

MEMORIAS



II SIMPOSIO DE QUÍMICA UDEMEDELLÍN

Cien años entendiendo lo invisible:
el poder de la química en todas sus formas

2025

21 - 22 DE OCTUBRE 2025

UNIVERSIDAD DE MEDELLÍN
MEDELLÍN, ANTIOQUIA



**Universidad[®]
de Medellín**
Ciencia y Libertad



ORGANIZADORES



**Universidad[®]
de Medellín**
Ciencia y Libertad



ConCiencia

¡Conocimientos que inspiran,
acciones que transforman!



Institución Universitaria



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA
SEDE MEDELLÍN



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA
SEDE MANIZALES

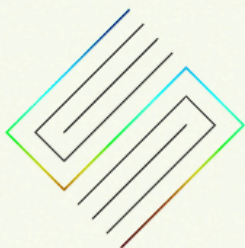


UNIREMINGTON[®]
CORPORACIÓN UNIVERSITARIA



UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA

PATROCINADORES



SIMPROLAB



cecoltec
EL ALIADO PRECISO

Innovatek 

R LanzettaRengifo
Trayectoria de Respaldo en Instrumentación Científica



CPQCOL
Consejo Profesional de Química Colombia

COMITÉ CIENTÍFICO

FRANCISCO NUÑEZ

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

JAZMÍN PORRAS

CORPORACIÓN UNIVERSITARIA REMINGTON

CAROLINA RAMÍREZ

INSTITUTO TECNOLÓGICO METROPOLITANO

EFRAÍM SERNA

UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA

GINA HINCAPIÉ TRIVIÑO

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA (BOGOTÁ)

NATALIA SÚAREZ

UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA

VIVIANA OSPINA

UNIVERSIDAD UTRECHT, PAÍSES BAJOS

SOL MILENA MEJÍA CHICA

UNIVERSIDAD JAVERIANA

ALEJANDRO VASQUEZ

UNIVERSIDAD ARTURO PRAT, CHILE

CAMILO FRANCO

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA (MEDELLÍN)

MARIA ANGÉLICA PRADA

UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA

JORGE GALLEGO

UNIVERSIDAD DE MEDELLÍN

MARCELA PAREDES

FUNDACIÓN UNIVERSITARIA NAVARRA (HUILA)

DAVID MORALES

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO, CIUDAD DE MÉXICO

ARIEL CADENA

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA (BOGOTÁ)

LEIDY HOYOS

TECNOLÓGICO DE ANTIOQUIA

LINA PAOLA HIGUITA

PPG COLOMBIA

CAMILO CASTRO

UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA

SERGIO VALENCIA

TECNOLÓGICO DE ANTIOQUIA



**Universidad
de Medellín**
Ciencia y Libertad



MATAMPAC

COMITÉ ORGANIZADOR



Dra. Nancy Acelas
UNIVERSIDAD DE MEDELLÍN



Dra. Angélica Forgianny
UNIVERSIDAD DE MEDELLÍN



Dr. Carlos Jiménez
UNIVERSIDAD DE MEDELLÍN

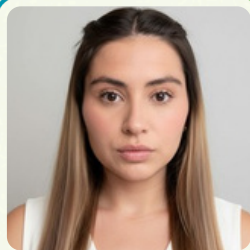


Dra. María Isabel Mejía
UNIVERSIDAD DE MEDELLÍN



Dr. Ricardo Torres
UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA

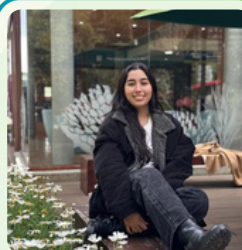
COMITÉ LOGÍSTICO



Valentina Ospina
UNIVERSIDAD DE MEDELLÍN



Isabella Escobar
UNIVERSIDAD DE MEDELLÍN



Isabela Puerta
UNIVERSIDAD DE MEDELLÍN



Valentina Miranda
UNIVERSIDAD DE MEDELLÍN



Emanuel Cabrera
UNIVERSIDAD DE MEDELLÍN



Elizabeth Granda
UNIVERSIDAD DE MEDELLÍN

DEDICATORIA

Las memorias del II Simposio de Química UdeMedellín están dedicadas, en primer lugar, a todos los estudiantes, quienes con su entusiasmo, curiosidad y compromiso representan el presente y el futuro de la ciencia. Su participación activa, sus preguntas, sus pósters y sus investigaciones dan sentido a este espacio académico y confirman que la química sigue siendo un motor de transformación para la sociedad. Asimismo, estas memorias se dedican a los docentes e investigadores, cuyo trabajo incansable, vocación formativa y rigurosidad científica hacen posible la generación de nuevo conocimiento, el fortalecimiento de la investigación y la formación integral de las nuevas generaciones. Su aporte constituye el pilar fundamental sobre el que se construyen espacios de excelencia académica como el SIQUI. De manera especial, este documento se dedica a las instituciones aliadas, entidades de apoyo, conferencistas nacionales e internacionales y al sector productivo, quienes con su respaldo, confianza y participación hicieron posible la realización del II SIQUI, aportando una visión integral de la química desde la academia, la industria y la sociedad. Finalmente, estas memorias se dedican a la Universidad de Medellín, por su compromiso permanente con la ciencia, la innovación, la educación de calidad y la proyección social, así como al Comité Organizador y Logístico, cuyo esfuerzo, dedicación y trabajo conjunto permitieron consolidar este simposio como un espacio de alto nivel académico y humano.

ANTECEDENTES

El Simposio de Química UdeMedellín (SIQUI) nació como una iniciativa académica de la Universidad de Medellín orientada a crear un espacio permanente de divulgación científica, encuentro interinstitucional y fortalecimiento de la investigación formativa en el área de la química y disciplinas afines. Su primera edición, realizada el 1 de noviembre de 2024, marcó un hito importante para la comunidad académica, al reunir a profesores, estudiantes e investigadores de niveles académicos desde la Educación Media, pasando por Pregrado, Maestría y hasta Doctorado. Se contó con **180 participantes** de regiones como Bogotá, Risaralda, Valle del Cauca, Santander, Cauca, Boyacá, Caldas, San Andrés Islas y Antioquia, además de visitantes de México (Hidalgo, Querétaro y Ciudad de México).

Quienes presentaron aproximadamente 110 trabajos en modalidad de póster y ponencia. Se desarrollaron conferencias magistrales de alto nivel con invitados nacionales e internacionales, así como espacios de discusión académica que promovieron el pensamiento crítico y el intercambio de saberes. En dicha edición se consolidó, además, una importante articulación con el Consejo Profesional de Química (CPQ), entidad que apoyó la realización del evento mediante la proyección de su imagen institucional, el fortalecimiento de los procesos de premiación de pósteres y la promoción del ejercicio profesional de la química. El impacto positivo del primer simposio, tanto en términos de participación como de calidad científica, sentó las bases para la institucionalización del SIQUI como un evento periódico de referencia en la región. A partir de la experiencia adquirida en 2024, y atendiendo a la necesidad de fortalecer la investigación, de su divulgación científica, el Simposio de Química UdeMedellín (II SIQUI), ampliando su alcance temático, su proyección internacional y su impacto académico.



INTRODUCCIÓN

La química desempeña un papel fundamental en el desarrollo científico, tecnológico, industrial y ambiental de las sociedades contemporáneas. Los avances en materiales, energía, procesos sostenibles, tratamiento de aguas, biotecnología y educación científica dependen en gran medida del fortalecimiento de la investigación y de la formación de talento humano altamente capacitado. En este contexto, el II Simposio de Química UdeMedellín (II SIQUI) se concibe como un escenario estratégico para la integración de saberes, la difusión de resultados de investigación y la construcción de redes de colaboración entre la academia, la industria y las entidades de apoyo al desarrollo científico. Esta segunda edición se desarrolló en el marco del **Año Internacional de la Ciencia y la Tecnología Cuánticas (2025)**, proclamado por la UNESCO, adoptando como eje central el concepto de lo cuántico y su influencia transversal en la comprensión de la materia, los procesos moleculares, la catálisis, los materiales avanzados y la innovación tecnológica. El II SIQUI se realizó de manera presencial los días **21 y 22 de octubre de 2025** en la Universidad de Medellín organizado por el **grupo de investigación Materiales con Impacto (MAT&MPAC)**, contando con la participación de conferencistas de reconocimiento nacional e internacional, estudiantes de diferentes niveles de formación, investigadores consolidados y profesionales del sector productivo. Estas memorias recogen de manera sistemática la estructura, el desarrollo, los aportes académicos, el impacto institucional y las proyecciones del II Simposio de Química UdeMedellín, constituyéndose como un documento de referencia para futuras ediciones y para la rendición de cuentas ante las entidades aliadas y patrocinadoras.

OBJETIVOS

Objetivo general: Fomentar el intercambio científico en las diversas ramas de la química, impulsando la investigación formativa, la innovación, la sostenibilidad y la vinculación con la industria. Objetivos específicos:

- Visibilizar avances en química básica y aplicada, especialmente en materiales, procesos de oxidación avanzada, tratamiento de aguas y catálisis.
- Promover la formación de estudiantes y jóvenes investigadores mediante espacios de presentación (póster y oral) y retroalimentación por pares.
- Fortalecer alianzas interinstitucionales y de cooperación internacional.
- Difundir buenas prácticas de divulgación, enseñanza y apropiación social de la ciencia.

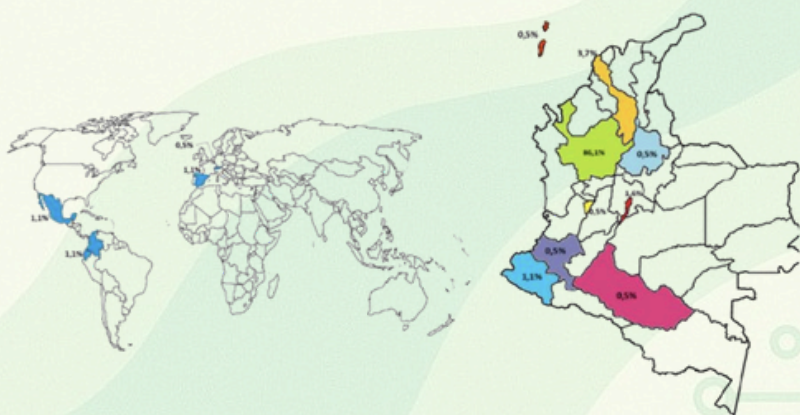
EJES TÉMATICOS

- 🧪 Química inorgánica, orgánica, analítica, fisicoquímica y computacional.
- 🔬 Química de materiales avanzados, nanomateriales y catálisis.
- 🌱 Energía renovable, química verde, sostenibilidad y economía circular.
- 💡 Innovación, educación e impacto social de la química.
- 🏭 Aplicaciones industriales, políticas científicas y regulación en tecnologías químicas.

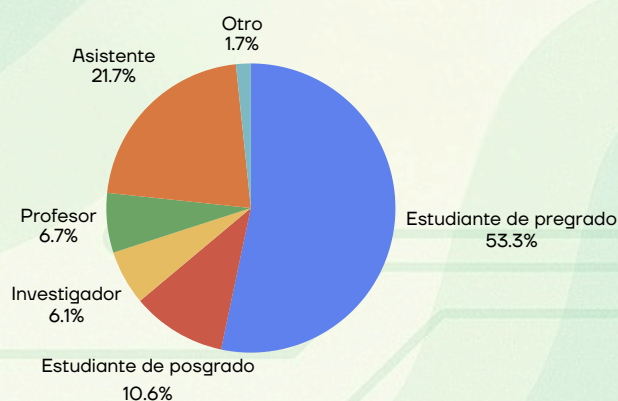
RESUMEN DE PARTICIPACIÓN Y ACTIVIDADES

Asistentes: Alrededor de 187 participantes, incluidos estudiantes de pregrado y posgrado, investigadores, profesores e invitados especiales, provenientes de distintas universidades y centros de investigación de Medellín y otras ciudades de Colombia y de diversos países como:

- Universidad de Medellín
- Instituto Metropolitano de Medellín (ITM)
- Universidad de Antioquia (UdeA)
- Corporación Universitaria Remington (Uniremington)
- Universidad Nacional sede Medellín
- CIDETEQ
- Universidad de la Amazonía
- Universidad de Cartagena
- Escuela Politécnica Nacional
- Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa
- Entre otras instituciones.



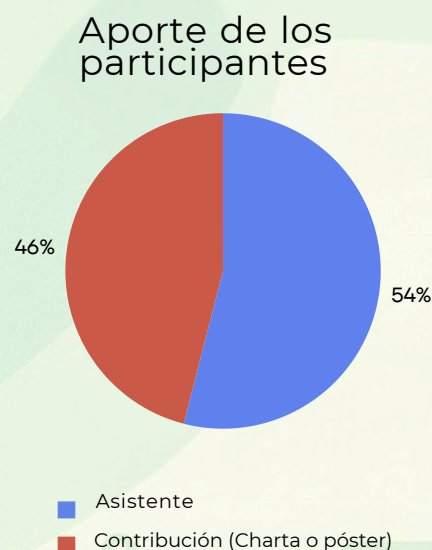
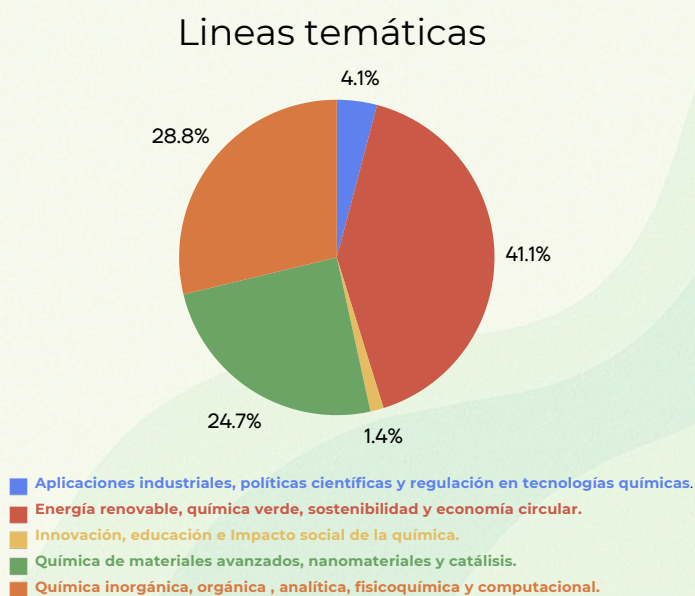
Rol de los participantes



Actividades Académicas:

- **73 Pósteres:** Se presentó una gran diversidad de trabajos y temas, dejando ver como la química es un área transversal a muchas otras con investigaciones innovadoras de estudiantes y jóvenes investigadores. **7**
- **Charlas:** Presentaciones que permitieron profundizar en temas actuales de investigación, tecnologías emergentes y aplicaciones sostenibles de la química en el tratamiento de aguas, la captura de CO₂ y el desarrollo de materiales innovadores. **3 Ponencias Magistrales:** Este espacio contó con la participación de renombrados académicos, entre ellos:
 - Dr. Sixto Malato, Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT), España
 - Dr. Albeiro Restrepo, Universidad de Antioquia, Colombia.
 - Dr. César Pulgarín, École Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL), Suiza.
- **3 Invitados Especiales:** El simposio también se enriqueció con la participación de:
 - Dr. Johnatan Diosa, Andercol S.A.S. Andercol S.A.S., Colombia.
 - Dra. Claudia Correa, Institución Educativa Pueblo Nuevo, Amalfi, Antioquia, Colombia.
 - Dra. Isabel Oller Alberola, Plataforma Solar de Almería (CIEMAT), España.

Áreas del simposio y trabajos presentados





PREMIACIÓN Y RECONOCIMIENTOS

Durante la ceremonia de clausura se otorgaron reconocimientos especiales:

- 🏆 Mención a los tres primeros puestos en la sesión de Pósters
- ★ Premio "Mi póster favorito" elegido por votación de los asistentes.

CONFERENCISTAS PLENARIOS INVITADOS



Dr. César Pulgarin

Emeritus Professor from École Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL), Lausanne, Switzerland



Dr. Sixto Malato

Director or Co-Director of Joint Research Center (Univ. Almería-CIEMAT) of R&D in Solar Energy (CIESOL)



Dr. Albeiro Restrepo

Profesor titular, Instituto de Química. Codirector del grupo de Química-Física Teórica, clasificado A1 por Minciencias. Investigador senior.



Dr. Johnatan Diosa

Doctor en Ciencias Químicas, Universidad de Antioquia
Especialista I+D Síntesis y mezclas
Andercol S.A.S.



Dra. Claudia Correa

Magister en Educación y Doctora en Humanidades y Artes con mención en Ciencias de la Educación
Docente
Institución Educativa Pueblo Nuevo, Amalfi, Antioquia



Dra. Isabel Oller

Editora de las revistas: Water Science and Technology, Journal of Environmental Chemical Engineering y Water
Plataforma Solar de Almería (CIEMAT), España. Unidad de Tratamientos Solares del Agua

LOGROS Y RESULTADOS

El simposio se consolidó como un escenario académico de alto nivel que fortaleció el desarrollo y la proyección de la química en Colombia. Las conferencias y presentaciones ofrecieron una visión actual de la investigación en el país, abordando tecnologías emergentes y aplicaciones innovadoras en procesos sostenibles. La ponencia de la Dra. Isabel Oller resaltó, además, la importancia de la participación de las mujeres en el área, destacando el valor de la diversidad en la producción científica. La sesión de pósteres promovió el intercambio científico y la colaboración entre investigadores, proporcionando un espacio dinámico para la discusión de resultados y la creación de nuevas redes académicas. Así mismo, se resalta la apertura a la participación de estudiantes de educación media, representados por integrantes de la subregión Nordeste de Antioquia, ampliando el alcance formativo y el impacto del evento en las nuevas generaciones. Las conferencias plenarias, de alto nivel académico, inspiraron a los asistentes a continuar aportando a la consolidación de una comunidad científica sólida, innovadora y comprometida con los retos actuales del país.

AGRADECIMIENTOS

El Comité Organizador del II Simposio de Química UdeMedellín (II SIQUI) expresa su más sincero agradecimiento a la Universidad de Medellín, por su constante respaldo institucional, académico y logístico, así como por la disposición de sus espacios y recursos para el desarrollo exitoso de este evento. De manera especial, se agradece a los conferencistas magistrales e invitados nacionales e internacionales, quienes con su excelencia académica, experiencia y generosidad contribuyeron al fortalecimiento del conocimiento científico y al enriquecimiento de las discusiones desarrolladas durante el simposio. Asimismo, al Comité Científico, por su rigurosidad y compromiso en los procesos de evaluación y acompañamiento académico, y al Comité Logístico, por su dedicación y organización en cada una de las actividades. Se extiende un reconocimiento a las instituciones aliadas y universidades participantes, al **Consejo Profesional de Química (CPQ)**, a **Simplolab, Cicoltec, Innovatek, Lanzetta Rengifo**, cuyo acompañamiento y apoyo fortalecen la articulación entre la academia, la industria y la sociedad. Finalmente, nuestro más profundo agradecimiento a los estudiantes voluntarios, ponentes, autores de pósteres y asistentes, quienes con su entusiasmo, compromiso y participación activa hicieron del II SIQUI un espacio de encuentro, aprendizaje, intercambio de saberes y crecimiento para la comunidad química. Las presentes memorias dejan constancia del esfuerzo colectivo, del rigor académico y del valor humano que hicieron posible este simposio, y se proyectan como un testimonio del impacto formativo y científico alcanzado. Con la mirada puesta en el futuro, se renueva el compromiso de continuar promoviendo espacios de encuentro que fortalezcan la ciencia, la educación y el desarrollo sostenible desde la química.

A todos ustedes, gracias por creer en la ciencia, en la educación y en la química como herramientas de transformación social.







II SIMPOSIO DE QUÍMICA UDEMEDELLÍN

Cien años entendiendo lo invisible:
el poder de la química en todas sus formas
2025

PONENCIAS ORALES

Síntesis de amoníaco sobre superficies puras, con defectos y dopadas de rutilo TiO₂

Francisco Núñez-Zarur,¹ Andrés Camilo Muñoz Peña,² Michael L. Ariza-Gómez,³ José Rodríguez,^{4,5} Elizabeth Flórez Yepes⁶

¹ Departamento de Química, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia – Sede Bogotá, Carrera 30 No., 45-03, 111321 Bogotá, Colombia

²Chemistry and Biochemistry Department, New Mexico State University, 88001, Las Cruces, NM, USA

³Centro de Investigaciones en Catálisis, Parque Tecnológico Guatiguará, Universidad Industrial de Santander, 681011 Piedecuesta, Colombia.

⁴Chemistry Division, Brookhaven National Laboratory, Upton, New York 11973, United States

⁵Department of Chemistry, Stony Brook University, Stony Brook, New York 11794, United States

⁶Instituto de Ciencias Básicas, Universidad de Medellín, 050026 Medellín, Colombia

E-mail: fnunez@unal.edu.co

La necesidad actual de buscar soluciones más amigables con el medio ambiente para la obtención de amoníaco ha llevado a los investigadores a diseñar materiales alternativos a los catalizadores de hierro clásicos utilizados en el proceso Haber-Bosch. Entre todos los catalizadores probados, TiO₂ ha sido bien investigado debido a sus propiedades fotocatalíticas. En particular, este catalizador se ha utilizado en la reducción de N₂ a través de la fotólisis de H₂O. Además, el dopaje de TiO₂ con diferentes metales ha demostrado un aumento en el rendimiento de la reacción. Sin embargo, el efecto real de los metales dopantes no se ha abordado en detalle. Por lo tanto, en este trabajo, se pretende estudiar el efecto de metales como Mo y Ta como dopantes en la energética de la reacción para el proceso $\text{N}_2 + 3\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{NH}_3 + 3/2\text{O}_2$ utilizando cálculos DFT periódicos de un modelo de superficie de rutilo hidroxilado TiO₂ (1 1 0) con un sitio vacante O_{2c}, como se muestra en la Figura 1.

Nuestros resultados mostraron que los sitios hexacoordinados M_{6c} (M= Ti, Mo, Ta) en la vacante son más reactivos que el M_{5c} expuesto, y que el dopaje de los sitios de Ti originales con un átomo metálico de Mo y Ta (2% dopaje) estabiliza la mayoría de los intermediarios del mecanismo distal asociativo. En general, esta estabilización es más pronunciada para Mo que para Ta. El uso de superficies hidroxiladas, resultantes de la reacción del TiO₂ puro con agua por fotólisis, resultó beneficioso para la reacción.

