



**IV Simposio
DE MATERIALES
POLIMÉRICOS**



Res. No. 16743, 2017-2021.



Vigilada MinEduación.



Energías Renovables y Medio Ambiente

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

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

CONTENIDO

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

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

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

Modalidad: Póster

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

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

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

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

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

Resumen

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

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

Introducción

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

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

Materiales y Métodos

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

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

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

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

Resultados y discusiones

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

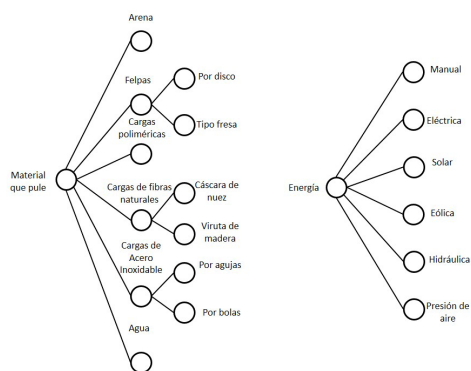


Figura 1. Árbol de diferentes conceptos
Fuente: Los autores

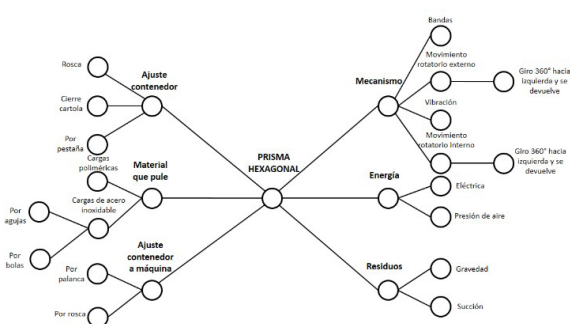


Figura 2. Árbol de combinación de propuesta elegida
Fuente: Los autores

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

Tabla 1. Evaluación de propuestas según criterios de selección

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

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

Fuente: Los autores.



Figura 3. Prototipo de máquina pulidora de joyas.

Fuente: Los autores.

Conclusiones

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

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

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

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

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

Agradecimientos

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

Referencias

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

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

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



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

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

Modalidad: Póster

Natalia Afanasjeva¹
Juan Camilo Sinisterra²
José Hipólito Isaza³

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

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

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

Resumen

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

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

Introducción

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

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

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

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

Materiales y Métodos

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

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

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

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

Resultados y discusiones

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

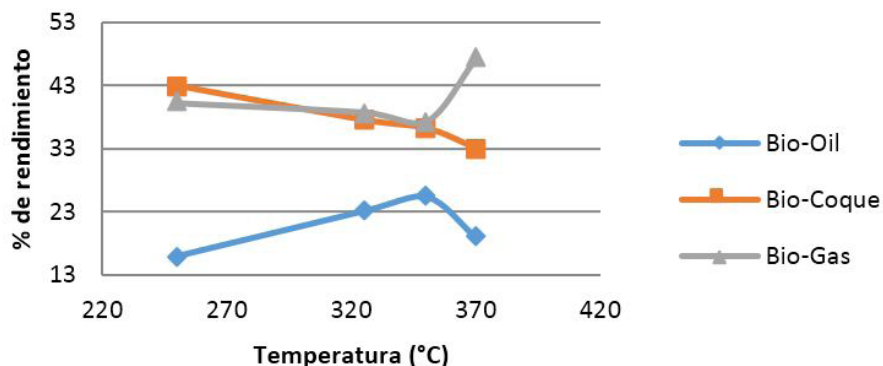


Figura 1. Rendimiento (% más) de las fracciones obtenidas en el proceso de pirolisis vs temperatura (°C) para la mezcla 60% raquis, 30 % torta, 10 % cuesco.
Fuente: Los autores

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

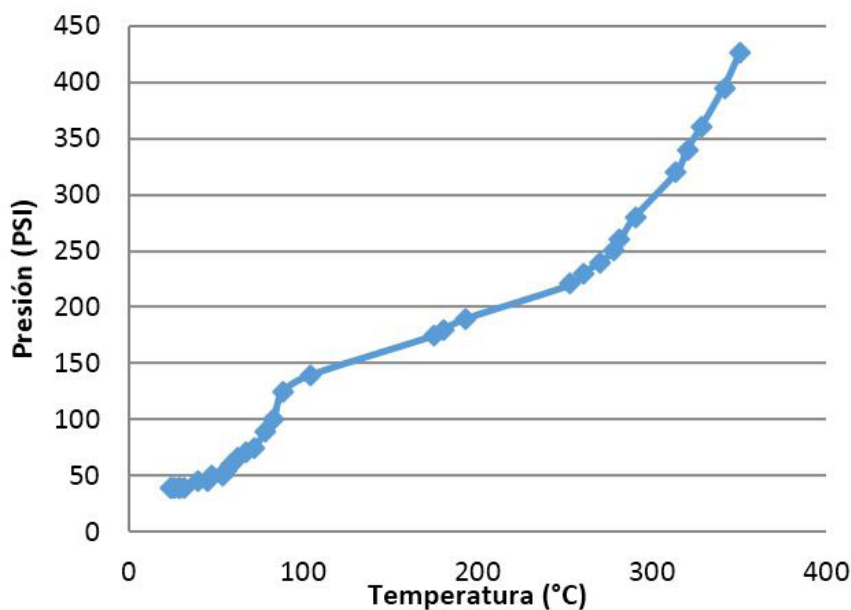


Figura 2. Relación presión (psi) vs temperatura (°C), para el proceso de pirólisis lenta de la mezcla 60 % raquis, 30 % torta y 10 % cuesco.
Fuente: Los autores

