(12), 496-504.
- Gebhardt, A. (2011). *Understanding Additive Manufacturing*. Hanser. Munich, Alemania.
- Gibson, I. (2015). *Additive Manufacturing Technologies*. Springer.
- Seung, H. & Ko, H. P. (2007). All-inkjet-printed flexible electronics fabrication on a polymer substrate by low-temperature high-resolution selective laser sintering of metal nanoparticles. *Nanotechnology*, 8. 18(40), 8
- Simon, J. Leigh, R. J. (November 21, 2012). A Simple, Low-Cost Conductive Composite Material for 3D Printing of Electronic Sensors. *Plos one*, 6. 7(11). e49365.
- Zarek, M. L. (2015). 3D Printing of Shape Memory Polymers for Flexible Electronic Devices. *Advanced Materials*, 6. 28(22), 4449–4454.

Patrocina



ANEXOS



ANEXO 1

EXTRUSIÓN FARMACÉUTICA

PhD. María del Pilar Noriega Escobar,

Dir. General-Instituto de Capacitación e investigación del plástico y caucho de Colombia.

Oportunidades de la extrusión farmacéutica: Teoría y aplicaciones de polímeros

María del Pilar Noriega, Ph.D. – Directora General ICIPC
Laura Restrepo Uribe, M.Sc. – División técnica ICIPC

ICIPC – Instituto de Capacitación e Investigación del Plástico y del Caucho.
www.icipc.org / icipc@icipc.org

Resumen

La extrusión farmacéutica –en inglés, Hot Melt Extrusion, HME– puede ser vista como un proceso especial de la extrusión doble husillo y de la preparación de compuestos o formulaciones poliméricas con ingredientes o principios activos. Es una técnica de procesamiento reconocida que ha sido utilizada en los últimos años para la preparación de dispersiones sólidas (Figura 1).



Figura 1: Mezclas de polímeros



Fuente. Imagen perteneciente al autor mezclas de polímeros.

Ha ganado relevancia en el campo farmacéutico debido a que es un proceso continuo que mejora ostensiblemente la solubilidad de ingredientes activos en excipientes poliméricos, es libre de solventes, de fácil limpieza, y puede ser utilizado para la manufactura de diferentes sistemas de liberación de medicamentos –inmediata, extendida, prolongada, sostenida, entre otras–.

Diferentes polímeros han sido utilizados como excipientes para la investigación, desarrollo y la manufactura de formulaciones farmacéuticas por medio de HME, los cuales pueden ser clasificados en tres grandes grupos: 1) los excipientes poliméricos hidrofílicos y anfílicos, para liberación inmediata, tales como óxido de polietileno (PEO), polietilenglicol (PEG), polivinilpirrolidona (PVP), hidroxipropilmetilcelulosa (HPMC), hidroxipropilcelulosa (HPC), copolímero de vinilpirrolidona-vinil acetato, copolímero de dimetilaminoetil metacrilato y copolímero de PEG 6000-vinil caprolactama-vinil acetato; 2) los excipientes poliméricos hidrofóbicos y anfílicos para liberaciones controladas, tales como: etilenvinilacetato (EVA), polivinil acetato (PVA), ácido poliláctico (PLA), ácido poliláctico glicol (PLGA), policaprolactona, silicona, copolímero de amonio metacrilato y matrices lípidas –ceras microcristalinas, ácido esteárico, etc.–, y finalmente, 3) los excipientes poliméricos entéricos, en los cuales la liberación del ingrediente activo es dependiente del pH del medio.

El ICIPC viene trabajando con la industria, durante los últimos cinco años, en la investigación y el desarrollo de nuevas formulaciones farmacéuticas y sus procesos de manufactura para obtener liberaciones extendidas de ingredientes activos de pobre solubilidad (Figura 2).

Figura 2: Laboratorio de extrucción farmacéutica en el ICIPC

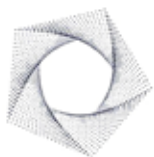


Fuente. Imágenes perteneciente al autor.

Estas investigaciones condujeron a las solicitudes de patente internacionales US14849571 y PCT/US15/49412, tituladas «*Dosage Form Incorporating an Amorphous Drug Solid Solution*» con inventores del ICIPC, Universidad del Norte y la empresa Procaps S.A.

El campo de la extrusión farmacéutica representa una gran oportunidad para equipos de investigación multidisciplinarios, en áreas tales como: fenómenos de transporte, química de polímeros, química orgánica e inorgánica, física de polímeros, termodinámica, biomédica, medicina, entre otras. Existen aún muchos retos investigativos y tecnológicos. Se requieren investigaciones e innovaciones en polímeros inteligentes, sistemas con respuesta al entorno –por ejemplo, órganos–, sistemas dependientes del tiempo, excipientes con mayores

capacidades de solubilización y estabilización, entre otros temas. En cuanto al proceso de extrusión farmacéutica (HME), este requiere nuevas investigaciones e innovaciones en la postextrusión, en la evolución a dispositivos médicos e introducción de tecnologías complementarias, tales como espumado, entre otras aplicaciones especiales.



CONFERENCIA
COLOMBIANA
DE
POLIMEROS



ean[®]
universidad



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

Organizan:



Bogotá

Apoyado por



El Estado Profundiza
su Inversión Educativa en el Futuro