También se investigó el efecto del aumento de la concentración de dopante metálico en la vacante. En este caso, se consideraron dos átomos de Mo y Ta (4% dopaje), y los cálculos mostraron una mayor estabilización de la mayoría de los intermediarios comparados con el dopaje con un átomo metálico. Estos resultados muestran que, en principio, la eficiencia de la reacción podría modularse modificando el porcentaje de dopante metálico en el material original.

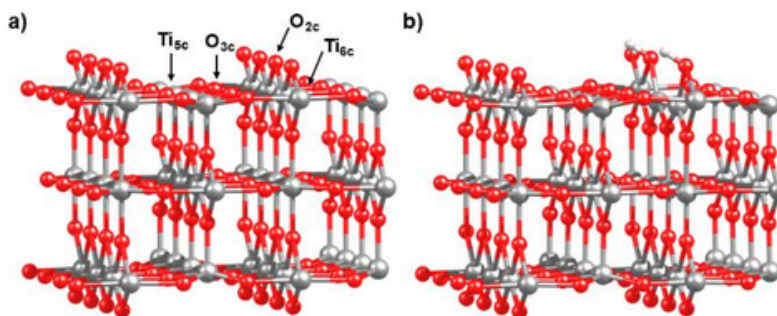


Fig 1. Estructura de rutilo TiO₂ en su forma pura y sin defectos (a) y superficie hidroxilada con defecto de vacancia de oxígeno.

Referencias

1. Núñez-Zarur, Francisco. Muñoz-Peña, Andrés. Ariza, Michael. Rodríguez, José. Flórez, Elizabeth. *J. Phys. Chem C*. Sometido.

Oxidación de hidrocarburos mediante biomateriales híbridos funcionalizados: una estrategia sostenible para el tratamiento de aguas de producción

Karol Zapata^{1,*}, Stephania Rosales¹, Camilo A. Franco¹

¹ Universidad Nacional de Colombia– Sede Medellín, Av. 80 # 65-223, Medellín, Colombia

E-mail: kzapata@unal.edu.co

Introducción

La extracción no convencional de hidrocarburos se considera actualmente la estrategia más viable para que diversos países garanticen sus requerimientos energéticos y aumenten sus reservas en el escenario de agotar las existentes [1].

Esta técnica, utilizada para la explotación de petróleo y gas en yacimientos de roca de ultra baja permeabilidad, emplea fluidos base agua con múltiples aditivos para fracturar, y aumentar la productividad de los pozos [2].

Sin embargo, con el aumento de la producción, se espera el retorno de grandes volúmenes de esas aguas de rompimiento acompañados de moléculas altamente tóxicas, como elementos radiactivos e hidrocarburos, que deben ser eliminados para su disposición final o reinyección en yacimientos [3]. Es por ello que este trabajo tuvo como objetivo el desarrollo de materiales duales carbono-hongo para la oxidación de hidrocarburos a través de mecanismos secuenciales de adsorción (en el carbono) y catalisis (bacteriana) como propuesta definitiva para el tratamiento de aguas de producción en la industria de hidrocarburos.

Materiales y métodos

En esta investigación, se desarrollaron carbones activados a partir de la pirolisis de residuos agroindustriales locales no comestibles. Los carbones obtenidos fueron funcionalizados agregando químicamente átomos de nitrógeno en superficie. Paralelamente, se aisló una cepa fúngica a partir de ambientes relacionados con hidrocarburos, la cual fue cultivada sobre los carbones por el método de impregnación por exceso para desarrollar biomateriales con capacidad hidrocarburo- degradante. Finalmente, para evaluar el desempeño de los biomateriales, se analizaron dos fenómenos principales:

-Isotermas de sorción: mediante la evaluación de la difusión de contaminantes, especialmente hidrocarburos, desde la fase acuosa hacia la superficie de los biomateriales.

-Metabolómica: que permitió el análisis de la degradación, vía oxidativa, de los hidrocarburos que se lleva a cabo en el citosol celular del hongo.

Resultados y discusión

La investigación permitió el aislamiento e identificación de *Aspergillus versicolor* a partir del agua producida. Esta especie mostró un crecimiento dependiente de la concentración de hidrocarburos, alcanzando aumentos en la densidad celular de hasta un 150% y 810% en presencia de 10000 mg/L de petróleo crudo. Los hidrocarburos fueron utilizados durante el metabolismo primario de los hongos al ser la única fuente de carbono y energía presente en los medios de cultivo. La capacidad de los carbones para inmovilizar células fúngicas se correlacionó con la abundancia de macroporos y la densidad de carga superficial. Entre los materiales evaluados, el Carbono funcionalizado con nitrógeno (ACN) —con un 87% de volumen de macroporos y carga positiva— fue el más prometedor. Las isotermas que describen la sorción de los contaminantes sobre la superficie de los materiales revelaron un comportamiento tipo III, característico de materiales macroporosos. El modelo SLE mostró que el biomaterial ACN/HONGO presentaba una alta cantidad de sitios activos (N) y una baja constante de energía de sorción (K), lo que indica una fuerte afinidad adsorbato-adsorbente y una débil interacción entre moléculas adsorbidas. Asimismo, la aparición de metabolitos secundarios al final de los bioensayos confirmó la etapa de oxidación catalítica mediada por las cepas fúngicas al pasar de macroestructuras de hidrocarburos a productos orgánicos oxidados como aldehídos, ácidos y cetonas. Bajo condiciones específicas, el mejor biomaterial logró remover el 76,9% del petróleo crudo de la fase acuosa en 24 horas.

Conclusiones

Esta propuesta constituye un avance significativo en la integración de los sectores energético y biotecnológico. La combinación de adsorbentes carbonosos con actividad biológica fúngica permite el desarrollo de tecnologías sostenibles aplicables a procesos extractivos, incorporando un mecanismo dual de eliminación oxidativa de contaminantes, basado en la sorción física y la degradación bio-catalítica.

Expresiones de gratitud

Los autores expresan su agradecimiento a la Universidad Nacional de Colombia y a la Universidad de Granada por el respaldo conjunto brindado para la realización de este estudio. Esta investigación fue financiada con recursos del Fondo Nacional de Financiamiento para la Ciencia, la Tecnología y la Innovación Francisco José de Caldas, mediante el convenio No. 112721- 275-2023

Referencias

- [1] V. L. Abella, L. T. L. Gómez, A. M. O. Ayala, J. D. R. Carrillo, P. A. T. Goyeneche, J. M. Rojas, D. C. P. Silva, Fracturamiento Hidráulico y Efectos En La Salud Materno-infantil. Una Revisión Sistemática de La Literatura. Rev. Salud Ambient. 22 (2022) 8–20.
- [2] Y. Zhang, J. Mao, J. Mao, A. Chen, X. Yang, C. Lin, ... & Y. Ni. Towards sustainable oil/gas fracking by reusing its process water: A review on fundamentals, challenges, and opportunities. Journal of Petroleum Science and Engineering, 213 (2022) 110422.
- [3] S. Kovats, M. Depledge, A. Haines, L. E. Fleming, P. Wilkinson, S. B. Shonkoff & N. Scovronick. The health implications of fracking. The Lancet, 383 (2014) 757-758.

Regeneración cíclica de nanomateriales a base de SiO_2 modificados con Cu y Ag: impacto de la atmósfera en la remoción de azufre y la producción de hidrógeno a partir de crudo pesado

Oscar E. Medina^{1,*}, Camilo Mazo-Suarez², Angela Forero², Camilo A. Franco¹ and Farid B. Cortes¹

¹ Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, Medellín, Colombia.

² Jefatura de Gestión de Activos, HOCOL S.A., Bogotá, Colombia.

E-mail: oemedinae@unal.edu.co

Introducción

La creciente exigencia global por reducir el contenido de azufre en los combustibles ha impulsado el desarrollo de tecnologías más eficientes y sostenibles para la desulfuración del crudo, especialmente del crudo pesado. Entre las alternativas estudiadas, la desulfuración adsorptiva (ADS) ha ganado relevancia por su simplicidad, eficacia y versatilidad, destacando el uso de nanomateriales por sus propiedades ajustables y su alta capacidad de interacción con compuestos sulfurados. Sin embargo, la regeneración de estos adsorbentes representa un desafío clave para su aplicación a escala industrial. En estudios previos, se desarrolló un nanomaterial optimizado a base de sílice dopado con Ag y Cu ($\text{SiAg}_{1.5}\text{Cu}_{1.4}$), logrando una eficiencia de remoción de azufre del 51.5% en crudo pesado colombiano. Este trabajo profundiza en la regeneración cíclica de dicho material bajo distintas atmósferas (oxidante, gasificante y pirolítica), analizando su impacto sobre la eficiencia de remoción, la estabilidad estructural del soporte y la producción de hidrógeno como subproducto. El estudio ofrece un enfoque integral para extender la vida útil del adsorbente y avanzar hacia procesos de mejoramiento de crudo más sostenibles.

Materiales y métodos.

Preparación del adsorbente

El nanomaterial $\text{SiAg}_{1.5}\text{Cu}_{1.4}$ se sintetizó mediante impregnación por humedad incipiente, cargando 1.5 mmol de Ag y 1.4 mmol de Cu por cada 2 g de sílice, según un diseño simplex-centroid. El material fue calcinado en atmósfera de aire para promover la formación de óxidos metálicos. Análisis previos mostraron una alta dispersión de nanopartículas, con tamaños promedio de 3.2 nm para CuO y 10.3 nm para Ag, una superficie específica de $124.3 \text{ m}^2 \cdot \text{g}^{-1}$, y una concentración superficial significativa de Cu^+ (85.7%) y Ag^0 (47.2%).

Ensayos de adsorción y descomposición de azufre

Se realizaron experimentos en lote a 25°C bajo agitación magnética utilizando relaciones adsorbente: crudo de 1:2, 1:10 y 1:20. La concentración de azufre se determinó mediante espectrometría de fluorescencia de rayos X de dispersión de longitud de onda (XRF). Para evaluar la descomposición térmica del azufre, se utilizaron análisis termogravimétricos acoplados a espectrometría de masas (TGA-MS) en atmósferas oxidante, gasificante y pirolítica a 230°C en régimen isotérmico.

Regeneración del nanomaterial.

Tras cada ciclo de adsorción, el material se secó a 100°C durante 2 horas y luego se regeneró térmicamente a 230°C por 4 horas en un horno tubular bajo un flujo de gas de $50 \text{ mL} \cdot \text{min}^{-1}$. Se evaluaron tres atmósferas: aire sintético (oxidación), mezcla $\text{N}_2 + \text{H}_2\text{O}(\text{g})$ (gasificación), y N_2 puro (pirolisis).

Resultados y discusión

La Figura 1 presenta los perfiles de descomposición isotérmica de azufre adsorbido sobre el nanomaterial $\text{SiAg}_{1.5}\text{Cu}_{1.4}$ durante diez ciclos de regeneración bajo diferentes atmósferas: oxidación (panel a), gasificación con vapor (panel b) y pirolisis (panel c), empleando una relación adsorbente:crudo de 1:2. En general, los resultados confirman que el rendimiento del nanomaterial y su capacidad de regeneración dependen fuertemente del tipo de atmósfera empleada. En el panel a (oxidación), el material mostró una excelente estabilidad durante los diez ciclos, alcanzando conversiones completas de azufre en todos los casos. El tiempo requerido para la conversión total aumentó levemente de 40 a 46 minutos entre el primer y el décimo ciclo, lo que indica una mínima pérdida de actividad catalítica. Este comportamiento sugiere que la atmósfera oxidante favorece la regeneración efectiva de los sitios activos sin inducir desactivación significativa. La transformación de especies superficiales como Cu^+ y Ag^0 a sus formas oxidadas Cu^{2+} y Ag^{2+} parece facilitar la descomposición del azufre y, en paralelo, la producción de gases como SO_2 e incluso H_2 , gracias a un entorno catalítico activo y estable.

En el panel b (gasificación con vapor), el nanomaterial también logró una conversión completa del azufre en todos los ciclos, lo que demuestra la viabilidad de esta atmósfera como alternativa a la oxidación. No obstante, se observó un aumento progresivo en el tiempo necesario para alcanzar la conversión total, con una diferencia de aproximadamente 10 minutos entre el primer y el décimo ciclo. Esta tendencia indica una posible modificación en la química superficial del material o un inicio leve de desactivación, atribuida a interacciones entre vapor y fases metálicas. A pesar de ello, la integridad estructural y la funcionalidad catalítica del material se mantuvieron, mostrando buena resistencia frente a condiciones húmedas.

En el panel c (pirolisis), el comportamiento fue marcadamente distinto. Si bien los primeros cinco ciclos mantuvieron una alta eficiencia de desulfuración, se evidenció un incremento sustancial en el tiempo de conversión, y a partir del sexto ciclo, la eficiencia comenzó a decrecer. En el décimo ciclo, la conversión fue solo del 84%, indicando una clara desactivación del catalizador. La ausencia de agentes oxidantes o gasificantes en la atmósfera de N_2 favoreció la acumulación de especies carbonáceas (coque) y sulfuros metálicos (Cu_2S y Ag_2S), que bloquearon progresivamente los sitios activos y redujeron la reactividad superficial del nanomaterial.

En conjunto, los resultados evidencian que las atmósferas oxidante y gasificante permiten una regeneración efectiva y prolongan la vida útil del material, mientras que la atmósfera pirolítica induce desactivación prematura. Esto resalta la importancia de seleccionar condiciones regenerativas adecuadas para garantizar la sostenibilidad operativa de sistemas de desulfuración basados en nanomateriales.

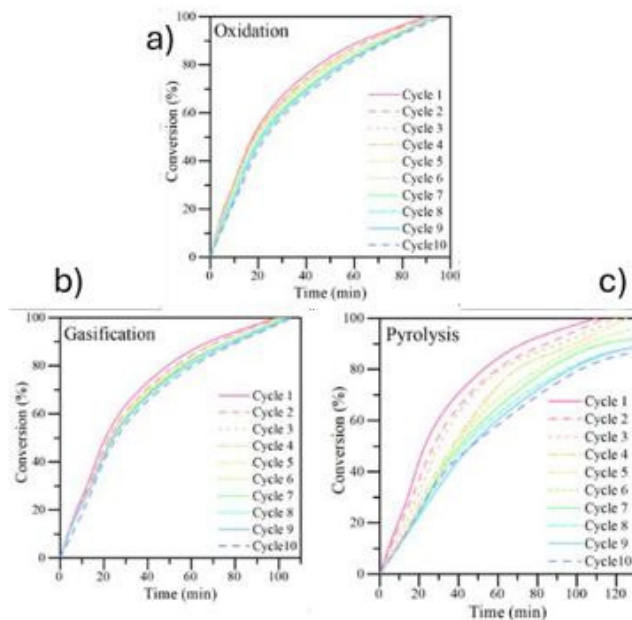


Figura 1. Descomposición isotérmica de azufre sobre nanopartículas de SiAg_{1.5}Cu_{1.4} durante 10 ciclos de reutilización en atmósfera a) oxidativa, b) gasificante, y c) inerte.

Conclusiones La regeneración eficiente de adsorbentes es clave para su aplicación práctica en la desulfuración de crudo pesado. En este estudio se evaluó el desempeño del nanomaterial SiAg_{1.5}Cu_{1.4} durante diez ciclos de uso bajo tres atmósferas distintas: oxidación, gasificación y pirolisis. Los resultados mostraron que la atmósfera oxidante permite mantener una alta capacidad de captura de azufre y una conversión completa de los compuestos adsorbidos en todos los ciclos. La gasificación también logró conversiones del 100%, aunque con un leve aumento en el tiempo de reacción. En contraste, la pirolisis mostró una pérdida significativa de actividad, alcanzando solo un 80% de conversión en el décimo ciclo. Adicionalmente, se observó que la presencia de especies Cu⁺ y Ag⁰ favorece la adsorción de azufre, mientras que su transformación a Cu²⁺ y Ag²⁺ en atmósferas oxidantes y gasificantes mejora la producción de hidrógeno. En pirolisis, la formación de sulfuros metálicos (Cu₂S y Ag₂S) bloqueó los sitios activos, reduciendo tanto la conversión como la generación de hidrógeno. Por tanto, se concluye que las atmósferas de oxidación y gasificación son las más efectivas para la regeneración del nanomaterial, y su combinación podría ofrecer una estrategia aún más robusta para aplicaciones industriales.

Formación de nanoestructuras en conjugados de Quitosano-Ácido Biliar :un estudio por FT-ATR, Raman y cámara térmica

Emily. Aida Liliana Barbosa L1*, Stevinson Caicedo Mora

¹Universidad de Cartagena, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales- Programa de Química, Campus de Zaragocilla, Cartagena- Bolívar-Colombia- Laboratorio de Investigaciones en Catálisis y Nuevos materiales LICATUC
* e-mail: abarbosal@unicartagena.edu.co

El quitosano (CS), un polisacárido catiónico biodegradable y biocompatible obtenido de la desacetilación de la quitina, posee grupos amino reactivos. Los ácidos biliares (BA), como el ácido cólico, desoxicólico o quenodesoxicólico, son moléculas anfifílicas de origen esteroideal con una cara hidrofílica (grupos hidroxilo y ácido) y una cara hidrofóbica (núcleo esteroideal). Su modificación con quitosano busca crear polímeros anfifílicos que se auto-ensamblen en soluciones acuosas formando micelas, vesículas o hidrogeles¹, con aplicaciones prometedoras en liberación controlada de fármacos (especialmente anticancerígenos hidrofóbicos), ingeniería de tejidos y desarrollo de nanosensores. La síntesis de derivados de quitosano con ácido desoxicólico se preparó mediante gelificación iónica e ionotrópica², añadiendo DCA a la fase acuosa del quitosano durante el proceso de síntesis. observando una etapa de disolución del conjugado en un medio acuoso, debido a la hidrofiliidad de las cadenas de quitosano y la hidrofobicidad de los residuos de ácidos biliares, mediante microscopia óptica in situ. A continuación, los agregados hidrofóbicos de los ácidos biliares se asociaron entre si, mediante fuerzas hidrofóbicas e interacciones de van der Waals, alejándose del agua. Lo que pudo ser evidenciado combinando las técnicas de FT-ATR y Raman que permitió identificar vibraciones de enlaces como C-H, O-H y N-H, en el rango espectral de 2700 a 700 cm⁻¹ a números de onda más bajos (~3200 - 3450 cm⁻¹). Se reportan además, enlaces de hidrógeno débiles o OH libres que aparecieron como un hombro o un pico más agudo a números de onda más altos (~3550 - 3650 cm⁻¹). La microscopia óptica permitió ver la formación de núcleo hidrológico interno, similar al de una micela. Dependiendo de método de síntesis (grado de sustitución, longitud de la cadena, tipo de ácido biliar) y las condiciones (pH, fuerza iónica, concentración), fueron formados agregados vesiculares y fibras con tamaños promedio de 213 nm, que cambiaron su apariencia con la pérdida de agua³, se apreciaron hidrogeles físicos tridimensionales, cuando la concentración fue lo suficientemente alta como para que los agregados se entrelazaran. La estabilidad de las vesículas fue estudiada por microscopia óptica, acoplada una cámara térmica, calentando de 30 °C a 100°C, generando redes más compactas. La formación de nanoestructuras en conjugados de Quitosano-Ácido Biliar es un prototipo de auto-ensamblaje molecular jerárquico y dirigido por la energía libre. No es un proceso aleatorio, sino uno gobernado por principios termodinámicos predecibles e influencia del método de síntesis.

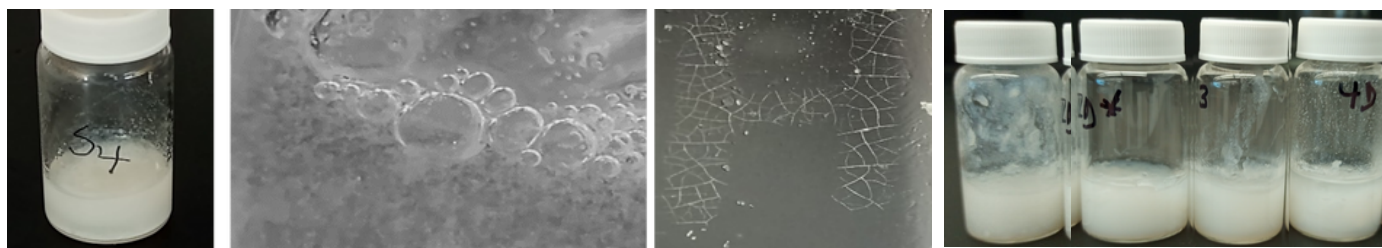


Fig. 1, Aspectos físicos de los geles obtenidos de quitosano-A Biliar, formación de vesículas y ensambles moleculares.

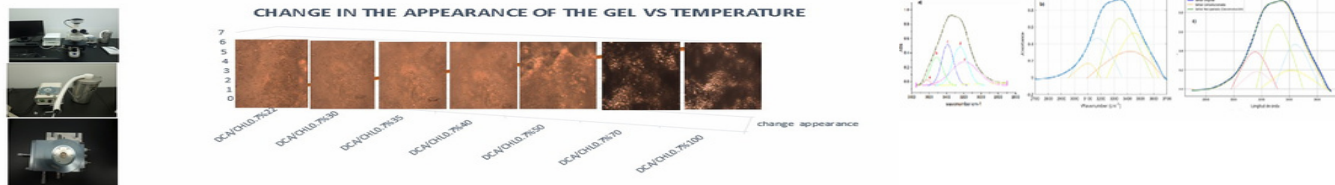


Fig. 1, Aspectos físicos de los geles obtenidos de quitosano-A Biliar, formación de vesículas y ensambles moleculares, tipos de especies OH- y H+ caracterizados en los materiales obtenidos.

Agradecimientos

Agradecemos a la vicerrectoría de investigaciones Unicartagena por proyecto de sostenibilidad 034-2024, Al Laboratorio de polímeros del profesor Julián Zhu, Universidad de Montreal-Facultad de Ciencias programa de Química, por la financiación parcial del proyecto en estancia postdoctoral.