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

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

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

Fuente: Los autores

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



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

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

Fuente: Los autores

Conclusiones

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

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

Agradecimientos

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

Referencias

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

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



Redes Orgánicas: La evolución de los polímeros

Organic Networks: The evolution of polymers

Modalidad: Póster

Andrés Rodríguez Camargo¹

Elio Rico²

Cesar A. Sierra A.³

Oscar Rodríguez B.⁴

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

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

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

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

Resumen

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

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

Introducción

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

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

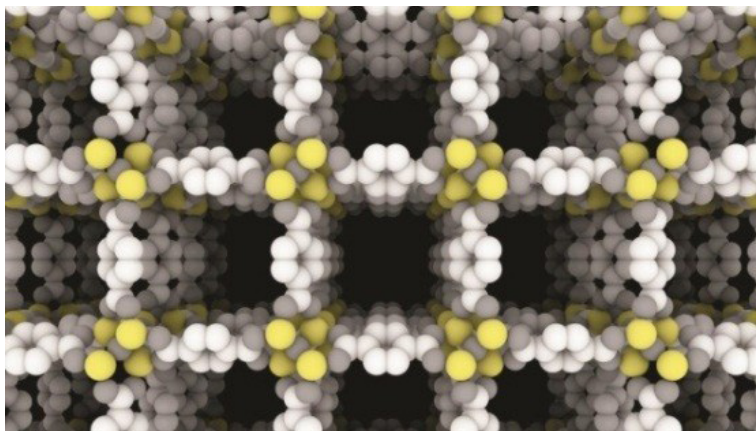


Figura 1. Esquema de una red metal orgánica extendida tridimensionalmente.

Fuente: Peplow (2018).

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

Materiales y Métodos

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

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

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

Resultados y discusiones

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

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

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

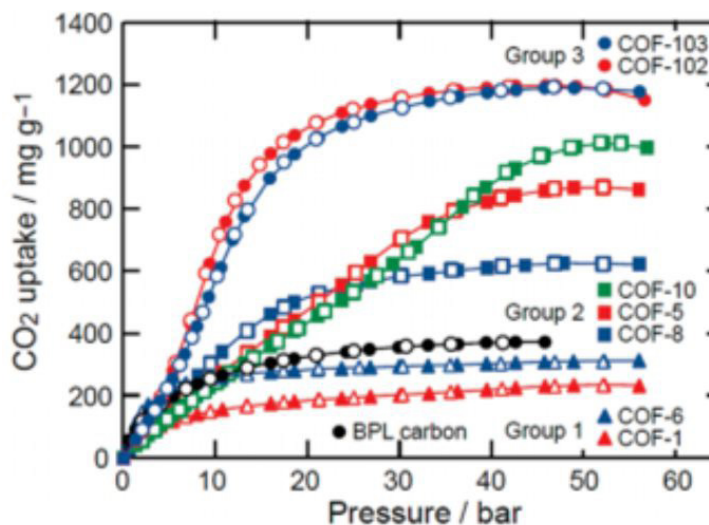


Figura 2. Isothermas de adsorción de diferentes COF's para dióxido de carbono.
Fuente: (Furukawa, y Yaghi, 2009).

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

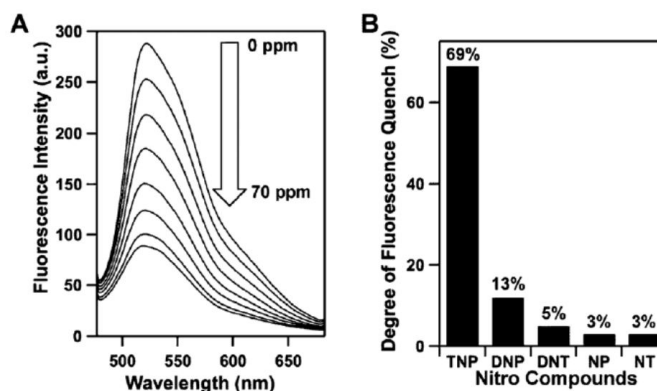


Figura 3. Disminución de la fluorescencia de un COF derivado del pireno al exponerse a diferentes explosivos.
Fuente: (Dalapati *et al.*, 2013)

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

Conclusiones

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

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

Agradecimientos

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

Referencias

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