Referencias

1. Li J, Cai C, Li J, Li J, Li J, Sun T, Wang L, Wu H, Yu G.. 2018 Oct 16;23(10):2661.
2. J Wang, S Zhuang, , Journal of Cleaner Production, 355,2022,131825
3. S. Naskar, S Sharma, K Kuotsu, Journal of Drug Delivery Science and Technology, 49,2019,66-81,

Formación de nanoestructuras en conjugados de Quitosano-Ácido Biliar :un estudio por FT-ATR, Raman y cámara térmica

Emily. Aida Liliana Barbosa L1*, Stevinson Caicedo Mora

¹Universidad de Cartagena, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales- Programa de Química, Campus de Zaragocilla, Cartagena- Bolívar-Colombia- Laboratorio de Investigaciones en Catálisis y Nuevos materiales LICATUC
* e-mail: abarbosal@unicartagena.edu.co

El quitosano (CS), un polisacárido catiónico biodegradable y biocompatible obtenido de la desacetilación de la quitina, posee grupos amino reactivos. Los ácidos biliares (BA), como el ácido cólico, desoxicólico o quenodesoxicólico, son moléculas anfifílicas de origen esteroideal con una cara hidrofílica (grupos hidroxilo y ácido) y una cara hidrofóbica (núcleo esteroideal). Su modificación con quitosano busca crear polímeros anfifílicos que se auto-ensamblen en soluciones acuosas formando micelas, vesículas o hidrogeles¹, con aplicaciones prometedoras en liberación controlada de fármacos (especialmente anticancerígenos hidrofóbicos), ingeniería de tejidos y desarrollo de nanosensores. La síntesis de derivados de quitosano con ácido desoxicólico se preparó mediante gelificación iónica e ionotrópica², añadiendo DCA a la fase acuosa del quitosano durante el proceso de síntesis. observando una etapa de disolución del conjugado en un medio acuoso, debido a la hidrofiliidad de las cadenas de quitosano y la hidrofóbicidad de los residuos de ácidos biliares, mediante microscopia óptica in situ. A continuación, los agregados hidrofóbicos de los ácidos biliares se asociaron entre si, mediante fuerzas hidrofóbicas e interacciones de van der Waals, alejándose del agua. Lo que pudo ser evidenciado combinando las técnicas de FT-ATR y Raman que permitió identificar vibraciones de enlaces como C-H, O-H y N-H, en el rango espectral de 2700 a 700 cm⁻¹ a números de onda más bajos (~3200 - 3450 cm⁻¹). Se reportan además, enlaces de hidrógeno débiles o OH libres que aparecieron como un hombro o un pico más agudo a números de onda más altos (~3550 - 3650 cm⁻¹). La microscopia óptica permitió ver la formación de núcleo hidrológico interno, similar al de una micela. Dependiendo de método de síntesis (grado de sustitución, longitud de la cadena, tipo de ácido biliar) y las condiciones (pH, fuerza iónica, concentración), fueron formados agregados vesiculares y fibras con tamaños promedio de 213 nm, que cambiaron su apariencia con la pérdida de agua³, se apreciaron hidrogeles físicos tridimensionales, cuando la concentración fue lo suficientemente alta como para que los agregados se entrelazaran. La estabilidad de las vesículas fue estudiada por microscopia óptica, acoplada una cámara térmica, calentando de 30 °C a 100°C, generando redes más compactas. La formación de nanoestructuras en conjugados de Quitosano-Ácido Biliar es un prototipo de auto-ensamblaje molecular jerárquico y dirigido por la energía libre. No es un proceso aleatorio, sino uno gobernado por principios termodinámicos predecibles e influencia del método de síntesis.

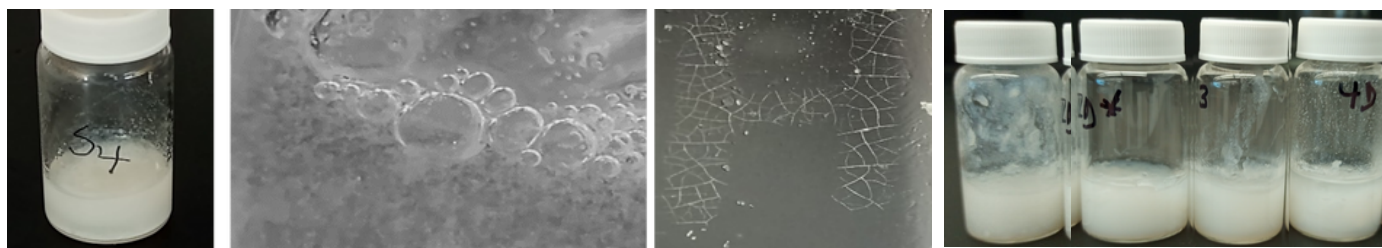


Fig. 1, Aspectos físicos de los geles obtenidos de quitosano-A Biliar, formación de vesículas y ensambles moleculares.

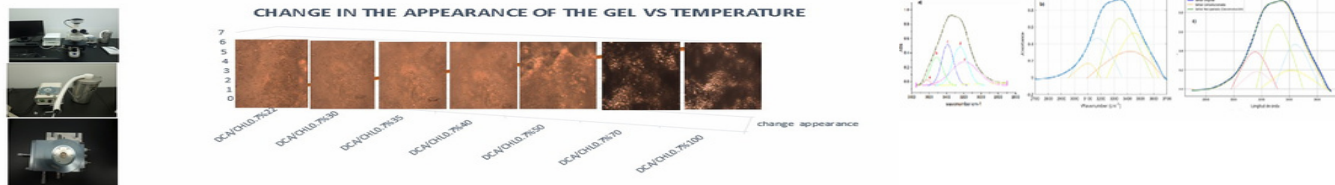


Fig. 1, Aspectos físicos de los geles obtenidos de quitosano-A Biliar, formación de vesículas y ensambles moleculares, tipos de especies OH- y H+ caracterizados en los materiales obtenidos.

Agradecimientos

Agradecemos a la vicerrectoría de investigaciones Unicartagena por proyecto de sostenibilidad 034-2024, Al Laboratorio de polímeros del profesor Julián Zhu, Universidad de Montreal-Facultad de Ciencias programa de Química, por la financiación parcial del proyecto en estancia postdoctoral.

Referencias

1. Li J, Cai C, Li J, Li J, Li J, Sun T, Wang L, Wu H, Yu G.. 2018 Oct 16;23(10):2661.
2. J Wang, S Zhuang, , Journal of Cleaner Production, 355,2022,131825
3. S. Naskar, S Sharma, K Kuotsu, Journal of Drug Delivery Science and Technology, 49,2019,66-81,

Transformación de Residuos de Cuesco de Palma en Soluciones Climáticas: Estudio de Adsorción de CO₂ sobre Biocarbones Ecoeficientes

Sergio Acevedo*,¹ Liliana Giraldo, Juan C. Moreno-Piraján, E³ Lorena Medina ⁴

¹ Escuela de Ciencias Básicas, Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Sogamoso, Colombia

² Departamento de Química. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá D.C. Colombia

³ Departamento de Química. Facultad de Ciencias. Universidad de los Andes. Bogotá D.C. Colombia

⁴ Departamento de Ingeniería. Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá D.C. Colombia

E-mail: sergio.acevedo@unad.edu.co

Introducción

La preparación de biocarbones, se relaciona con la protección del medio ambiente, ya que la producción de estos se asocia a la retención de contaminantes en medios acuosos y a nivel atmosférico, ya que con la industrialización se requieren procesos más tecnificados y una legislación más rigurosa con respecto a las emisiones en la mayoría de países. Los biochars se preparan en diferentes formas de presentación y la elegida para este estudio es la granular que permite su uso a escala industrial. Con la impregnación química se pretendió cambiar la naturaleza química de la superficial del material adsorbente con el objetivo de incrementar la afinidad y la selectividad en la captura de CO₂.

Materiales y métodos

En este estudio, se buscó la producción de biocarbones con características meso-microporosas, utilizando como material precursor el cuesco, este se trituró y activo con cloruros de calcio, magnesio y nitrato cúprico teniendo un cambio en la concentración. Después de la impregnación química se llevó a proceso de pirólisis en atmosferas inertes. Para optimizar el proceso de carbonización y asegurar la calidad de los biocarbones, se realizó un proceso de lavado exhaustivo con el fin de retirar el exceso de impregnante, las muestras fueron sometidas a análisis termogravimétrico (TGA) para evaluar sus propiedades térmicas. Se realizó la caracterización fisicoquímica de los materiales preparados y se evaluó de la capacidad de adsorción de CO₂.

Resultados y Discusión

Se determinó la adsorción de CO₂, obteniendo valores entre 170 y 270 mg g⁻¹ estos resultados se correlacionan con las características fisicoquímicas de los materiales. Con los datos experimentales obtenidos en esta adsorción, se realizó el estudio cinético considerando los modelos cinéticos de pseudo primer orden, pseudo segundo orden y difusión intrapartícula, mostrando un mejor ajuste a este último modelo del proceso de fisisorción. Finalmente, se realizó calorimetría de adsorción de CO₂ en los dos adsorbentes que presentaron las mayores capacidades de adsorción, evidenciando variaciones en las características de los carbones activados con el cambio del impregnante utilizado. Se observa una correlación entre la velocidad del proceso de adsorción de CO₂ y la capacidad de adsorción.

La Figura 1 muestra las isotermas de adsorción de N₂ de los biochars preparados. Estos materiales presentan una porosidad micro-mesoporosa con isotermas de tipo II, con presencia de bucles de histéresis pequeños y horizontales, y poros tipo ranura característicos de los sólidos carbonáceos [1], la isoterma exhibe inicialmente adsorción monocapa y posteriormente multicapa en la pared del poro, seguida de una variación relacionada con el proceso de condensación capilar de CO₂ en poros >2 nm. La Tabla 1 muestra la cantidad de CO₂ adsorbida por los adsorbentes a 273 K y 1 bar, obteniendo mediciones de adsorción de volúmenes de microporos estrechos V_n con valores entre (0,42-0,68 cm³g⁻¹). Según estos resultados, el carbón activado tiene una alta proporción de V_n lo cual favorecería el proceso de adsorción. El adsorbente debe tener propiedades estructurales apropiadas para garantizar el acceso para la adsorción de CO₂ al sólido poroso para la adsorción en poros <2 nm [2].

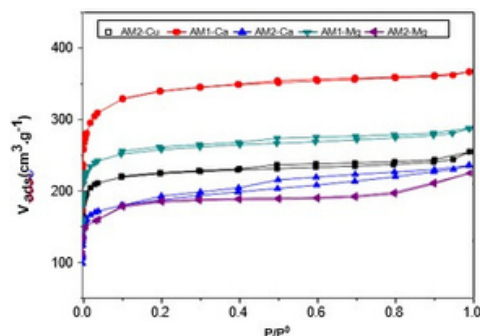


Fig.1 Isotermas de N₂ at 77 K de los biochars.

Conclusiones

En esta investigación se observó que los materiales carbonosos obtenidos presentan una red micro- mesoporosa, la cual favorece el proceso de adsorción de CO₂ y lo cual se corroboró con el estudio cinético de adsorción de los Biochars obtenidos.

Referencias

[1] Thommes M, Kaneko K, Neimark A.V, Olivier J.P, Rodriguez-reinoso F, Rouquerol J, Sing K.S.W.W (2015) Physisorption of gases, with special reference to the evaluation of surface area and pore size distribution (IUPAC Technical Report), *Pure Appl. Chem* 87: 1051–1069. <https://doi.org/10.1515/pac-2014-1117>

[2] Nazir G, Rehman A, S. Park J (2021) Role of heteroatoms (nitrogen and sulfur)-dual doped corn- starch based porous carbons for selective CO₂ adsorption and separation, *J. CO₂ Util.* 51: 101641. <https://doi.org/10.1016/j.jcou.2021.101641>

Tabla 1. Parámetros obtenidos a partir de la cantidad de CO adsorbido.

Adsorbente	Adsorción CO ₂ (mg. g ⁻¹)	V _n (cm ³ g ⁻¹)	E ₀ (kJ mol ⁻¹)	Tamaño de Poro (Å)
AM2-Cu	180	0,45	33,1	4,45
AM1-Ca	215	0,50	32,0	4,56
AM2-Ca	195	0,47	33,0	4,47
AM1-Mg	175	0,42	30,0	4,88
AM2-Mg	285	0,68	29,0	4,96

Oxidación biológica de H₂S para control de olores: simulación y validación de procesos biotecnológicos en Aspen Plus

Jesús Acevedo Mastrogiacomo,¹ Gabriela Meléndez-Plata,² Martha Lizeth Castellanos,² Juan Pablo Romero,² Héctor Lizcano,² Juan Diego Acero,² Jorge Mario Gómez,¹ Juan Carlos Cruz³ y Luis H. Reyes¹.

¹Departamento de Ingeniería Química, Universidad de Los Andes, Bogotá, Colombia.

²Enel S.A. E.S.P., Colombia.

³Departamento de Ingeniería Biomédica, Universidad de Los Andes, Bogotá, Colombia.

E-mail: j.acevedom@uniandes.edu.co

La Central Hidroeléctrica El Paraíso utiliza agua contaminada del río Bogotá, lo que favorece la liberación de sulfuro de hidrógeno (H₂S), un gas corrosivo y de fuerte impacto odorífero¹. Para mitigarlo, ENEL S.A. ESP emplea un sistema biológico compuesto por un filtro biopercolador y un biofiltro, cuya eficiencia depende del acoplamiento entre transferencia de masa y oxidación biológica². Este trabajo presenta el modelado y la validación en estado estacionario del sistema, con el fin de cuantificar su desempeño y comparar un enfoque rate-based frente a uno de equilibrio.

Se desarrolló un modelo en Aspen Plus® utilizando el paquete termodinámico ELECNRTL. El filtro biopercolador se representó como una columna reactiva con un enfoque rate-based que incluye absorción de H₂S, disociación ácido-base y oxidación biológica a sulfato. El biofiltro se modeló como un reactor de flujo pistón isotérmico, donde el H₂S residual se oxida a ácido sulfúrico. Las reacciones biológicas se describieron mediante una cinética de pseudo-orden 0.5, siguiendo la formulación validada por Diks y Ottengraf^{3,4}. Las constantes cinéticas se calibraron con datos operativos de la planta.

El modelo calibrado reprodujo adecuadamente el comportamiento del sistema. La eficiencia global de remoción de H₂S fue del 71.34%, mientras que el biofiltro alcanzó un 99.56%. El modelo de equilibrio sobreestimó la eliminación del contaminante, especialmente a altas cargas de entrada; en contraste, el modelo rate-based capturó correctamente las limitaciones de transferencia de masa y reacción, mostrando excelente concordancia con los datos reales.

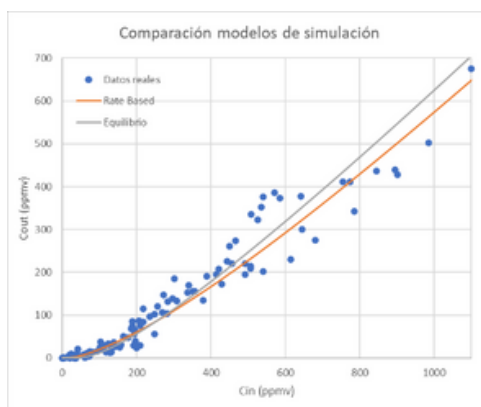


Fig. 1. Comparación entre modelo de equilibrio y modelo rate-based.

Se concluye que el enfoque rate-based es necesario para describir los fenómenos multifásicos del sistema y proporciona una base confiable para su futura optimización y para el diseño de estrategias de control. El modelo desarrollado constituye una herramienta útil para mejorar el desempeño operativo del proceso de biofiltración implementado por ENEL.

Agradecimientos

Agradecemos a ENEL S.A. ESP y a la Universidad de los Andes por su apoyo al proyecto, así como a los profesores Jorge Mario Gómez, María Francisca Villegas, Juan Carlos Cruz y Luis H. Reyes por su orientación académica y técnica.

Referencias

1. R. M. Fisher, N. Le-Minh, J. P. Alvarez-Gaitan, S. J. Moore, and R. M. Stuetz. **Sci. Total Environ.**, 2018, 616–617, 622–631.
2. M. S. Aminuddin, M. A. Bustam, and K. Johari. **RSC Sustain.**, 2024, 2(4), 757–803.
3. R. M. M. Diks and S. P. P. Ottengraf. **Bioproc. Eng.**, 1991, 6(3), 93–99.
4. S. P. P. Ottengraf and A. H. C. Van Den Oever. **Biotechnol. Bioeng.**, 1983, 25(12), 3089–3102.

Degradación simultánea de fármacos problemáticos en un efluente de agua residual empleando zeolita comercial y peroximonosulfato

Efraím A. Serna-Galvis,^{1,2} Ana M. Botero-Coy⁴, Johana Arboleda-Echavarría^{2,3}, Adriana Echavarría-Isaza², Félix Hernández⁴, Ricardo A. Torres-Palma¹
Grupo de Investigación en Remediación Ambiental y Biocatálisis (GIRAB), Instituto de Química, Facultad de Ciencias

¹

Exactas y Naturales, Universidad de Antioquia UdeA, Medellín, Colombia.

² Grupo de Catalizadores y Adsorbentes (CATALAD), Instituto de Química, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Antioquia UdeA, Medellín, Colombia.

³ Escuela de Microbiología, Universidad de Antioquia UdeA, Medellín, Colombia.

⁴ Environmental and Public Health Analytical Chemistry, Research Institute for Pesticides and Water (IUPA), University Jaume I (UJI), Castellón, Spain.

E-mail: efrain.serna@udea.edu.co

En este trabajo se estudió la combinación de una zeolita comercial con peroximonosulfato (PMS) para el tratamiento de diversos contaminantes orgánicos en agua. Aquí, se utilizó una zeolita A (ZA, material comercial asequible y de alta disponibilidad) y PMS a bajas concentraciones ($\mu\text{mol L}^{-1}$). Con el fin de comprender los aspectos fundamentales de las vías de acción, se evaluó la capacidad de la combinación PMS/ZA para degradar tres compuestos modelo en agua destilada, inicialmente. Se encontró la participación de la adsorción en ZA y la oxidación por PMS junto a la acción de oxígeno singlete. Tras evaluar las sustancias modelo, se estudió el tratamiento de efluentes de una planta de tratamiento de aguas residuales municipal (EPTAR) con especial atención sobre la eliminación de 18 productos farmacéuticos, el color y la fitotoxicidad. Se observó que la adsorción de los productos farmacéuticos sobre la zeolita A produjo una eliminación moderada debido a su naturaleza hidrófila y baja área superficial. A su vez, el PMS indujo la oxidación directa de algunos productos farmacéuticos, que presentan fracciones altamente reactivas (p. ej., formas reducidas de nitrógeno o azufre, y anillos de aromáticos activados) hacia este peróxido inorgánico. Mientras que, el sistema PMS/zeolita A resultó ser más eficiente para la eliminación de los fármacos objetivo (**Fig. 1**), además de promover la eliminación del color y la disminución de la fitotoxicidad del EPTAR tratado. Los resultados de este trabajo revelaron la alta viabilidad del proceso basado en ZA y PMS para la degradación efectiva de fármacos relevantes en efluentes de aguas residuales, disminuyendo los riesgos ambientales asociados¹.

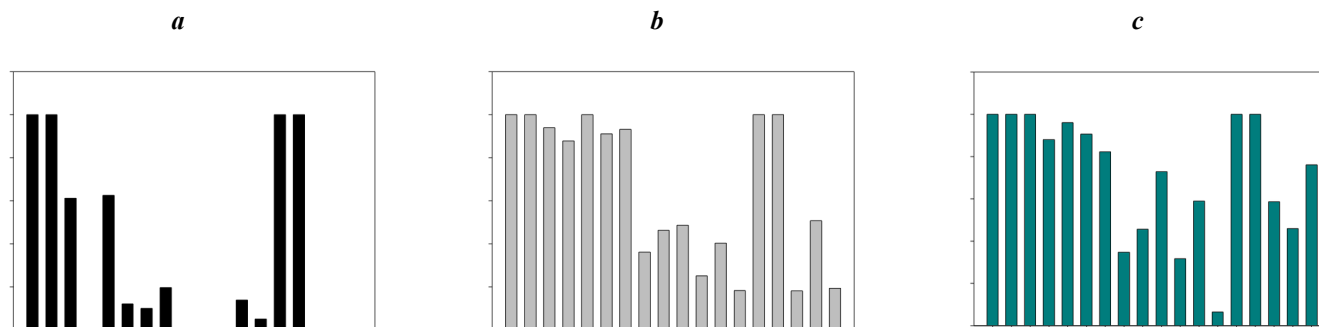


Fig. 1. Eliminación de los fármacos objetivo en EPTAR tras 60 min de tratamiento. (a) Adsorción de los fármacos en ZA (0.2 g L^{-1}), (b) Oxidación de fármacos por acción del PMS ($500 \mu\text{mol L}^{-1}$), y (c) Degradación de fármacos mediante el proceso PMS/ZA.

Agradecimientos

Autores del GIRAB agradecen a MINCIENCIAS por Proyecto “Implementación de estrategias para la recuperación de aguas residuales urbanas basadas en tratamientos solares y convencionales” (Contrato No. 2022-0457).

Referencias

1. E.A. Serna-Galvis, A.M. Botero-Coy, J. Arboleda-Echavarría, A. Echavarría-Isaza, F. Hernández, R.A. Torres-Palma. *J. Clean. Prod.* 2025, 508, 145550, doi:10.1016/j.jclepro.2025.145550.



II SIMPOSIO DE QUÍMICA UDEMEDELLÍN

Cien años entendiendo lo invisible:
el poder de la química en todas sus formas
2025

PÓSTER

Incorporación de Nanopartículas de Quitosano en Películas de Pectina como Estrategia para Potenciar sus Propiedades Funcionales como Empaques Alimentarios

Alejandra Martínez Avila¹, Ricardo Mesias², Yuliana Monsalve Carmona¹

¹Grupo de investigación Ciencia de los Materiales (CIENMATE), Instituto de Química, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales

²Grupo de investigación Materiales Poliméricos, Facultad de Ingeniería
Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia
E-mail: alejandra.martinez6@udea.edu.co

El impacto ambiental generado por los plásticos convencionales de único uso ha impulsado la búsqueda de alternativas biodegradables a partir de los biopolímeros naturales como la pectina (PEC). Este polisacárido está presente en la pared celular de muchas frutas y verduras, y sus principales fuentes de extracción incluyen los desechos del procesamiento de alimentos. Además, se destaca como un material con propiedades prometedoras para la formación de películas delgadas y biodegradables, lo cual representa gran interés para la industria de empaques. En este contexto, tiene un gran interés en obtener bioplásticos con propiedades funcionales cercanas a los polímeros sintéticos, por lo que se ha desarrollado la incorporación de materiales como las nanopartículas de quitosano (NPsQs). En este estudio se elaboraron películas de PEC obtenidas a partir de los desechos de la cáscara de mango reforzadas con NpsQs, con el objetivo de evaluar sus propiedades estructurales y funcionales para aplicaciones en empaques activos de alimentos. La PEC fue obtenida por hidrólisis ácida asistida térmicamente, seguida de un proceso de purificación y liofilización. Las NPsQs fueron preparadas por el método de congelación y descongelación a gran escala de un tamaño de partícula promedio de 135.2 ± 2.9 nm y un potencial Z de 26.7 ± 0.9 mV. Las películas se fabricaron mediante el método de casting, incorporando NPsQs en porcentajes del 1.0, 2.0 y 3.0%, respecto al área de PEC. Los resultados arrojados por los análisis termogravimétricos demuestran que la incorporación de NpsQs en las películas generó un incremento en la estabilidad térmica de estas. Además, el análisis por infrarrojo mostró un desplazamiento de las bandas a 1234 y 3343 cm^{-1} (N-H y O-H, PEC), relacionadas con los enlaces de hidrógeno generados entre el quitosano y la PEC, lo cual representa un entrecruzamiento entre ambos polímeros. De esta manera, se establece que la incorporación de NpsQs incrementará la resistencia mecánica y conferirá propiedades antimicrobianas a las biopelículas, generando así un material con mayor valor agregado. Este trabajo demuestra el potencial de los residuos de mango agroindustriales como fuente de biopolímeros y su aplicación en el desarrollo de empaques biodegradables y sostenibles, contribuyendo a la reducción del uso de plásticos derivados del petróleo.

Palabras clave: Biopelículas, Cáscara de mango, Nanopartículas de quitosano (NPsQs) y Pectina (PEC).

Agradecimientos: Los autores agradecen a la Universidad de Antioquia, al grupo de investigación CIENMATE y al programa joven investigador de la vicerrectoría de investigación UdeA, por el convenio pasantía N° 2024-71365.

Referencias

1. M. V. Lorevice, C. G. Otoni, M. R. de Moura and L. H. C. Mattoso. *Food Hydrocolloids.*, 2016, 52, 732–740.
2. Y. Monsalve, L. Sierra and B. López. *Macromol. Symp.*, 2015, 354, 91–98.

Estabilidad estructural e interacciones intermoleculares del octámero de agua: exploración exhaustiva de la superficie de energía potencial.

Ana María Arango,¹ Santiago Gómez,² Andy Zapata,³ Albeiro Restrepo¹

¹ Grupo Química - Física Teórica, Instituto de química, Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia

² Física Teórica (TEOFY), Universidad de Linköping, Linköping, Suecia

³ Instituto de Modelado e Innovación Tecnológica (UNNE-CONICET), Corrientes, Argentina

E-mail: ana.arango@udea.edu.co

Se presentará una exploración exhaustiva de la superficie de energía potencial del octámero de agua (H_2O)₈, con el objetivo de encontrar y clasificar la diversidad estructural, así como caracterizar sus interacciones intermoleculares. El muestreo conformacional se realizó mediante el programa ASCEC¹ (Annealing Simulado Con Energías Cuánticas), utilizando el método semiempírico PM6 y un esquema de enfriamiento geométrico desde 400 K con un descenso del 5 % en 100 etapas. Las estructuras generadas fueron optimizadas a un nivel de teoría MP2=full/6-311++G(d,p). Se realizaron análisis topológicos mediante los descriptores QTAIM² (Quantum Theory of Atoms in Molecules) y NCI (Non-Covalent Interaction) y análisis de orbitales naturales (NBO), lo que permitió caracterizar en detalle las redes de enlaces de hidrógeno y las propiedades de densidad electrónica. A continuación se muestran algunos resultados:

Se identificaron 188 mínimos en la superficie de energía potencial, los cuales fueron clasificados en 75 motivos estructurales únicos según criterios geométricos y energéticos. Se presentan en detalle los cinco conformeros más estables, resaltando sus patrones de enlaces de hidrógeno y características topológicas.

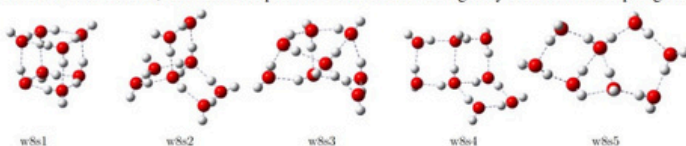


Figura 3: Algunos motivos geométricos en la SEP del octámero de agua.

Gráficos de análisis topológico mediante QTAIM para las 5 estructuras más representativas:

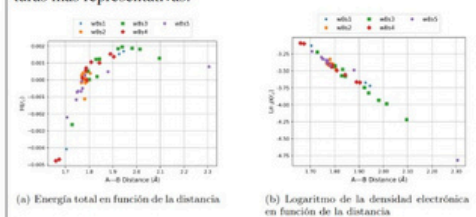


Tabla 1. Análisis energético para los agregados de (H_2O)₈. BE: Energías de enlazamiento, ΔE : Energía relativa con respecto a la estructura más estable. Los valores E^* están corregidos por ZPEs. Todas las energías están en Kcal/mol.

Configuración	BE MP2	BE CCSDT	BE* MP2	BE* CCSDT	ΔE MP2	ΔE CCSDT
w8s1	81.19	80.34	60.06	59.21	0.00	0.00
w8s2	74.03	73.01	54.77	53.75	5.30	5.46
w8s3	73.02	72.51	53.03	52.51	7.04	6.69
w8s4	73.18	72.12	53.73	52.67	6.34	6.53
w8s5	72.60	71.51	53.25	52.16	6.18	7.05

$$BE = E(\text{agregado}) - 8E(\text{monómero}).$$

(1)

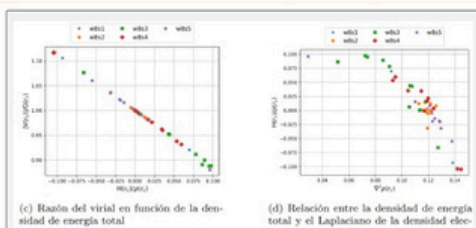


Figura 4: Análisis topológico en los BCPs para interacciones intermoleculares.

Superficies NCI y valles que describen los contactos intermoleculares para los octámeros con mayor y menor energía de enlace.

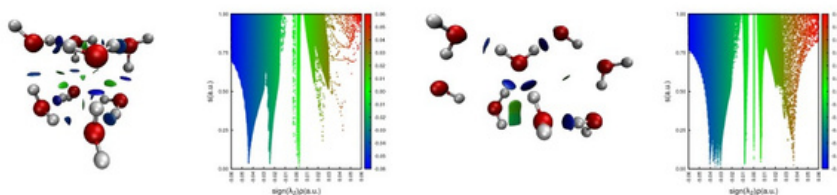


Figura 5: Representaciones y superficies NCI.

Referencias

1. Pérez, J. F.; Hadad, C. Z.; Restrepo, A. Int. J. Quantum Chem. 2008, 108 (10), 1925-1936.
2. Bader, R. Atoms in Molecules: A Quantum Theory; Oxford University Press: Oxford, UK, 1990.

Análisis de la Aromaticidad en Heterociclos Conjugados Mediante la Función de Localización Electrónica (ELF)

Ana Vanegas,¹ Albeiro Restrepo,¹ Andrea Echeverri,²

¹ Grupo de Investigación de Química-Física Teórica / Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia

² Departamento de Física, Facultad de Ciencias, Universidad de Chile, Las palmeras 3425, Santiago, Chile

E-mail: ana.vanegasc@udea.edu.co

La aromaticidad es un concepto fundamental para comprender la estabilidad y reactividad de diversas moléculas en química orgánica y bioquímica. En heterociclos conjugados con seis miembros, se ha reportado que la incorporación de heteroátomos como el nitrógeno, oxígeno, fósforo, y entre otros, suelen disminuir la aromaticidad comparado con el benceno, sin embargo, los diferentes índices siguen teniendo considerables inconsistencias entre ellos¹. En este trabajo se aborda dicho problema proponiendo un análisis de la función de localización electrónica que permita conectar los rasgos estructurales con una medida cuantitativa de aromaticidad.

Se considera la familia de heterociclos conjugados como la piridina (CHN), pirimidina (CHN), boracina (BNH), entre otros, los cuales son ampliamente usados en la síntesis de fármacos y materiales². La aromaticidad de algunos de estos heterocíclicos se ha evaluado anteriormente mediante índices como Nucleus-Independent Chemical Shift (NICS), índice magnético, Harmonic Oscillator Model of Aromaticity (HOMA), índice geométrico, Multicenter (Bond) Index (MCI), Aromatic Fluctuation Index (FLU) y Para-Delocalization Index (PDI), índices electrónicos, entre otros. No obstante, persisten cuestionamientos sobre por qué la presencia y posición del heteroátomo modula los patrones de deslocalización³.

La función de localización electrónica (ELF), introducida por Becke y Edgecombe en 1989, da una idea de la localización/deslocalización electrónica. Su kernel es el exceso de densidad de energía cinética debido a la repulsión de Pauli⁴. La ELF se expresa como

$$ELF_{\sigma}(\mathbf{r}) = \frac{1}{1+\chi_{\sigma}(\mathbf{r})^2}, \chi_{\sigma}(\mathbf{r}) = \frac{D_{\sigma}(\mathbf{r})}{D_{\sigma}^0(\mathbf{r})}, D_{\sigma}(\mathbf{r}) = \tau_{\sigma}(\mathbf{r}) - \frac{|\nabla \rho_{\sigma}(\mathbf{r})|^2}{4\rho_{\sigma}(\mathbf{r})} - \frac{|\mathbf{j}_{p,\sigma}(\mathbf{r})|^2}{\rho_{\sigma}(\mathbf{r})}, D_{\sigma}^0(\mathbf{r}) = \frac{3}{5}(6\pi^2)^{2/3}\rho_{\sigma}(\mathbf{r})^{5/3}$$

donde, D_{σ} es la densidad 'exceso' asociada a la localización electrónica y D_{σ}^0 valor de referencia. Esta toma valores entre 0 y 1, donde los valores próximos a 1 indican regiones donde es más probable encontrar un electrón o un par de electrones y estos se relacionan a electrones de core, valencia o enlace.

Metodológicamente, se optimizan las geometrías a nivel DFT, se calcula la contribución π de la ELF y se analiza la bifurcación de las isosuperficies para determinar los valores de bifurcación de cierre de anillo (RCBV, ring-closure bifurcation value). RCBV se define como el valor de la ELF_{π} al cual los dominios π encierran el anillo, un valor mayor a 0.70 indica sistemas aromáticos y para cuantificar la dispersión de los valores de bifurcación de la ELF_{π} alrededor del anillo se calcula (DBV, difference of bifurcation values) como la diferencia entre los valores de bifurcación de ELF_{π} más altos y más bajos a lo largo del anillo. Un DBV bajo indica deslocalización π homogénea (aromaticidad alta) y DBV alto revela deslocalización desigual/localización (menor aromaticidad o antiaromaticidad)⁵. Esta contribución ofrece una lectura consistente de la aromaticidad en heterociclos basados en la ELF que busca comparar y complementar los índices convencionales.

Referencias

1. I. V. Omelchenko, O. V. Shishkin, L. Gorb, J. Leszczynski, S. Fias and P. Bultinck, *Phys. Chem. Chem. Phys.*, 2011, 13, 20536-20548
2. M. Shiri, *Chem. Rev.*, 2012, 112, 3508–3549
3. Weibo Dong, Haijun Wang, Qingyu Ge and Lei Wang, *Theor. Chem. Acc.*, 2007, 118, 195-203
4. A. D. Becke and K. E. Edgecombe, *J. Chem. Phys.*, 1990, 92, 5397-5403
5. J. C. Santos, W. Tiznado, R. Contreras and P. Fuentealba, *J. Chem. Phys.*, 2004, 120, 1670-1673

PROCESAMIENTO QUÍMICO DE PULPA DE PAPEL RECICLADO PARA LA OBTENCIÓN DE BIOMATERIALES BIODEGRADABLES

Andrea Carolina Pizarro Romero,¹ Luis Enrique Ramírez,² Frances Nicoletta Almontes Torres,² Isabella Escobar Barrientos,¹
- Ximena Gaviria Gómez,¹ María Isabel Mejía Correa.¹

¹Grupo de Investigaciones y Mediciones Ambientales (GEMA), Universidad de Medellín, Colombia

²Instituto Tecnológico Superior de Apatzingán, Apatzingán Michoacán

Email: apizarro664@soyudemedellin.edu.co

En Colombia, la industria papelera es uno de los sectores que ha incorporado con mayor éxito prácticas de economía circular, reutilizando fibras recicladas en la producción de papel. Se estima que cerca del 68 % de la materia prima utilizada proviene de fibras recicladas¹. Sin embargo, estas fibras tienen un límite de reutilización (5 a 7 ciclos), lo que genera un flujo continuo de residuos que no siempre son valorizados adecuadamente². Este panorama se suma al impacto ambiental asociado al proceso papelero, que implica altos consumos de agua y energía y genera lodos y otros subproductos sólidos³.

El papel está compuesto principalmente por celulosa (40-55 %), hemicelulosa (25-35 %) y lignina (15-20 %), además de aditivos minerales y cargas para mejorar sus propiedades⁴. Estos aditivos confieren resistencia al papel, pero dificultan su reconversión directa en nuevos materiales. Por ello, se hace necesario aplicar pretratamientos químicos, como el uso de soluciones alcalinas, para eliminar lignina y hemicelulosa y mejorar la pureza de la celulosa, que es la fase polimérica deseada para generar nuevos biomateriales biodegradables⁵. Este trabajo tiene como propósito recuperar químicamente la celulosa presente en la pulpa de papel reciclado y transformarla en una suspensión fibrilar adecuada para la fabricación de películas funcionales, contribuyendo a la reducción del impacto ambiental y a la sustitución de plásticos de un solo uso. Para lograr la obtención del biomaterial, se transforman las fibras lignocelulósicas mediante un pretratamiento alcalino que permite eliminar lignina y hemicelulosas, mejorando la pureza de la celulosa para producir películas funcionales. En el trabajo se evaluaron variables como concentración de NaOH, temperatura y tiempo de tratamiento. En el proceso se pesaron muestras de pulpa de papel (15-35 g) y se sometieron a un pretratamiento con soluciones de NaOH en concentraciones entre 1 y 8 % p/v. Se mantuvo una relación sólido-líquido de 1:15. Luego para un pretratamiento alcalino, se llevó a cabo en agitación constante a temperaturas de 70 a 90 °C durante 2 horas. Posteriormente, las muestras fueron lavadas con agua destilada hasta alcanzar pH neutro; para el secado y rehidratación, las fibras se secaron en estufa a 70°C y 90 °C por 24 horas. Luego se rehidrataron con agua destilada en proporción 1:10 y se sometieron a procesos de licuado y sonificación (20 kHz, 10 minutos, pulsos de 10 s) para lograr una suspensión homogénea. Finalmente, se realizó la formación de películas; las suspensiones se depositaron en cajas de Petri y se secaron a 70 °C por 48 horas hasta obtener películas con forma circular y diferentes espesores.

Las pruebas realizadas demostraron que la concentración de NaOH y la temperatura son factores determinantes en la modificación química de la pulpa y en las propiedades del biomaterial final. A concentraciones moderadas de NaOH (1-3 % p/v) y temperaturas controladas (70-80 °C), se logró una eliminación parcial de lignina y hemicelulosa, manteniendo la integridad de la celulosa, favoreciendo la cohesión de las fibras. Esto permitió la formación de películas continuas, homogéneas y con buena flexibilidad. Por el contrario, concentraciones superiores (≥ 5 %) y temperaturas elevadas (>90 °C) intensificaron las reacciones de hidrólisis y saponificación, provocando hinchamiento excesivo y degradación parcial de la estructura de la celulosa, lo que resultó en películas quebradizas o con fallas en su formación. Cuando el tratamiento fue insuficiente ($\text{NaOH} < 1$ %), la lignina residual dificultó la cohesión de las fibras, generando películas delgadas y frágiles.



Figura 1. Fotografías comparativas de películas obtenidas bajo diferentes condiciones de concentración y temperatura. **a)** 1+, 2+, 3+ (20g – 90°) **b)** 1+2+ 3+ (10g–70°) **c)** 1-2-3- (10g – 90°).

Estas diferencias se explican por la acción química del NaOH, que ataca los enlaces éster de la lignina y hemicelulosa, permitiendo que la celulosa se esponga y pueda reorganizarse en la suspensión. Sin embargo, condiciones extremas aceleran la hidrólisis del propio polisacárido, reduciendo su masa molecular y afectando la resistencia del biomaterial. Los resultados indican que el proceso de tratamiento implementado permite la obtención de un biomaterial con posible aplicación en el desarrollo de materiales sustitutos de plásticos de un solo uso, siendo este enfoque un método que contribuye a la economía circular y ofrece una alternativa sostenible para la sustitución de plásticos convencionales.

Agradecimientos

Agradecemos profundamente a la Universidad de Medellín por su apoyo institucional y académico en el desarrollo de este proyecto. Su compromiso con la investigación aplicada y la sostenibilidad ambiental ha sido clave para explorar el potencial de residuos como el papel en procesos de desarrollo de biomateriales.

Referencias

- [1] ANDI. (2023). Informe sectorial: reciclaje en la industria papelera colombiana.
- [2] ATPC. (2021). Límites del reciclaje de fibras y su impacto en la cadena productiva. *Revista Celulosa y Papel*, 33(4), 45-52.
- [3] Ministerio de Ambiente. (2022). Avances en economía circular en Colombia.
- [4] IntechOpen. (2023). Chemical Composition of Paper and Lignocellulosic Materials.
- [5] Rowell, R. (2019). Chemical Modification of Lignocellulosic Fibers for Use in Composites. *Journal of Natural Fibers*, 16(1), 1-14.

Estudio preliminar de la correlación de prueba de corrosión por niebla salina y espectroscopia de impedancia electroquímica (EIS) para la evaluación de recubrimientos anticorrosivos en el segmento de motocicletas

Andrea Vélez Macías,¹ Andrés F. Sánchez-Medina,² Lina Paola Higueta González,¹ Carolina Ramírez-Sánchez²

¹ PPG INDUSTRIES COLOMBIA LTDA

² Instituto Tecnológico Metropolitano, Medellín, Colombia.

E-mail: Andrea.velez@ppg.com

Una de las propiedades críticas en el desempeño del segmento de motocicletas para tener un performance adecuado es la resistencia a la corrosión, esta prueba se lleva a cabo en todas las ensambladoras y tradicionalmente toma un tiempo de 17 días para obtener los resultados de en cámara de niebla salina, lo que implica tiempos de control de calidad muy extensos. En contraste, el método de espectroscopia de impedancia electroquímica (EIS) es una técnica no destructiva, que permite analizar la resistencia de películas orgánicas en sustratos metálicos¹, proporcionando resultados en pocas horas. Por ello, el objetivo de este estudio es comparar la resistencia a la corrosión de diferentes recubrimientos, utilizando la prueba de niebla salina y la EIS con el fin de identificar si existe correlación en los resultados que arrojan ambas técnicas. En la **Fig 1**, se presenta la comparación de las metodologías para la evaluación por niebla salina (salt spray) y EIS, resaltando el tiempo de análisis en ambas.



Fig 1. Metodología de trabajo

Tabla 1. Comparación de resultados por niebla salina y EIS

Metodología	Niebla salina		EIS
Panel aplicado Primer gris	Desprendimiento (mm)	Ampollamiento (mm) 2.16	Módulo de impedancia Log10 (ohm)
Primer negro	4.13	0.99	7.131
DTM brillante	0.56	1.1	8.318
	1.77		8.482

Los resultados obtenidos tras la prueba de niebla salina y EIS se presentan en la **Tabla 1**, evidenciando que las muestras primer negro y DTM brillante presentan un menor desprendimiento y ampollamiento en comparación con el primer gris, que sobrepasa un desprendimiento de 4 mm con un ampollamiento de 2.16 mm. Además, el módulo de impedancia obtenido por la técnica EIS es mayor para el recubrimiento DTM y primer negro, mientras que para el primer gris oscuro es menor en un orden de magnitud, presentando una diferencia marcada entre las muestras. En ambas metodologías, se observa que los recubrimientos del primer negro y DTM brillante presentan el mejor desempeño frente a la corrosión, siendo este un resultado preliminar prometedor, debido a que los datos obtenidos en 240 h en niebla salina son comparables con los resultados de EIS obtenidos en 2 h. Aunque es indispensable realizar una comparación estadística entre ambas técnicas, se concluye que el método de EIS podrá ser una herramienta eficaz para la evaluación temprana del desempeño de recubrimientos, permitiendo predecir su comportamiento en pruebas de niebla salina durante las primeras etapas del desarrollo.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la empresa PPG y al Instituto Tecnológico Metropolitano por favorecer espacios de cooperación Institución – Empresa.

Referencias

1. S. Billet. Electrochemistry as fast predictive tool for corrosion study., 2022, 02
2. E.D. Koisidou, A. Karantonis, G.B. Sacalis and D.I. Pantelis. Electrochemical impedance spectroscopy of scribed coated steel after salt spray testing., 2018, 127-150
3. Laschuk NO, Easton EB, Zenkina O V. Reducing the resistance for the use of electrochemical impedance spectroscopy analysis in materials chemistry. Vol. 11, RSC Advances. Royal Society of Chemistry; 2021. p. 27925–36.

Adsorción de moléculas pequeñas en fosforeno defectuoso

A.S. Giraldo-Neira¹, C. A. Duque¹, J. D. Correa², M. E. Mora-Ramos³

¹Grupo de Materia Condensada-UdeA, Instituto de Física, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Antioquia UdeA, Calle 70. 52-21, Medellín, Colombia.

²Instituto de Ciencias Básicas, Universidad de Medellín, 050026, Medellín, Colombia

³Centro de Investigación en Ciencias-IICBA, Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Ac. Universidad No. 1001, CP. 62209, Cuernavado, Morelos, Mexico

E-mail: anna.giraldo@udea.edu.com

La investigación de materiales post-grafeno ha posicionado al fosforeno como una alternativa prometedora¹. Su principal ventaja para la electrónica reside en su banda prohibida (bandgap) directa y ajustable, una característica ausente en el grafeno semimetálico. Sin embargo, su viabilidad práctica está comprometida por una marcada inestabilidad ambiental, manifestada en una pronta degradación por exposición al oxígeno y a la humedad². Aunque la interacción de gases con fosforeno prístino o dopado ha sido previamente investigada, la influencia que ejercen las configuraciones de vacancias específicas sobre la adsorción de moléculas gaseosas relevantes para el medio ambiente aún no se ha dilucidado sistemáticamente. Este trabajo se enfoca precisamente dicha brecha, realizando cálculos basados en la Teoría del Funcional de la Densidad (DFT) para investigar la adsorción de pequeñas moléculas de gas (H, N, NO y CO) sobre fosforeno negro con defectos estructurales. Se consideran diferentes configuraciones de vacancias simples (SV) y dobles (DV-1, DV-2) en una monocapa, comparándolas con el caso prístino, como se ilustra en la **Fig. 1**.

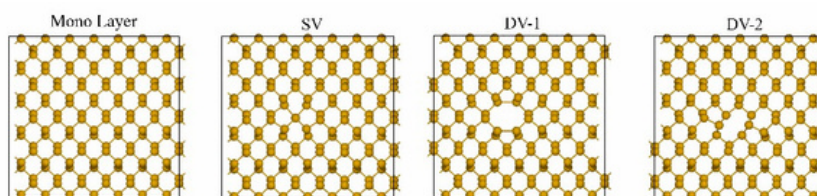


Fig. 1. Representación esquemática de las vacancias consideradas en el fosforeno negro: Monocapa sin vacancias (NV), vacancia simple (SV), vacancia doble tipo 1 (DV-1) y vacancia doble tipo 2 (DV-2).

Los resultados revelan que, con la excepción del NO, las moléculas de gas analizadas presentan energías de adsorción bajas, lo que facilita su posterior desorción. Para la mayoría de las especies, se calcularon energías del orden de unas pocas decenas de meV, lo cual es consistente con una interacción débil. En contraste, la molécula de NO exhibe un comportamiento marcadamente diferente. Su adsorción es débil sobre las superficies prístina y con divacancias (DV1 y DV2). No obstante, la introducción de monovacancias en la monocapa de fósforo negro (BP) potencia drásticamente la interacción. En estas superficies defectuosas, la energía de adsorción del NO aumenta a varios cientos de meV, alcanzando un valor máximo de 1.2 eV en el sitio específico Bridge-2, lo que demuestra una fuerte afinidad química con dicho defecto.

Tabla 1. Comparación de la energía de adsorción (E_{ads}) para la molécula de NO.

Superficie	Sitio de adsorción	E_{ads}
NV	Top	-0.036
SV	Bridge-2	-1.2

Agradecimientos

ASGN y CAD agradecen a la Universidad de Antioquia por el apoyo a través de la beca del Programa de Jóvenes Investigadores.

Referencias

1. M. Batmunkh, M. Bat-Erdene, J. G. Shapter. *Advanced Materials*, 2016, 28, 8586-8617.
2. C. Wang, X. Han, G. Li, C. Lu, J. Chen, Z. Li. *Journal of Materials Chemistry A*, 2015, 3, 21102–21107.
3. L. Kou, T. Frauenheim, C. Chen. *The Journal of Physical Chemistry Letters*, 2014, 5, 2675-2681.

Virtual screening: docking and molecular dynamics of natural molecules against dengue virus serotypes.

Belcy Liliana Mendoza-Quintana, Jesús Tadeo Olivero Verbela and Jairo Mercado-Camargo*²

¹Environmental and Computational Chemistry Group, School of Pharmaceutical Sciences, Zaragocilla Campus, University of Cartagena, Cartagena, 130014, Colombia.

² Medicinal Organic Chemistry Research Group, School of Pharmaceutical Sciences, Zaragocilla Campus, University of Cartagena, Cartagena 130001, Colombia.

E-mail: belcymendoza5@gmail.com

Dengue virus (DENV), belonging to the Flavivirus genus, is transmitted mainly by the *Aedes aegypti* mosquito and represents a public health problem in the whole world. There are four serotypes of the virus (DENV-1, DENV-2, DENV-3 and DENV-4), all capable of infecting humans. This study aimed to perform a virtual screening and molecular docking of natural ligands against dengue virus serotypes, characterize protein-ligand interactions and evaluate the stability of the complexes by simulations. For this purpose, six non-structural proteins of the virus (NS1, NS2/NS3 active inhibitor, NS2/NS3 inactive inhibitor, NS2/NS3 protease, NS3 and NS5) and one structural protein (protein E), obtained from the Protein Data Bank (PDB: 4O6B, 3U1I, 2FOM, 3L6P, 2VBC, 4V0R and 1KOE, respectively), were selected. A total of 1,100 structures of naturally occurring molecules reported to have antiviral properties or possible antimicrobial action, obtained from databases and literature references, were coupled to three-dimensional protein structures using AutoDock Vina, using Discovery Studio 2021 for interaction characterization. Validation of the simulation was performed using a ROC curve. The best results were observed for 2BVC complexes: (5-(2-(2-phenyl-4-oxochromen-2-yl))-5-(2-phenyl)-chromen-4-one) presented an affinity of -12.0 kcal/mol, followed by 2FOM-(2-[2-[4-[4-[5-(5,7-dihydroxy-4-oxo-2H-chromen-2-yl)-2-hydroxyphenoxy]phenyl]-5,7-dihydroxy-4H-chromen-4-one) with -11.6 kcal/mol, 2BVC-(3,4-dimethyl-9-(4-phenoxyphenyl)-9,10-dihydro-2H,8H-chromeno[8,7-e][1,3]oxazin-2-one) with -11.6 kcal/mol, and 2BVC-(8-[(2S,3R)-5,7-dihydroxy-2-(4-hydroxyphenyl)-4-oxo-2,3-dihydro-2H-chromen-3-yl]-2-(3,4-dihydroxyphenyl)-5,7-dihydroxy-4H-chromen-4-one) with -11.4 kcal/mol. The validation results by ROC curve for 2BVC and 2FOM proteins were $93.6 \pm 2.6\%$ and $92.1 \pm 1.7\%$, respectively. Suggesting a high selectivity of the ligands evaluated. Finally, these natural compounds showed potential to interact with the selected therapeutic targets, especially the compound 5-(2-phenyl-4-oxochromen-2-yl)-5-(2-phenyl) chromen-4-one. Keywords: Tropical disease, in silico search, bioinformatics, therapeutic molecules, Dengue virus.

Agradecimientos

A los grupos de investigación en Química Ambiental y Computacional, Química Orgánica Medicinal, y a la Universidad de Cartagena

Referencias

1. P. Abishad, P. Niveditha, V. Unni, J. Vergis, N.V. Kurkure, S. Chaudhari, D.B. Rawool, and S.B. Barbuddhe. Gut Pathog., 2021, 13(1), 46. <https://doi.org/10.1186/s13099-021-00443-3>
2. A.M. Ahmed, A.T. Mohammed, T.T. Vu, M. Khattab, M.F. Doheim, A. Ashraf Mohamed, M.M. Abdelhamed, B.E. Shamandy, M.T. Dawod, W.A. Alesaei, M.A. Kassem, O.M. Mattar, C. Smith, K. Hirayama, and N.T. Huy. Rev. Med. Virol., 2020, 30(2). <https://doi.org/10.1002/rmv.2093>
3. S. Alqahtani. Expert Opin. Drug Metab. Toxicol., 2017, 13(11), 1147-1158. <https://doi.org/10.1080/17425255.2017.1389897>
4. A.G. Atanasov, S.B. Zotchev, V.M. Dirsch, I.E. Orhan, M. Banach, J.M. Rollinger, D. Barreca, W. Weckwerth, R. Bauer, E.A. Bayer, M. Majeed, A. Bishayee, V. Bochkov, G.K. Bonn, N. Braid, F. Bucar, A. Cifuentes, G. D'Onofrio, M. Bodkin, and C.T. Supuran. Nat. Rev. Drug Discov., 2021, 20(3), 200-216. <https://doi.org/10.1038/s41573-020-00114-z>
5. S.L. Badshah, S. Faisal, A. Muhammad, B.G. Poulson, A.H. Emwas, and M. Jaremko. Biomed. Pharmacother., 2021, 140, 111596. <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2021.111596>

Desarrollo de catalizadores para la Síntesis de Fischer Tropsch a partir de un caolín colombiano

Cristian Arley Morillo,¹ María Natalia Suárez,¹ Jorge Andrés Moreno¹, Douglas Ramón Rodríguez²

¹ Química de Recursos Energéticos y Medio Ambiente, Instituto de Química, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia

² Grupo de Catálisis Ambiental, Departamento de Ingeniería Química, Facultad de Ingeniería, Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia

E-mail: cristian.morillo@udea.edu.co

En este trabajo se estudia la valorización de un caolín colombiano para el desarrollo de sólidos con propiedades ácidas que serán usados en una estrategia bifuncional en la Síntesis Fischer Tropsch. A partir de un caolín nacional (CR) se procedió mediante una de extracción ácida y utilizando silicato de sodio y aluminato de sodio como precursores a preparar materiales tipo pseudoboehmita (SiCR) de acuerdo con el procedimiento descrito por Yuan et al.¹. Posteriormente, el catalizador bifuncional FTS fue preparado por mezcla física con oxalato de hierro y el material Si-CR. Los catalizadores bifuncionales fueron nombrados como xFeSiCR donde x indica la relación másica entre el sólido ácido y el oxalato de hierro. Los materiales fueron caracterizados por Fluorescencia de Rayos X (XFR), área específica BET (ABET), desorción a temperatura programada de amoníaco (TPD-NH₃) y análisis termogravimétrico (TGA). Las pruebas de actividad catalítica para la Síntesis Fischer Tropsch fueron llevadas a cabo en un reactor de lecho fijo isotérmico, a 280°C y 20 bar en presencia de gas de síntesis (H₂/CO/N₂=45/45/10), a diferentes velocidades espaciales horarias (GHSV: 9500 a 25000 gFe h⁻¹ mol CO⁻¹). En la caracterización de los materiales se observó que la composición química del material SiCR no cambió significativamente con respecto al caolín de partida, no obstante, las propiedades texturales mejoraron significativamente al observarse isothermas de adsorción-desorción de nitrógeno con forma bimodal tipo I y IV, con un lazo de histéresis tipo H3 y distribución de poro más estrecha que abarca desde los microporos hasta los mesoporos pequeños (3-10 nm). Además, los materiales sintetizados presentaron un aumento significativo en el área específica (ABET) y volumen de poro que podría estar asociado al rearrreglo parcial de la estructura laminar y a la generación de una galería de poros². Los resultados de desorción de NH₃ indicaron un aumento en la cantidad de sitios ácidos débiles y medios, en tanto que los análisis de estabilidad térmica para los sólidos sintetizados revelaron tres pérdidas de peso una entre 20°C y 180°C que corresponde a la remoción de humedad, una segunda pérdida de peso entre 300°C y 600°C que se asocia a agua coordinada y una última pérdida de peso a temperaturas mayores a 650°C que corresponde a la deshidroxilación³. Los resultados de actividad catalítica en función de la velocidad espacial (Figura 1a) mostraron que a pesar de la diferencia en la proporción de fase activa FTS y material ácido no se observaron diferencias significativas en la frecuencia de reacción, esto debido a que la cantidad total de sitios metálicos de Fe (función FTS) fue la misma en ambos casos. No obstante, como era de esperarse, si se observaron cambios en las selectividades gracias a las reacciones secundarias que son introducidas por el componente ácido (SiCR) que se encuentra en diferentes proporciones (Figura 1b). A bajas velocidades espaciales (bajas conversiones) el catalizador con una mayor proporción del componente ácido (5FeSiCR) presenta mayor selectividad hacia compuestos livianos C₂-C₄ a expensas de una disminución en la cantidad de compuestos C₅+, esto tiene lugar gracias a las reacciones secundarias, como por ejemplo, las rupturas de enlaces C-C que aportan los sitios ácidos del material SiCR. En conclusión, estos resultados indican que el material ácido sintetizado posee propiedades texturales y acidez superficial adecuadas para proveer una segunda función catalítica durante la Síntesis Fischer-Tropsch.

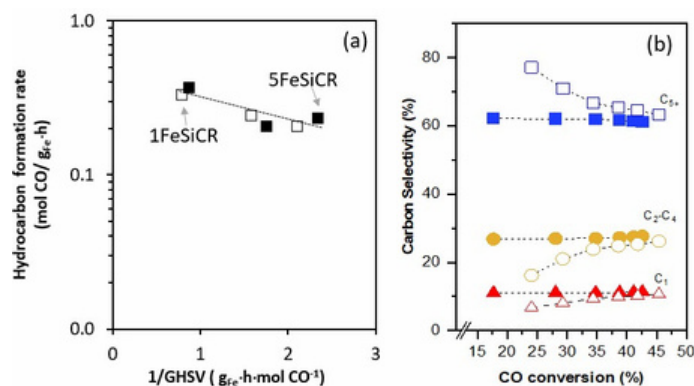


Figura 1. Velocidad de formación de hidrocarburos (a) y distribución de productos (b) en la Síntesis Fischer Tropsch para los catalizadores 1FeSiCR (símbolos abiertos) y 5FeSiCR (símbolos cerrados). T=280 °C, P=20 bar, H₂/CO/N₂=45/45/10 % vol.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Universidad de Antioquia quien a través de la convocatoria programática 2021-2022 proporcionaron los recursos financieros del proyecto 2022-5308.

Referencias

1. C. Yuan, Z. Li, L. Zhou, and G. Ju. *Materials*, vol. 15, no. 6, 2022
2. C. Flores, N. Batalha, N. R. Marcilio, V. V. Ordonsky, and A. Y. Khodakov. *ChemCatChem*, vol. 11, no. 1, pp. 568–574, Jan. 2019
3. M. Lenarda, L. Storaro, A. Talon, E. Moretti, and P. Riello. *J Colloid Interface Sci*, vol. 311, no. 2, pp. 537–543, Jul. 2007

EVALUACIÓN DE DIFERENTES MÉTODOS PARA LA EXTRACCIÓN DE ARABINOXILANOS DE SALVADO DE TRIGO (*Triticum aestivum*)

Cristian Hernandez, Yudy Duarte, Diana Granda³

¹ Candidato a magister en ciencias farmacéuticas y alimentarias, UdeA

² Directora de investigación

³ Directora de investigación

E-mail: cristiandhernandez@gmail.com

El salvado de trigo (*Triticum aestivum*), subproducto de la industria molinera, representa cerca del 28 % del grano después de la molienda y constituye una fuente rica en polisacáridos no amiláceos, dentro de los cuales los arabinosilanos (AX) son el componente mayoritario (1). A pesar de su abundancia y del volumen anual generado, gran parte de este material se destina a la alimentación animal o al

desperdicio, con una escasa valorización en la industria alimentaria (2). Los AX poseen propiedades nutricionales y tecnológicas de gran relevancia con alto potencial para el desarrollo de alimentos funcionales, sin embargo, la incorporación directa de salvado en matrices alimentarias genera limitaciones sensoriales y tecnológicas, lo cual impulsa la búsqueda de métodos de extracción que permitan aislar fracciones enriquecidas en AX y con potencial de aplicación industrial (3).

El presente estudio tuvo como objetivo evaluar diferentes métodos de extracción alcalina de arabinosilanos a partir de salvado de trigo, considerando pretratamientos de desalmidonado (enzimático e hidrotérmico) y la asistencia por ultrasonido, con el fin de establecer condiciones óptimas de proceso. Se planteó como hipótesis que la extracción alcalina bajo condiciones controladas permite recuperar arabinosilanos con propiedades funcionales que pueden incorporarse posteriormente en matrices alimentarias sin afectar negativamente la calidad sensorial.

La metodología contempló tres etapas principales. En primer lugar, se caracterizó el salvado de trigo empleado (donado por Molinos Santa Marta S.A.S) mediante análisis proximal, funcional y microestructural. Se aplicaron dos estrategias de desalmidonado: un método enzimático con α -amilasa y un método hidrotérmico con agua a 70 °C, comparados frente a un control sin desalmidonado.

Posteriormente, se evaluó la extracción alcalina asistida con ultrasonido bajo diferentes modalidades: sin ultrasonido (A), con pretratamiento ultrasónico (AU-A) y con asistencia ultrasónica durante la extracción (AU). Los extractos se analizaron en términos de sólidos totales extraídos (STE), contenido de AX, capacidad de retención de agua (CRA) y aceite (CRO), capacidad de hinchamiento (CH), solubilidad y contenido fenólico total (CFT). En la segunda etapa, se aplicó un diseño experimental factorial considerando dos factores: concentración de NaOH (1.5 y 3 %) y tiempo de extracción (20, 40 y 60 minutos). Se empleó análisis de varianza (ANOVA) para determinar los efectos significativos y la función de deseabilidad para optimizar condiciones. Finalmente, en la tercera etapa, se incorporaron los AX obtenidos bajo las condiciones óptimas en una formulación de galletas soda-cracker, sustituyendo parcialmente la harina de trigo. Se evaluaron propiedades reológicas de la masa (extensibilidad), características texturales (dureza, fracturabilidad), así como la aceptación sensorial frente a una galleta control y una galleta con inclusión directa de salvado.

Los resultados demostraron que el desalmidonado previo al proceso de extracción mejora significativamente el rendimiento en la recuperación de arabinosilanos. Aunque el método enzimático y el hidrotérmico presentaron resultados comparables, se seleccionó este último por su menor costo económico y energético, lo cual resulta ventajoso para una posible aplicación industrial. Asimismo, la aplicación de ultrasonido potenció la extracción al reducir tiempos y mejorar rendimientos, siendo la extracción asistida (AU) la condición seleccionada. El diseño experimental permitió establecer que tanto la concentración de NaOH como el tiempo de extracción ejercen efectos significativos sobre el rendimiento y las propiedades de los extractos, identificándose como condiciones óptimas 48 minutos y 2.34 % de NaOH. Bajo este escenario, se logró una recuperación considerable de AX con propiedades funcionales compatibles con las esperadas para una fibra dietaria, confirmando la hipótesis planteada.

Desde una perspectiva de sostenibilidad, la investigación aporta evidencia sobre la valorización del salvado de trigo como materia prima secundaria, alineándose con los principios de economía circular y reducción de desperdicios agroindustriales. La aplicación de pretratamientos de bajo costo y tecnologías de intensificación de procesos, como el ultrasonido, se perfilan como estrategias promotoras para escalar la extracción de compuestos funcionales. A nivel industrial, la implementación de estas metodologías permitiría diversificar el portafolio de productos con valor agregado, orientados al segmento de alimentos saludables, en concordancia con las tendencias globales de consumo y las regulaciones que promueven mayor contenido de fibra y reducción de componentes críticos en la dieta.

En conclusión, la investigación demuestra que el salvado de trigo es una fuente viable y sostenible de arabinosilanos con potencial de aplicación en la industria alimentaria. La combinación de un pretratamiento hidrotérmico, seguido de extracción alcalina asistida con ultrasonido, permite maximizar la recuperación de AX bajo condiciones optimizadas de 48 minutos y 2.34 % de NaOH.

Agradecimientos

Al grupo de investigación Bioali de la Facultad de ciencias farmacéuticas y alimentarias de la UdeA.

Referencias

1. Pietiäinen S, Moldin A, Ström A, Malmberg C, Langton M. Effect of physicochemical properties, pre-processing, and extraction on the functionality of wheat bran arabinosilans in breadmaking – A review. *Food Chem.* julio de 2022;383:132584.
2. Cheng W, Sun Y, Fan M, Li Y, Wang L, Qian H. Wheat bran, as the resource of dietary fiber: a review. *Crit Rev Food Sci Nutr.* 12 de septiembre de 2022;62(26):7269-81.
3. Katileviciute A, Plakys G, Budreviciute A, Onder K, Damiati S, Kodzius R. A Sight to Wheat Bran: High Value-Added Products. *Biomolecules.* 17 de diciembre de 2019;9(12):887.

Producción, Purificación y Evaluación de la Actividad Biológica de la Proteína Recombinante PD-L1

Cristian D. Ramirez Cabrera¹, Maricela Zuluaga¹, Diego Alonso Pulgarin², Neil Aldrin Vásquez², Jorge Eduardo Duque³, María Camila Giraldo Carmona¹, Edwin Bairon Patiño¹

¹ Instituto de Química, Universidad de Antioquia, Medellín, Antioquia, Colombia.

² Doctorado en Biotecnología, Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Antioquia, Colombia.

³ Centro Oncológico de Antioquia, Director Médico Exosomas SAS, Medellín, Antioquia, Colombia

E-mail: cristian.ramirezcl@udea.edu.co

Resumen

La proteína PD-L1 (ligando de muerte programada 1) es una glicoproteína transmembranar crucial para la modulación de la respuesta inmune, al interactuar con su receptor PD-1 en linfocitos T. Esta interacción inhibe la activación de los linfocitos T y su capacidad para eliminar células tumorales, promoviendo la evasión inmune en microambientes tumorales. Debido a su expresión en varios tipos de cáncer, PD-L1 se ha establecido como un biomarcador relevante en diagnóstico y tratamiento frente a esta enfermedad.

En este trabajo, se produjo y purificó PD-L1 recombinante con el objetivo de evaluar su potencial como biomarcador. La proteína fue expresada en *Escherichia coli* y purificada utilizando cromatografía de afinidad con Níquel aprovechando la afinidad de unión frente al residuo del aminoácido Histidina en el extremo aminoterminal de la proteína, lo que permitió alcanzar altos niveles de pureza para su posterior análisis. La validación de la identidad y pureza de la proteína recombinante se llevó a cabo mediante diversas técnicas como electroforesis en matriz de poliacrilamida en gel bajo condiciones desnaturalizantes y presencia de dodecilsulfato de sodio como detergente aniónico para uniformidad en el corrido; Western blot, donde se utilizó un anticuerpo específico comercial para detectar los residuos de aminoácidos de la secuencia extracelular. Este análisis permitió verificar tanto la integridad estructural como la pureza de la proteína, confirmando que la proteína recombinante mantiene sus características funcionales para futuros estudios.

Actualmente, la actividad biológica de la proteína PD-L1 está siendo evaluada mediante ensayos ELISA, una técnica basada en la interacción entre la proteína y anticuerpos específicos, donde PD-L1 ha mostrado capacidad de interactuar con sus receptores de manera eficiente, lo que refuerza su potencial como biomarcador.

Para optimizar la detección y cuantificación de PD-L1, se ha propuesto la utilización de ELISA a una variación innovadora de la técnica que emplea secuencias sintéticas de deoxinucleótidos (ADN) de cadenas sencillas con alta afinidad y especificidad hacia su diana. Estas secuencias de ADN son conocidas como aptámeros. Los aptámeros, obtenidos por síntesis química, son altamente versátiles y presentan la ventaja de poder ser fácilmente modificados estructuralmente, lo que los convierte en una herramienta económica y eficiente para la detección de biomarcadores.

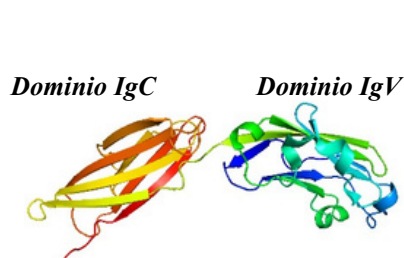


Fig. 1 Domínios estructurales PD-L1

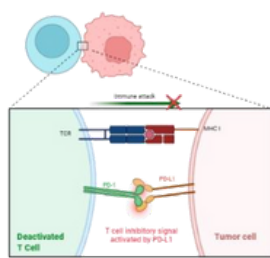


Fig. 2 Interacción PD-1/PD-L1*

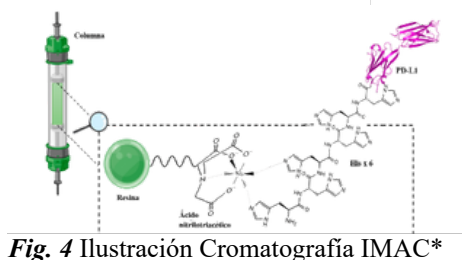
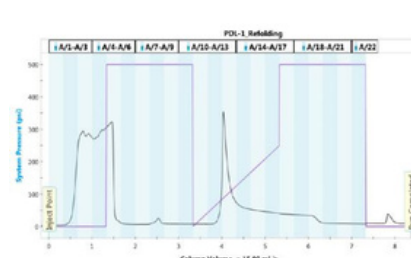


Fig. 4 Ilustración Cromatografía IMAC*

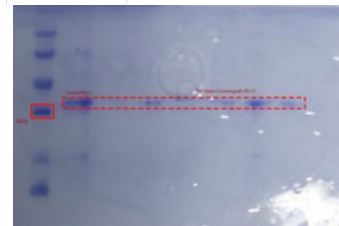


Fig. 5 Análisis por SDS-PAGE de las fracciones cromatográficas

Agradecimientos

Grupo Bioquímica Estructural de Macromoléculas UdeA, Exosomas SAS y Grupo Biotecnología Animal UN.

Referencias

V. A. Boussiotis, et al. *Cancer J.*, 2014, 20, 265.

D. Ha Kim, et al. *Exp. Mol. Med.*, 2019, 51, 1.

*Imágenes realizadas en la plataforma de BioRender

Synthesis, Characterization, and Performance of Novel Phase Change Material (PCM) as Thermal Stabilizers of Partially Hydrolyzed Polyacrylamide (HPAM) solutions.

Daniel F. Gómez G.¹, Yurany A. Villada V. ¹, Camilo A. Franco. ¹, Farid B. Cortés ¹

¹ fenómenos de superficie Michael polanyi – Universidad Nacional de Colombia.

E-mail: dafgomezgi@unal.edu.co

Abstract

Based on the global energy context, it is essential to maximize hydrocarbon production through enhanced oil recovery (EOR) processes. In this regard, improving the thermal stability of polymers traditionally used in chemical recovery, such as partially hydrolyzed polyacrylamide (HPAM), is an attractive alternative. The following work focused on the synthesis and characterization of phase change materials (PCMs) based on potassium nitrate (KNO) and silica nanoparticles (SiO₂), and their performance in improving the thermochemical stability of HPAM polymer solutions. PCM microcapsules, with KNO₃ as the core and nanosilica as the shell, were prepared using the sol-gel method. The PCMs were characterized in terms of morphology, functional groups, and thermal properties. The microcapsules exhibited a typical spherical core-shell structure, with individual particle sizes of hundreds of nanometers (530 nm). FTIR spectra showed characteristic peaks confirming the encapsulation of salts by silica. The phase transition temperature of the microcapsules was 140°C. Furthermore, the PCMs exhibited high thermal stability, thermal conductivity, and heat capacity. The effect of adding PCMs on the thermal stability of HPAM solutions at 70°C was evaluated through static rheology tests, monitoring the average viscosity of the polymer solutions at different times. For this purpose, different polymer solutions were prepared in which the assembly order was varied. The results revealed the positive effect of adding these particles to the polymer matrix, promoting its thermal stability over time. These results were supported by a 3^k full factorial design of experiments (DOE). PCM microcapsules dramatically reduced HPAM viscosity lost at 5000 mg/L HPAM. 1000 mg/L PCM not only halted degradation but also provided a net viscosity gain, while at 1000 mg/L HPAM, optimal protection (only 24% loss) was achieved with 100 mg/L PCM. ANOVA ($F_{3,10}=310.6$, $p<0.001$) and Pareto analysis confirmed highly significant main effects and interactions between HPAM concentration, PCM concentration, and time. These results underscore the promise of PCM microcapsules for improving the thermal stability of polymers.

DOCKING MOLECULAR EN ONCOPROTEÍNAS DE CÁNCER DE COLON CON DERIVADO INDOLILPIRAZÓLICO DE NITROFENILIMINA Y SU COMPLEJO DE RUTENIO(II)

Restrepo-Gil D.1, Mejía-Gómez C.2, Zambrano-Bedoya F.2, Cuenú-Cabezas F. 1

¹Grupo de Investigación en Compuestos Organometálicos y Catálisis Programa de Química, Universidad del Quindío. Armenia, Colombia, * daniela.restrepog@uqvirtual.edu.co

²Instituto de Química UNAM, Circuito Exterior s/n, Ciudad Universitaria, 04510 Ciudad de México, México

El cáncer colorrectal es una de las principales causas de mortalidad a nivel global y su tratamiento continúa limitado por la resistencia terapéutica asociada a proteínas como KRAS, EGFR y CK2 α ,². Los complejos metálicos basados en rutenio se perfilan como alternativas prometedoras frente a los derivados de platino, gracias a su versatilidad estructural, menor toxicidad y potencial selectividad hacia células tumorales. En este trabajo se sintetizó un derivado indolilpirazólico con sustituyente 4-nitro (4NPz) y su complejo tipo half-sandwich de rutenio(II), $[(\eta^6\text{-p-cimeno})\text{Ru}(\text{N,N-ligando})\text{Cl}_2]$ (Ru4NPz). Ambos compuestos fueron caracterizados mediante técnicas espectroscópicas y RMN, confirmando la formación de la base de Schiff en el ligando y la coordinación efectiva al centro metálico en el complejo. Los estudios computacionales complementaron estos resultados, mostrando que 4NPz posee mayor reactividad por su menor brecha HOMO-LUMO, mientras que Ru4NPz exhibe una estabilidad electrónica superior y un carácter electrofílico más definido, evidenciando el efecto de la coordinación metálica en sus propiedades.

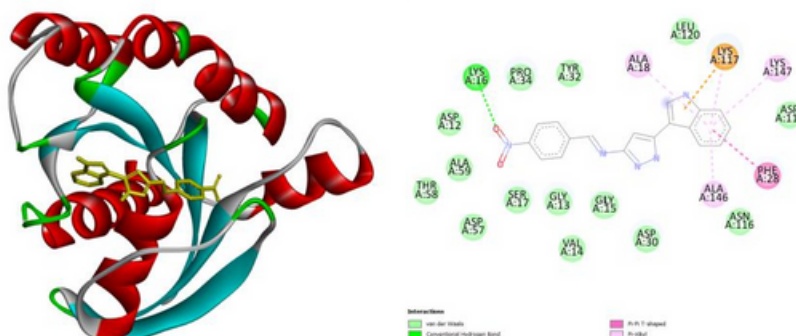


Fig. 1. Interacciones del ligando 4NPz en el sitio activo de CK2 α obtenidas mediante docking molecular.

El docking molecular realizado con AutoDock 4.2.6 sobre EGFR, KRAS y CK2 α , tras la optimización estructural mediante DFT^{3,4}, evidenció energías de unión favorables tanto para el ligando 4NPz como para su complejo de rutenio Ru4NPz. Los resultados mostraron interacciones estables en los sitios activos de las dianas biológicas, destacándose la formación de puentes de hidrógeno, contactos hidrofóbicos y interacciones π - π , lo que respalda la hipótesis de que ambos compuestos pueden actuar como inhibidores selectivos en el contexto oncológico. Estos hallazgos sugieren que la presencia del grupo nitró en posición para, junto con la coordinación al rutenio, potencia las interacciones bioquímicas y modula la reactividad del sistema. En conjunto, la integración de síntesis orgánica, caracterización experimental y análisis computacional permitió establecer que 4NPz y su complejo de rutenio(II) son candidatos prometedores frente a proteínas asociadas al cáncer colorrectal. Mientras que el ligando libre exhibe una reactividad intrínseca elevada, el complejo coordinado gana estabilidad y un carácter electrofílico más definido, lo que podría traducirse en un mejor desempeño frente a dianas biológicas. Estos resultados abren la posibilidad de avanzar hacia estudios in vitro e in vivo, consolidando a los derivados indolilpirazólicos coordinados a rutenio como plataformas versátiles en el diseño de nuevos agentes terapéuticos.

Agradecimientos

A la Universidad del Quindío y al Instituto de Química de la UNAM por el apoyo académico.

Referencias

1. World Health Organization. *Colorectal Cancer Fact Sheet*. WHO, 2023.
2. F. Bteich, A. R. Salem, C. L. Arteaga, and J. P. Meszöly. *Int. J. Mol. Sci.*, 2023, 24, 12030. <https://doi.org/10.3390/ijms241512030>
3. M. Nassiri, A. Alizadeh, H. R. Zare, and S. Moradi. *Results Chem.*, 2025, 14, 102074. <https://doi.org/10.1016/j.rechem.2025.102074>
4. Cuenú, J. Londoño-Salazar, M. A. Hoyos, and A. Cárdenas. *J. Mol. Struct.*, 2019, 1184, 62–71. <https://doi.org/10.1016/j.molstruc.2019.02.004>

Estudio de materiales de transferencia electrónica en baterías de radicales orgánicos: nitroxilo y quinonas

D., C., Matus Cortés¹, L., V., González Guiterrez², C., Frontana³

^{1 2 3} Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica

E-mail: dmatus@cideteq.mx

La creciente demanda de materiales orgánicos para aplicaciones electroactivas en dispositivos electrónicos y sistemas de almacenamiento de energía responde a la necesidad de alternativas sostenibles y eficientes. En particular, los radicales orgánicos estables han demostrado un gran potencial como materiales activos en cátodos de baterías debido a su estabilidad y la reversibilidad de sus reacciones redox (1). Entre estos materiales, el grupo TEMPO y su polímero derivado, PTMA, han sido ampliamente estudiados por sus propiedades electroquímicas favorables, como su capacidad teórica de 111 mAh/g y su alta estabilidad de ciclaje (2).

A diferencia de los materiales inorgánicos convencionales, donde el proceso redox está asociado con la carga de valencia de los metales, los materiales orgánicos dependen del cambio en el estado de carga de la molécula redox-activa, lo que ofrece ventajas en términos de flexibilidad estructural y diseño molecular (3). Además, los óxidos metálicos tradicionalmente utilizados, como LiCoO₂ y LiMnO₂, presentan problemas ambientales debido a la toxicidad de los metales pesados y su disponibilidad limitada. En contraste, los materiales orgánicos pueden derivarse de fuentes renovables y minimizar el impacto ecológico (1).

Este trabajo tiene como objetivo el modelado y simulación de estructuras químicas de oligómeros que contienen radicales nitroxilo y quinonas, evaluando su potencial como materiales de transferencia electrónica en baterías de radicales orgánicos. Las baterías de ion litio convencionales utilizan materiales inorgánicos que, aunque eficientes, presentan problemas de disponibilidad y toxicidad. En contraste, los polímeros de radicales orgánicos, como aquellos basados en radicales nitroxilo y quinonas, ofrecen ventajas como estabilidad química, reversibilidad electroquímica y producción a partir de fuentes renovables. Este estudio busca comprender cómo factores como la tacticidad, el estado de carga y la solvatación afectan las propiedades electrónicas de estos materiales.

Para ello, se emplearán herramientas computacionales avanzadas. Se utilizará la Teoría del Funcional de la Densidad (DFT) para estudiar las propiedades electrónicas y estructurales de los monómeros, mientras que la mecánica molecular (MM) y la dinámica molecular (MD) permitirán analizar la estabilidad y la transferencia de carga en sistemas más complejos.

Se espera que este trabajo proporcione información clave para el desarrollo de baterías de radicales orgánicos más eficientes y sostenibles, contribuyendo a la transición hacia tecnologías de almacenamiento de energía con menor impacto ambiental.

Pese a estos avances, la implementación práctica de baterías orgánicas aún se encuentra en etapas experimentales, por lo que es crucial desarrollar estudios de simulación que analicen el impacto de modificaciones estructurales en su comportamiento electroquímico (4). Este conocimiento contribuirá al diseño racional de materiales más eficientes y sostenibles para futuras tecnologías energética

Referencias

1. López Peña HA. Efecto del sustituyente sobre la reactividad redox de sistemas no conjugados: Estudio teórico de tres familias de nitróxidos. Ciudad de México:: 2012.
2. Hergué N, Ernould, B, Minoia A, Lazzaroni R, Gohy JF, Dubois P, et al. Improving the Performance of Batteries by using Multi-Pyrene PTMA Structures. Batteries & Supercaps. 2018;; p. 1-9.
3. Muench S, Wild A, Friebe C, Häupler B, Janoschka T, Schubert US. Polymer-Based Organic Batteries. Chemical Reviews. 2016;; p. 9438–9484.
4. Burgos Castillo RC, Frontana C. Relevance between the chemical structure modifications and physicochemical descriptors of chemical reactivity for series of nitroxide radicals. Procedia Chemistry. 2014;; p. 121-126.

Diseño de nanofluidos de perforación con nanomateriales de distinta naturaleza química para mejorar las operaciones de perforación de pozos geotérmicos.

Didiberth Leal,¹ Yurany Villada,¹ Carlos Ceballos,¹ Esteban A. Taborda,¹ Camilo A. Franco,¹ Farid B. Cortés,¹

¹Universidad Nacional de Colombia
E-mail: dlealr@unal.edu.co

Los crecientes problemas relacionados con la sostenibilidad, la seguridad energética, las emisiones de gases de efecto invernadero y el cambio climático están directamente asociados al alto consumo energético. Por ello, ha aumentado el interés en explorar fuentes de energía renovables, como la energía geotérmica. Sin embargo, los desafíos a los que se enfrentan la explotación de los recursos geotérmicos están asociados a las altas temperaturas, las altas presiones y la presencia de ciertos contaminantes. En particular, los principales inconvenientes de los fluidos de perforación para pozos geotérmicos están relacionados con la alta temperatura (160- 300°C) y la alta presión. En este sentido, las formulaciones especializadas de fluidos de perforación en base agua (WBMs) con alto desempeño respecto a las propiedades termofísicas representan una alternativa atractiva. Este estudio evaluó el efecto de añadir diferentes nanomateriales sobre las propiedades funcionales clave de los WBMs bajo condiciones de alta temperatura, presión y salinidad. Se consideraron cuatro nanomateriales con distintas características químicas: uno sintetizado (a partir de sílice fumárica y CTAB) y tres comerciales (sílice fumárica, alúmina y puntos cuánticos de carbono - CQDs). Los WBMs fueron formulados conforme a las normas API, variando el tipo y la concentración de nanomateriales. Para evaluar su desempeño, se realizaron ensayos que incluyeron: i) reología mediante pruebas de corte rotacional y oscilatorio, ii) filtración estática y dinámica bajo normas API, iii) envejecimiento dinámico para determinar estabilidad térmica, iv) medición de conductividad térmica, v) calorimetría diferencial de barrido (DSC) para capacidad calorífica y vi) pruebas de inhibición para evaluar la interacción con la formación. Los resultados indicaron que el fluido base mostró comportamiento pseudoplástico y que propiedades como la viscosidad plástica (VP), el punto de cedencia (YP) y la resistencia de gel disminuyen al aumentar la temperatura. En cuanto a la filtración, el volumen de filtrado se redujo con el incremento térmico. Al añadir nanopartículas al 0,2% p/p, los WBMs mostraron mejor desempeño térmico a 70 °C, siendo más destacado con los basados en CQDs. Se observó una reducción del volumen de filtrado (14%) y de la conductividad térmica (18%) con CQDs. Además, los fluidos con nanopartículas mostraron un incremento en el ángulo de contacto (54°) frente al fluido base (18°), lo que favorece la interacción fluido-formación y mejora la integridad del pozo. En cuanto a propiedades térmicas, se evidenció un aumento de hasta el 5% en la capacidad calorífica en los WBMs con CQDs y SiO₂. No se detectaron efectos significativos de los nanomateriales sobre la conductividad térmica. En conclusión, las nanopartículas mejoran las propiedades funcionales de los WBMs en condiciones de alta temperatura y presión, lo cual representa una alternativa viable para fortalecer la explotación de energía geotérmica y diversificar la matriz energética en Colombia.

Agradecimientos

Este estudio fue financiado por el Fondo Francisco José de Caldas, **MINCIENCIAS y la Agencia Nacional de hidrocarburos (ANH)** a través del contrato No. 112721-282-2023 (Proyecto 1118-1035-9300) con la **Universidad Nacional de Colombia - Sede Medellín** y **PAREX RESOURCES COLOMBIA AG SUCURSAL**.

Optimización Estadística de Parámetros en Foto-Fenton Solar con Extracto de Arazá (*Eugenia stipitata*)

Diego Osorio-Marles, Diego Alejandro Clevez-Lopez, Jairo Fernando Rojas, Paola Villegas-Guzmán,¹

(1) Universidad de la Amazonia, Calle 17 Diagonal 17, Florencia, Caqueta, Colombia. * Universidad de la Amazonia
E-mail: * di.osorio@udla.edu.co

Resumen

Este trabajo evaluó el extracto de arazá (*Eugenia stipitata*) como ligando natural para la complejación de Fe^{3+} en el proceso foto-Fenton solar, orientado a la degradación de fármacos emergentes en agua: acetaminofén (ACT), sulfametoxazol (SMX) y carbamazepina (CBZ). Se empleó un Diseño de Superficie de Respuesta (DSR) para optimizar las condiciones de operación según el estado de maduración del fruto (verde, pintón y maduro). El análisis estadístico reveló que las variables concentración de Fe^{3+} y volumen de extracto tienen efectos significativos, encontrando condiciones óptimas de $2,7 \text{ mg L}^{-1} \text{ Fe}^{3+} + 7,6 \text{ mL}$ extracto verde; $4,6 \text{ mg L}^{-1} \text{ Fe}^{3+} + 9 \text{ mL}$ extracto pintón; y $3,2 \text{ mg L}^{-1} \text{ Fe}^{3+} + 9 \text{ mL}$ extracto maduro. El extracto maduro, bajo condiciones óptimas, logró mantener el Fe^{3+} soluble y alcanzar degradaciones de hasta 90% para los tres fármacos, superando al sistema foto-Fenton sin extracto.

El mecanismo se basa en la formación de complejos Fe^{3+} -ligando con compuestos fenólicos y ácidos orgánicos del extracto, que favorecen la solubilidad y la regeneración redox del hierro. Estos ciclos redox, promovidos por el extracto, generan radicales hidroxilo altamente reactivos capaces de degradar los contaminantes orgánicos. De acuerdo con la siguiente reacciones



La importancia de esta investigación radica en que propone una estrategia sustentable para optimizar el proceso foto-Fenton a pH cercano a la neutralidad, evitando costos adicionales de acidificación y neutralización de aguas tratadas. El uso del extracto de arazá como fuente natural de ligandos no solo mejora la eficiencia en la degradación de fármacos, sino que también otorga un valor agregado a frutos amazónicos subutilizados, promoviendo el aprovechamiento de la biodiversidad regional. Estos resultados representan un aporte novedoso al desarrollo de tecnologías verdes para la descontaminación de aguas, contribuyendo tanto al avance científico como a la protección ambiental en regiones afectadas por contaminantes emergentes.

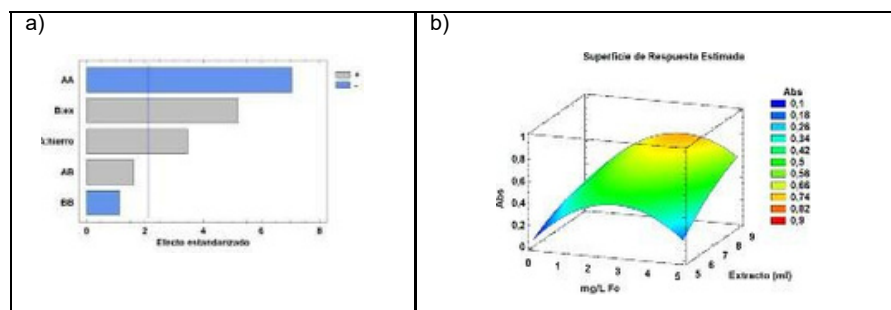


Fig 1. Diagrama de Pareto y Superficie de respuestas 3D estado de maduración maduro..

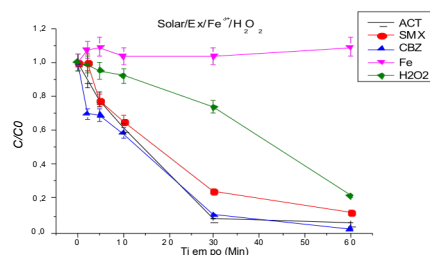


Fig. 2. foto-fenton. Condiciones: a. Fármacos (AMF, SMX, CBZ) $0,0066 \text{ mM}$, Fe^{3+} , $3,2 \text{ mg.L}^{-1}$ ($0,05 \text{ mM}$), Ext Arazá maduro D110, H_2O_2 60 mg.L^{-1} (2 mM)

Referencias

- [1] de Luca A, Dantas RF, Esplugas S. Study of Fe(III)-NTA chelates stability for applicability in photo-Fenton at neutral pH. Appl Catal B [Internet]. 2015;179(1):372–9. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.apcatb.2015.05.025>
- [2] Villegas-Guzman P, Oppenheimer-Barrot S, Silva-Agreto J, Torres-Palma RA. Comparative Evaluation of Photo-Chemical AOPs for Ciprofloxacin Degradation: Elimination in Natural Waters and Analysis of pH Effect, Primary Degradation By-Products, and the Relationship with the Antibiotic Activity. Water Air Soil Pollut. 2017;228(6)..
- [3] Villegas-Guzman P, Giannakis S, Torres-Palma RA, Pulgarin C. Remarkable enhancement of bacterial inactivation in wastewater through promotion of solar photo-Fenton at near-neutral pH by natural organic acids. Appl Catal B [Internet]. 2017;205:219–27. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.apcatb.2016.12.021>
- [4] Ruiz A, Mar C, Garc J, Rojas AV. Cuantificación de hierro ferroso en espinaca y harina fortificada: una aplicación para la industria de panificación. Journal of Engineering and Technology. 2012;1:26–33

Complejos de Ni(II) y Cu(II) derivados de una Base de Schiff con núcleo de sulfanilamida. Evaluación de la actividad catalítica en la N-Arilación del imidazol

Edward Martínez Culchac,¹ Dorian Polo Cerón,¹ Alberto Aragón Muriel.²

¹ Laboratorio de Investigación en Catálisis y Procesos (LICAP-Bioinorgánica), Departamento de Química, Facultad de Ciencias Naturales y Exactas, Universidad del Valle, Cali 760001, Colombia.

² Grupo de investigaciones Bioquímicas (GIB), Universidad del Magdalena, Santa Marta 470004, Colombia. filiación del Autor.

E-mail: martinez.edward@correounivalle.edu.co

Las bases de Schiff son conocidas por su versatilidad como ligandos en química de coordinación y capacidad para formar complejos estables con metales de transición¹. En este trabajo se sintetizó una base de Schiff para obtener complejos de Ni(II) y Cu(II).

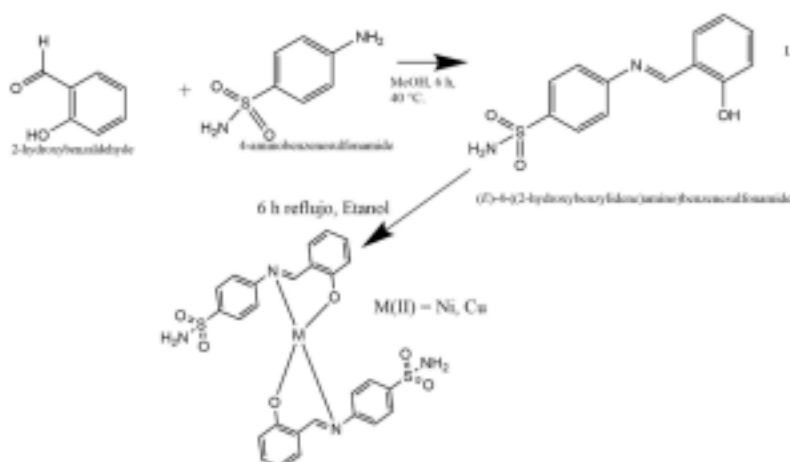


Figura 1. Ruta sintética del ligando y los complejos de cobre (II) y Níquel (II)²

Se adquirieron comercialmente los reactivos y disolventes. El ligando se caracterizó por FT-IR, ¹H-RMN, espectrometría de masas y TGA, DSC, UV-Vis tanto para el ligando como complejos.

El ligando mostró el ion molecular [M]⁺ a 276, bandas IR a 1600 cm⁻¹ (C=N) y 3400–3200 cm⁻¹ (NH₂), señales en ¹H-RMN a δ = 8,99 ppm (HC=N) y δ = 12,62 ppm (OH), y transiciones UV-Vis a 276 y 360 nm. Los complejos presentaron transiciones UV-Vis: Cu(II) a 283 y 379 nm (LMCT) y Ni(II) a 402 nm (d–d). Las curvas de TGA dieron como resultados temperaturas de descomposición de 250 °C para el ligando 300 y 350 °C para el complejo de Cobre y Níquel respetivamente. Las curvas de DSC de los compuestos evidenciaron picos hacia bajo de 350 °C, 300 °C, para los complejos de Níquel, Cobre respetivamente y 220 °C para el ligando. Por último, se realizaron las pruebas catalíticas en la reacción de N-Arilación del Imidazol, bajo diferentes condiciones de temperatura, base y tiempo.

La espectrometría de masas confirmó el ion molecular en m/z = 276 (M⁺), validando el peso molecular del ligando. Los espectros IR y ¹H-RMN corroboraron la formación del grupo imino, así como la presencia de los grupos funcionales característicos. Las transiciones observadas por UV-Vis sugieren que los complejos presentan geometría tetraédrica alrededor de los iones metálicos. Los análisis térmicos mostraron un incremento en la estabilidad de los complejos respecto al ligando libre. Las curvas TGA evidenciaron pérdidas de masa significativas alrededor de 300 °C y 350 °C para los complejos de cobre y níquel, respectivamente, en contraste con los 250 °C observados para el ligando. De manera consistente, los termogramas DSC revelaron un aumento en la temperatura de fusión en ambos complejos.

La evaluación de la actividad catalítica mediante GC-MS indicó un desempeño positivo para el complejo de cobre bajo las condiciones empleadas, mientras que el complejo de níquel no mostró actividad catalítica detectable.

Agradecimientos

Laboratorio de investigación de catálisis y procesos LICAP, universidad del valle.

Referencias

Referencias.

1. D. Mustafa Durgun, T. Hasan Turkmen, M. Ariangela Ceruso, C. Iuliu Supuran. *Bioorganic & Medicinal Chemistry Letters*, 2015, 25, 2377-2381.
2. H. Rajan Arun, H. Phani Kumar, F. Subramaniam Kamalesu. A review, *Inorganic Chemistry Communications*, 2024, 170, 1387-7003.
3. G. Govindaraj Valarmathy, R. F. Ramanathan Subbalakshmi, T. Rajendran Renganathan, *Journal of Molecular Structure*, Volume., 2020, 127029, 0022-2860.
4. A. Van Riessen, W. Rickard, J. Sanjayan. *Geopolymers*, 2009, 15, 315-342.

Transformando residuos en soluciones: adsorción selectiva de colorantes en aguas residuales con adsorbentes producidos a partir de cáscaras de naranja

Emilio Arcila¹, Sebastián Álvarez¹, Santiago Londoño¹, Isabella Escobar¹, Nancy Acelas¹, Angelica Forgionny¹

¹Grupo de investigación Materiales con Impacto (Mat&mpac), Instituto de Ciencias Básicas, Facultad de Ingenierías, Universidad de Medellín.

E-mail: earcila424@soyudemedellin.edu.co

Actualmente, el 50% de los colorantes producidos anualmente en Colombia se utilizan en industrias textiles, y el otro 50% en la fabricación de papel, cuero, productos farmacéuticos, cosméticos, entre otros. Entre los colorantes más usados en estas industrias se encuentran el cristal violeta (CV), el naranja de metilo (MO) y el azul de metileno (MB), los cuales están presentes en sistemas acuáticos contaminados. Estos compuestos, al ser altamente tóxicos, representan un riesgo significativo para la salud humana, asociados con dermatitis alérgica, trastornos oculares y digestivos, afecciones respiratorias e, incluso, un potencial efecto carcinogénico. Asimismo, generan un impacto ambiental negativo al afectar la fauna y flora acuática. Por otro lado, A nivel global, se producen más de 1.3 billones de toneladas de desperdicios de alimentos cada año, de los cuales aproximadamente 124 millones de toneladas corresponden a frutos cítricos. En Colombia, se generan cerca de 72 millones de toneladas anuales de residuos provenientes de biomasa residual, de las cuales alrededor de 230 mil toneladas no son aprovechadas eficientemente y, en su mayoría, son incineradas o dispuestas en rellenos sanitarios. La adsorción se ha consolidado como una de las técnicas más empleadas para la eliminación de colorantes en agua, debido a su fácil implementación y a la posibilidad de emplear adsorbentes obtenidos a partir de residuos agroindustriales. En este contexto, el presente trabajo el uso cáscaras de naranja para su aplicación potencial en el tratamiento de aguas residuales contaminadas con colorantes, aportando valor agregado a un residuo y fortaleciendo el enfoque de economía circular. Inicialmente, se hicieron pruebas preliminares de adsorción. Allí se determinó que la biomasa sin ninguna modificación alcanzó los mayores porcentajes de remoción de los colorantes. Posteriormente, se llevaron a cabo estudios de cinética e isoterma de adsorción, experimentos en matrices reales y pruebas de reúso del material adsorbente. La caracterización estructural se efectuó mediante espectroscopía infrarroja (FTIR) para identificar los grupos funcionales presentes en la superficie del material. Los resultados preliminares indicaron que la cáscara de naranja sin pirolizar alcanzó mayores porcentajes de remoción de CV, MB y MO (97.3%, 88.9% y 5.1%, respectivamente), en comparación con los biochar obtenidos por pirólisis (Fig. 1). La cinética de adsorción (Fig. 2) mostró que, el tiempo óptimo de contacto fue de 3 h para MB y CV y que el paso limitante de la velocidad está asociado a la quimisorción, lo que sugiere que la interacción se produce principalmente con grupos funcionales específicos. Los datos experimentales de las isotermas de adsorción se ajustaron satisfactoriamente al modelo de isoterma de Langmuir, evidenciando una adsorción en monocapa mediada por la interacción con los grupos funcionales de la superficie del adsorbente. Los parámetros termodinámicos confirmaron que el proceso es espontáneo y exotérmico, lo que implica una disminución en el desorden de las interfases sólido-líquido durante la adsorción. Finalmente, se comprobó que el material mantiene su eficiencia tras cinco ciclos de reutilización, con una pérdida mínima en la capacidad de remoción, y además mostró un alto desempeño en matrices reales. Finalmente, la caracterización mediante FTIR corroboró la adsorción de los contaminantes, evidenciada por la aparición de nuevas bandas asociadas a grupos funcionales tras el proceso (Fig. 3).

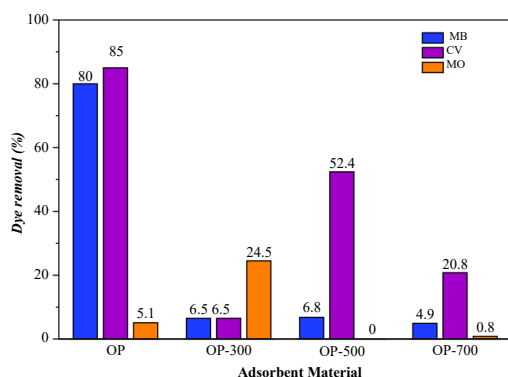


Fig. 1. Resultados de pruebas preliminares

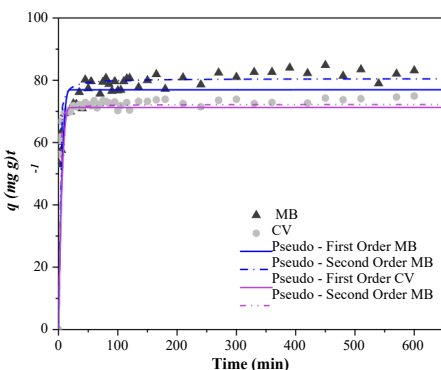


Fig. 2. Cinética de adsorción

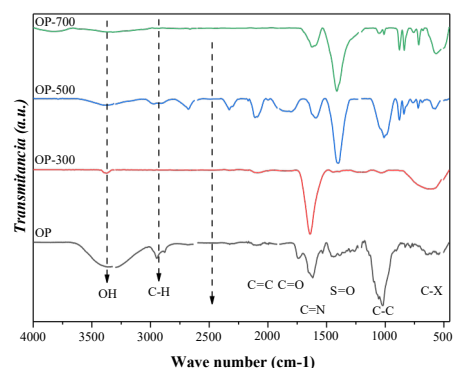


Fig. 3. FTIR antes y después de la remoción

Agradecimientos

A la Universidad de Medellín por brindar este espaciopara nuestra formación como profesionales, a las profesoras Nancy Acelas y Angélica Forgionny, por su asesoría constante., A los integrantes del grupo de investigación Mat&mpac por su ayuda

Referencias

1. Molecules, 26, pp. 5105, 2022. DOI: 10.3390/molecules27165105
2. Environmental Science and Pollution Research, 28, pp 23204-23219, 2021. DOI: [10.1007/s11356-020-11721-z](https://doi.org/10.1007/s11356-020-11721-z)

OBTENCIÓN DE HIDRÓGENO MEDIANTE BIOFOTÓLISIS DIRECTA UTILIZANDO UN CULTIVO DE MICROALGAS

Emily Wilches,¹ Andrea Barrios, Humberto Batista, Hillary Herrera, Santiago Simancas. Aida Liliana Barbosa L1*

¹Universidad de Cartagena, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales- Programa de Química, Campus de Zaragocilla, Cartagena- Bolívar-Colombia

* e-mail: abarbosal@unicartagena.edu.co

Ante la creciente crisis ambiental provocada por el uso intensivo de combustibles fósiles, el hidrógeno surge como una alternativa energética limpia y sostenible¹. Colombia posee un gran potencial para la producción de biohidrógeno gracias a su biodiversidad y condiciones climáticas. Entre los métodos de producción de biohidrógeno, la biofotólisis directa destaca por su capacidad de generar H₂ a partir de agua mediante la acción de luz solar y la presencia de la enzima hidrogenasa² ([FeFe]H₂ase). Muestras de cultivos estandarizados de *Chlorella* y *Scenedesmus*³ fueron llevadas a un reactor de vidrio sellado y expuestas parcialmente a luz solar con una temperatura promedio de 26°C durante 15 días. Las algas cultivadas presentaron signos visibles de crecimiento, como: mayor turbidez en el agua del biorreactor, coloración más intensa (verde brillante) y formación de burbujas especialmente cerca de las zonas de iluminación las cuales correspondían al hidrógeno formado, el cual se recolectó colocando un orificio en la boca del reactor que conducía a un desprendimiento de vidrio que nos permitió recoger el hidrógeno en agua. Al calcular el rendimiento este género muestra tener un rendimiento de alrededor de 7 moles H₂/mol glucosa⁴, teniendo en cuenta que la biomasa del cultivo es de 6mg equivalente al producto del volumen del cultivo en litros y su concentración; y la glucosa corresponde al 50% de este, es decir, 3mg. El porcentaje de rendimiento fue de 119%⁴ superando el límite teórico, esto se explica porque el volumen de gas medido no corresponde exclusivamente al hidrógeno generado, sino que incluye también una fracción de oxígeno liberado en la reacción. La presencia de este gas adicional ocasiona una sobreestimación del rendimiento, lo que resalta la importancia de realizar una separación de los productos gaseosos para obtener una cuantificación precisa del biohidrógeno producido. Para los cálculos utilizamos la reacción correspondiente a la biofotólisis directa:

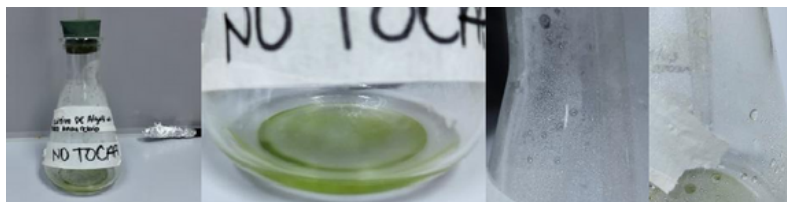
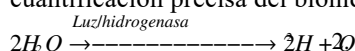


Fig. 1. Evidencia de las etapas en la producción de biohidrógeno

En este proceso fueron obtenidos 3 ml de hidrogeno molecular (H₂) o biohidrógeno mediante un cultivo puro de *Chlorella* y *Scenedesmus*. Este fue medido cuantitativamente mediante el desplazamiento de un volumen de agua y cualitativamente mediante una prueba acido-base con permanganato de potasio (KMnO₄ 0.1M) y así confirmar la presencia de H₂. La solución inicial de color violeta, se volvió incolora al reaccionar con el gas recolectado, indicando su reducción y evidenciando la producción de H₂. En esta etapa la producción de hidrógeno se optimiza utilizando microalgas como *Chlorella* y *Scenedesmus*, por lo tanto, la producción de biohidrógeno es más favorable en zonas costeras debido al fácil acceso a estas especies de algas que representan una fuente sostenible y económica de biomasa.

Agradecimientos

Agradecemos a la vicerrectoría de investigaciones unicartagena por proyecto de sostenibilidad 034-2024, cuyo apoyo fue esencial para el desarrollo de este proyecto.

Referencias

1. González, D. C., Hernández, D. M., & Chaparro, R. T. (2016). Producción de biohidrógeno a partir de microalgas. *Energética*, 47(Junio), 51-64. Recuperado de Repositorio UNAL.
2. Sandoval, J. A., & Castiblanco, O. (2022). Revisión del potencial de obtención de biohidrógeno a partir de microalgas en Colombia. *Entre Ciencia e Ingeniería*, 16(32), 9-15.
3. Gutiérrez Castro, E. D., & Parra Arrieta, L. F. (2022). Obtención de hidrógeno a partir de microalgas fotoautótrofas en un fotobiorreactor [Proyecto de grado, Fundación Universidad de América]. Repositorio Universidad de América.
4. Bedoya, A., Castrillón, J. C., Ramírez, J. E., Vásquez, J. E., & Arias Zabala, M. (2008). Producción biológica de hidrógeno: Una aproximación al estado del arte. *Dyna*, 75(154), 137–157.

Dualidad Onda-Partícula y Enseñanza Cuántica mediante Animación Japonesa

Steven Alejandro Carranza N,¹Aida Liliana Barbosa L*

¹ Universidad de Cartagena, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales- Programa de Química, Campus de Zaragocilla,

Laboratorio de Investigaciones en Catálisis y Nuevos Materiales (LICATUC.) Cartagena- Bolívar-Colombia

E-mail: abarbosal@unicartgena.edu.co

El principal obstáculo que enfrentan los estudiantes al comprender la dualidad onda-partícula radica en la ruptura con el pensamiento determinista clásico, sumado a la falta de visualizaciones adecuadas y el uso limitado de modelos didácticos fenomenológicos agravan la comprensión, especialmente cuando no se vinculan los conceptos con experiencias cotidianas o representaciones culturales¹. Este trabajo analiza la interacción entre conceptos fundamentales de la física cuántica específicamente la dualidad onda-partícula y su representación didáctica mediante elementos narrativos y visuales tomados de la animación japonesa. La propuesta se fundamenta en el modelo cuántico del fotón como entidad sin masa en reposo, con energía definida por la relación $E = h(c/\lambda)$, y momento lineal $p = h/\lambda$, según la formulación de Einstein y la hipótesis de De Broglie². Se emplea una analogía visual basada en el movimiento helicoidal de la propagación de ondas electromagnéticas, compatible con la descripción clásica del campo eléctrico y magnético oscilante en direcciones perpendiculares y ortogonales al vector de propagación. Esta representación se vincula con la idea de transformación del personaje animado, en la que se ilustran transiciones entre estados corpusculares y ondulatorios, evocando el principio de complementariedad de Bohr y el comportamiento probabilístico del fotón en experimentos como la doble rendija. La alegoría didáctica se articula con tres pilares físicos: - La dualidad onda-partícula, que establece que toda entidad cuántica exhibe propiedades tanto de onda como de partícula, dependiendo del tipo de medición realizada. - La equivalencia masa-energía de Einstein, expresada como $E = mc^2$, que permite interpretar la energía del fotón como una manifestación dinámica sin masa en reposo, pero con masa efectiva relativista en interacción. - La superposición de estados, que permite representar el fotón como una entidad cuya descripción completa requiere funciones de onda que integran sus componentes ondulatorios y corpusculares en el marco de la mecánica cuántica no determinista. La integración de estas transformaciones narrativas con principios físicos busca facilitar la comprensión conceptual del fotón como entidad cuántica dual, promoviendo una aproximación interdisciplinaria entre física teórica y recursos visuales educativos. Se ideó una saga en tres etapas con el héroe Quantilum, para la conceptualizar la dualidad, el principio de indeterminación, el fenómeno ondulatorio, el fenómeno electromagnético y finalmente el giro del spin. En el trabajo se han seleccionado las principales ecuaciones físicas por ejemplo $E_n - E_m = hv$ y $1/\lambda = R(1/m_2 - 1/n_2)$, que inician la explicación del fenómeno cuántico, que se proponen en cada movimiento geométrico que acciona el héroe Quantilum. En la saga el personaje cobra poderes que están de acorde con las ecuaciones seleccionadas, para explicar los movimientos geométricos del héroe algunos de naturaleza mecánica (Fig 1) y como este se va transformando para poder explicar la interferencia, un espectro atómico, el efecto fotoeléctrico, el experimento de la doble rendija y de el paso a la comprensión del fenómeno cuántico. Aborda las distintas ecuaciones de la energía total del sistema la cual se expresa como³:

$$E = E_{\text{onda}} + E_{\text{partícula}} = \frac{4\pi^3 r^3 a}{\lambda \tan \theta} m_e c^2 + E = \frac{1}{2} m_p c^2 = E = m c^2$$

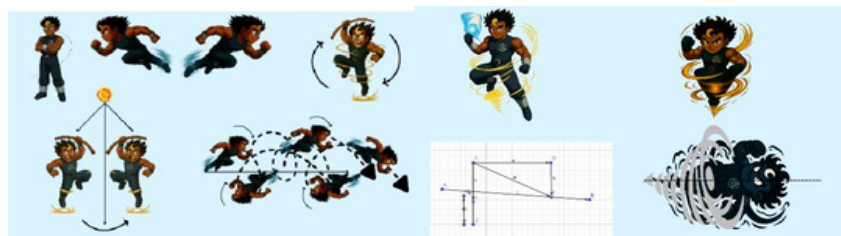


Fig. 1. (a) Tipos de movimientos de carácter mecánico, (b) Movimiento tipo onda (Tornados generados por Quantilum) y partícula del (héroe Quantilum)

Agradecimientos

Vicerrectoría de investigaciones Universidad de Cartagena, plan de fortalecimiento 0.034 2024-2025.

Referencias

- [1] Segura A, Nieto V, Segura E. Revista Latinoamericana de Física Educativa. 2012;6(2):1–10.
- [2] Selectivitat.io. Compendio didáctico de física moderna. 2021 [Internet]. Disponible en: <https://selectivitat.io/wp-content/uploads/2021/04/Tema-8-Dualidad-onda-particula.pdf>
- [3] Díaz Failach CI. [Trabajo de grado]. Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional; 2014. Disponible en: <http://repositorio.pedagogica.edu.co/bitstream/handle/20.500.12209/2065/TE-16959.pdf?sequence=1>
- [4] Na, Han & Jin, Changhyun. (2019). Mass-energy equivalence in wave–particle duality of light: Integrated quantum and classical mechanics. Optik. 188.

VALORIZACIÓN DE LA CÁSCARA DE ARROZ COMO RESIDUO PARA LA PRODUCCIÓN DE ELECTRODOS DE SUPERCONDENSADORES

Heylin Camila Gelves Niño,¹ Juan Pablo Arismendi Londoño,¹ Martha Yasnid Ferrer Pacheco ¹

¹Universidad Francisco de Paula Santander, Grupo de investigación GIFMAC, Cúcuta, Norte de Santander

E-mail: heylincamilagn@ufps.edu.co

La creciente necesidad de sistemas de almacenamiento de energía más eficientes y sostenibles ha impulsado el interés por los supercondensadores, dispositivos capaces de ofrecer alta densidad de potencia, rápida carga y larga vida útil^{1,2}. Su desempeño depende directamente de las propiedades físico-químicas de los materiales utilizados como electrodos, entre los cuales el carbón activado destaca por su alta área superficial y buena conductividad eléctrica³. En este contexto, la cáscara de arroz representa una fuente renovable y abundante para la obtención de materiales carbonosos. Esta investigación tuvo como objetivo desarrollar electrodos a partir de carbón activado obtenido de cáscara de arroz, optimizando su desempeño electroquímico en supercondensadores mediante el uso de dos agentes activantes (KOH y NaOH), como una estrategia sostenible para valorizar residuos agrícolas.

La metodología se desarrolla mediante un enfoque experimental dividido en varias etapas. Primero, se realiza la recolección y pretratamiento de la cáscara de arroz, con el fin de eliminar el alto contenido de sílice que obstaculiza la formación de poros. A continuación, se lleva a cabo la pirólisis inicial de la cáscara de arroz sin sílice para producir un biocarbón, que posteriormente se activa químicamente con KOH y NaOH a 800 °C bajo atmósfera inerte. Los materiales obtenidos fueron caracterizados mediante SEM/EDS, FRX, TGA y análisis BET para determinar su morfología, composición elemental y área superficial. Los electrodos se fabricaron utilizando los carbones activados, y su caracterización electroquímica se realizó mediante voltametría cíclica (CV) en un sistema de tres electrodos con un potenciostato-galvanostato Gamry Interface1000.

Los resultados evidenciaron que el tipo de agente activante tiene una influencia significativa en la porosidad, lo que se muestra en las Fig. 1 y 2, y el desempeño electroquímico del carbón activado como electrodo, se ilustra en la Fig. 3. El carbón tratado con NaOH presentó una mayor área superficial (1881 m²/g) y una capacitancia específica de 74 F/g, superando al carbón activado con KOH, que alcanzó 1478 m²/g y 28 F/g, respectivamente. Estas diferencias se atribuyen a la formación de estructuras porosas más abiertas y laminares con NaOH. En conclusión, la combinación de un tratamiento efectivo de desilicación y la selección adecuada del agente activante son determinantes para optimizar las propiedades del carbón activado, logrando materiales viables y sostenibles para aplicaciones en almacenamiento de energía mediante supercondensadores.

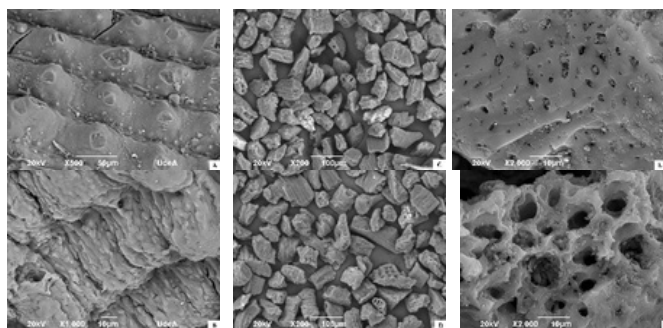


Fig. 1. Micrografías SEM a. Cáscara de arroz (RH), b. Cáscara de arroz sin sílice (RHS), c. y e. CANaOH; d. y f. CAKOH.

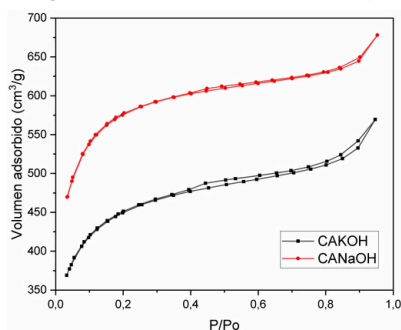


Fig. 2. Isoterma de adsorción de nitrógeno del carbón activado a 800 °C con NaOH y KOH.

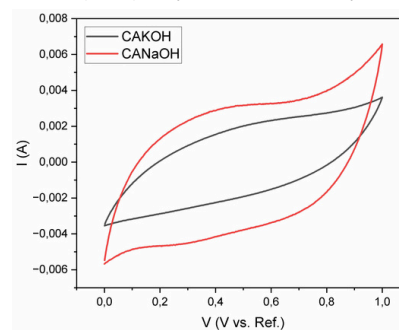


Fig. 3. Curvas de voltametría cíclica (CV) del CANaOH y CAKOH a la velocidad de exploración de 5 mV/s.

Referencias

1. M. Arunkumar and A. Paul. *ACS Omega*, 2017, 2, 8039–8050.
2. J. Wang, X. Zhang, Z. Li, Y. Ma and L. Ma. *J. Power Sources*, 2020, 451, 227794.
3. J. Conder, K. Fic and C. Matei Ghimbeu. in *Char and Carbon Materials Derived from Biomass: Production, Characterization and Applications*, Elsevier, 2019, pp. 383–427.

BiOCl derivado de residuos industriales como material multifuncional para la remoción de contaminantes emergentes

Isabella Escobar¹, Sebastián Pérez², Juan Muñoz-Saldaña², Nancy Acelas¹, Angélica Forgionny^{1*}.

¹Grupo de Investigación Materiales con Impacto (Mat&mpac), Instituto de Ciencias Básicas, Facultad de Ingeniería, Universidad de Medellín, Medellín 050026, Colombia

²Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, Laboratorio Nacional de Proyección Térmica (CENAPROT), Real de Juriquilla, 76230 Querétaro, México

E-mail: isabellaescobarbarrientos@gmail.com

La presencia de contaminantes emergentes (colorantes, fármacos y pesticidas) en cuerpos de agua representa un desafío ambiental crítico debido a su persistencia y baja degradabilidad mediante tecnologías convencionales, lo que genera riesgos tanto para la salud pública como para los ecosistemas. En paralelo, la producción de bismuto en México ocurre principalmente como subproducto de la minería de metales como plomo y cobre, alcanzando en 2023 un volumen de 38,706 toneladas métricas de concentrado, lo que resalta la necesidad de desarrollar tecnologías sostenibles para su aprovechamiento y valorización. En este trabajo se propone un proceso híbrido de adsorción-fotocatálisis para la remoción de azul de metileno (AM), amoxicilina (AMO) y Rodamina B (RhB), empleando BiOCl sintetizado in situ a partir de BiO, como una alternativa más sostenible frente a dichas problemáticas. El BiO precursor se obtuvo mediante disolución controlada de bismuto metálico en medio ácido (50 mL de HNO₃, 8M) y posterior precipitación con NaOH (150 mL, 2M), seguido de lavado con agua desionizada, filtración y secado a 100 °C por 24 h. Los resultados preliminares mostraron una mayor capacidad para la remoción de RhB en comparación de los demás contaminantes. Para evaluar la eficiencia del sistema, se realizaron experimentos considerando distintos parámetros: el efecto del pH (2, 3, 4 y 10), la dosis del adsorbente (0.25; 0.5; 1.0; 1.5 g/L), la concentración inicial de RhB (5, 10 y 25 mg/L), la influencia de iones competitivos (CO₃²⁻ y NO₃⁻) en comparación con TiO₂ comercial (Degussa P25). Adicionalmente, se efectuaron caracterizaciones mediante FTIR, DRX, SEM, TGA y DSC. Los ensayos de remoción, realizados bajo oscuridad por 60 min para la adsorción e irradiación UV por 120 min para el proceso fotocatalítico, considerando los parámetros de pH, dosis del fotocatalizador, concentración inicial y presencia de iones competitivos, mostraron que en condiciones óptimas (pH 3, 10 mg/L, 1.50 g/L) se alcanzó una eliminación superior al 90 %. Este resultado se atribuyó a un efecto conjunto asociado a un 57 % de adsorción inicial y un 43 % de fotodegradación. A pH ácido, la transformación de BiO a BiOCl se vio favorecida por la mayor disponibilidad de Cl⁻, lo que promueve la formación de especies intermedias solubles y facilita la precipitación controlada del fotocatalizador activo. La caracterización por DRX evidenció la formación de la estructura BiOCl y las micrografías SEM confirmaron la morfología de hojuelas reportada para este compuesto. Estos resultados evidencian el potencial del BiOCl como material alternativo, eficiente y ambientalmente sostenible frente a TiO₂ en el tratamiento de aguas contaminadas con compuestos emergentes.

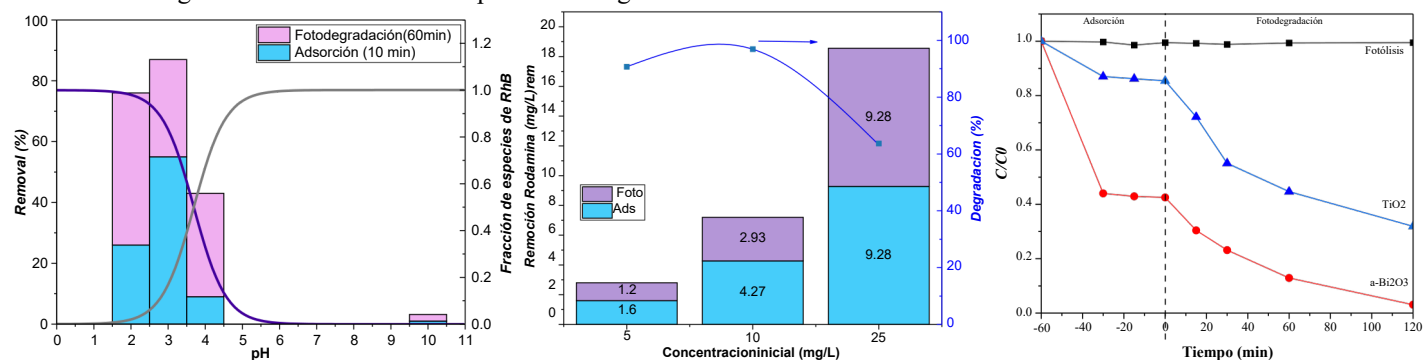


Figura 1. Degradación y adsorción de rodamina. a) efecto de pH y curva de especiación de la rodamina, b) efecto de la concentración de rodamina B.

Agradecimientos

Los autores le agradecen a la Universidad de Medellín por su apoyo durante el desarrollo de este proyecto y al XXX Verano de Investigación Científica y del Pacífico.

Referencias

- He, J., Wang, J., Liu, Y., Mirza, Z. A., Zhao, C., & Xiao, W. **Ceramics International**, 2015, 02, 8028–8033.
- Sood, S., Umar, A., Mehta, S. K., & Kansal, S. K. (2015). **Ceramics International**, 2015 41(3), 3355–3364.
- Mexicano, S.G., 2024. **Anuario Estadístico de la Minería Mexicana 2023**, edición 2024.
-

INFLUENCE OF TEMPERATURE AND CONVERSION METHOD ON THE CARBOCATALYTIC PERFORMANCE FOR THE DEGRADATION OF CONTAMINANTS IN AQUEOUS MATRICES

Johwan Paniagua-Macías,¹ Efraím A. Serna-Galvis,² Nancy Y. Acelas-Soto,³ Ricardo A. Torres-Palma,¹

¹Grupo de Investigación en Remediación Ambiental y Biocatálisis (GIRAB), Instituto de Química, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Antioquia UdeA.

²Grupo de Catalizadores y Adsorbentes (CATALAD), Instituto de Química, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Antioquia UdeA.

³Grupo de Investigación Materiales con Impacto (MAT&MPAC), Instituto de Ciencias Básicas, Facultad de Ingenierías, Universidad de Medellín.

E-mail: johwan.paniagua@udea.edu.co

Production of carbonaceous materials from biomasses not only depends on the technique employed but also depends on several parameters in the synthesis method such as reaction conditions (temperature, time, heating rate) and the surrounding environment (carrier gas type, carrier gas flow rate) 1,2. In this study, a metal-free biochar-based catalyst derived from rice husk (RH) biomass was prepared by calcination at temperatures of 500, 600 and 800°C (CRH-500, CRH-600 and CRH-800) respectively, in addition, a material was prepared by pyrolysis at 600°C (PRH-600). The carbonaceous materials were evaluated for acetaminophen (ACE) degradation by carbocatalytic processes using peroxydisulfate (PMS) as the oxidizing agent. The carbocatalytic performance of the calcined materials was close to 80% at 5 minutes of treatment; however, the pyrolyzed material showed 95% degradation at the same treatment time, showing superior performance to the calcined materials. The difference in catalytic performance can be attributed to the synthesis atmosphere. The oxidative air atmosphere in calcination causes carbon loss by oxidation, destroys carbonaceous structures by combustion, and affects biochar yield. Nitrogen as a carrier gas in pyrolysis generates an inert atmosphere, preventing carbon oxidation and favoring the formation of porous structures and the conversion into solid carbon (amorphous, graphitic, etc.), which is very useful for catalysis 3,4. Additionally, it was observed that the method of converting biomass into biochar induces changes in the kinetics and possible degradation routes of ACE by the carbocatalytic process.

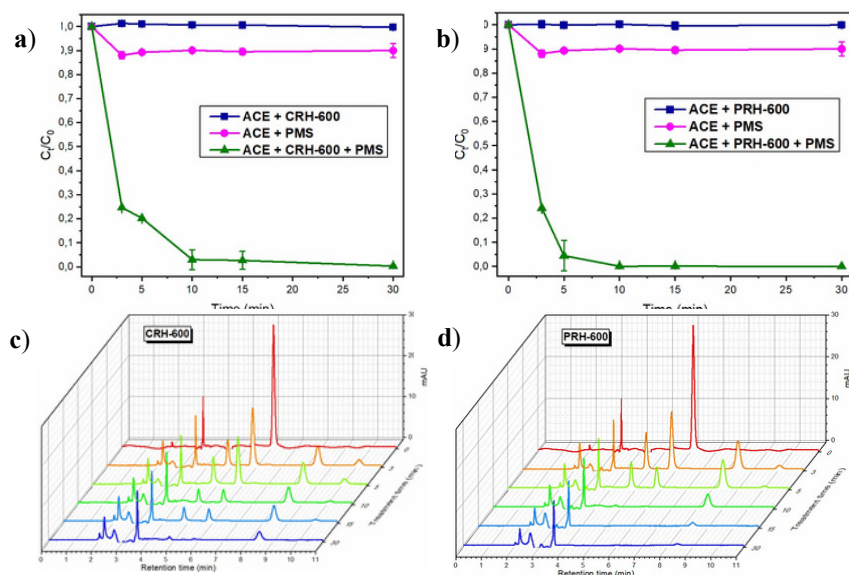


Figure 1. Catalytic activity performance of carbonaceous materials **a)** rice husk calcined at 600°C (CRH-600) **b)** rice husk pyrolyzed at 600°C (PRH-600). Chromatograms with degradation products **c)** CRH-600 and **d)** PRH-600. **Conditions:** [ACE]=15.8μM, [PMS]=500μM, [Carbonaceous material]= 0.2 g L⁻¹, V=250 mL.

Acknowledgment

To the project “Implementación de estrategias para la **recuperación de aguas residuales urbanas** basadas en tratamientos solares y **convencionales**: Caso Florencia Caquetá, mayor centro poblado de la Amazonia Colombiana”. Project 890-2020.

References

1. Xu S, Chen J, Peng H, et al. Fuel. 2021;291.
2. Tripathi M, Sahu JN, Ganesan P. Renew Sustain Energy Rev. 2016;55:467-481.
3. Ronsse F, Nachenius RW, Prins W. Carbonization of Biomass.; 2015. doi:10.1016/B978-0-444-63289-0.00011-9
4. Lu X, Gu X. Biotechnology for biofuels and bioproducts. Vol 15.; 2022. doi:10.1186/s13068-022-02203-0

Bioplástico a partir de cáscara de *Musa paradisiaca*: una alternativa sostenible

Isabel Sofía Castillo Ortega¹, Jorge Enrique Ortega Ortega²

¹ Estudiante de Biología, Universidad del Cauca, Popayán, Cauca, Colombia ² Institución Educativa Novirao, Totoró, Cauca, Colombia

E-mail: isabelscastillo@unicauca.edu.co El interés por desarrollar bioplásticos ha aumentado debido a la necesidad de mitigar el impacto ambiental generado por los plásticos

convencionales y promover el uso de materiales renovables y biodegradables¹. En este trabajo se llevó a cabo la síntesis de un bioplástico empleando cáscara de *Musa paradisiaca*, un residuo agrícola abundante que ofrece ventajas en cuanto a disponibilidad y costo. Esta biomasa se combinó con pectina y alginato como matrices poliméricas naturales, mientras que el sorbitol se incorporó como plastificante para mejorar la flexibilidad del material. Con el fin de reforzar sus propiedades mecánicas y su estabilidad frente a la humedad, se adicionó bentonita, y para conferirle capacidad de sensibilidad de cambio se incorporaron antocianinas de mora, compuestos bioactivos capaces de modificar su color ante variaciones de pH.

La metodología consistió en la preparación de una mezcla homogénea de los componentes, la cual se vertió en moldes y se sometió a un secado controlado a baja temperatura para favorecer la formación de láminas uniformes. Posteriormente, se realizó un proceso de reticulación con CaCl₂, que permitió mejorar la cohesión interna del bioplástico y aumentar su estabilidad estructural. Como resultado se obtuvieron películas flexibles, biodegradables y con buena resistencia mecánica, capaces de mantener su integridad bajo manipulación y exposición moderada al calor. La presencia de bentonita contribuyó significativamente al incremento de la resistencia y a la reducción de la permeabilidad al agua², mientras que las antocianinas proporcionaron una respuesta cromática clara ante variaciones de pH, dotando al material de una función inteligente fácilmente observable.

Los resultados obtenidos evidencian que el aprovechamiento de residuos agrícolas, como la cáscara de plátano, representa una estrategia viable para la producción de materiales sostenibles, reduciendo el volumen de desechos y generando productos con valor agregado. Asimismo, la integración de biopolímeros, refuerzos minerales y compuestos indicadores demuestra la posibilidad de diseñar bioplásticos con propiedades avanzadas que pueden adaptarse a diversas aplicaciones³.



Fig. 1. Obtención del Bioplástico

Este tipo de materiales no solo contribuye a la reducción del impacto ambiental, sino que también abre oportunidades en el desarrollo de empaques activos, recursos didácticos y sistemas de monitoreo visual basados en cambios de pH. En conjunto, el bioplástico sintetizado destaca por su biodegradabilidad, funcionalidad, resistencia y capacidad indicadora, posicionándose como una alternativa prometedora para reemplazar parcialmente los plásticos sintéticos en aplicaciones específicas.

Agradecimientos

Los autores agradecen a las instituciones participantes por su apoyo.

Referencias

1. M. García and R. López. *Bioplásticos a partir de residuos agrícolas.*, 2021.
2. R. Singh and P. Kaur. *Anthocyanins as pH indicators.*, 2020.
3. V. K. Thakur and M. K. Thakur. *Handbook of Biopolymers.*, 2018.
4. J. E. Ortega and I. S. Castillo. *Desarrollo de bioplástico.*, 2024.
5. M. Abdollahi and M. Rezaei. *Nanoclay Reinforced Polymer Films.*, 2019.

Aprovechamiento de cenizas de residuos orgánicos como sustitutos en pastas de cemento.

Luisa María Arboleda Ramírez,¹ Sara Castaño Gil, Juan Diego Jaramillo Restrepo, María Soledad Hernández-Rivera, Ximena Gaviria Gómez,¹ María Isabel Mejía Correa,¹

¹Grupo de Investigaciones y Mediciones Ambientales (GEMA), Universidad de Medellín, Colombia

²Instituto Tecnológico Superior de Irapuato, Irapuato, México

E-mail: jjaramillo109@soyudemedellin.edu.co

En Colombia, según la Cámara Colombiana del Cemento y el Concreto (Procemco), por cada tonelada de cemento producido se emiten 600 kilogramos de CO₂. Al observar el impacto de la producción de concreto en el ambiente, se han buscado posibles alternativas para minimizarlo, entre las cuales se incluye el uso de distintos residuos orgánicos disponibles en el entorno para sustituir parte de las materias primas empleadas en la producción del concreto y del cemento.

En este trabajo, se implementó el uso de residuos de cáscara de papa, semilla de aguacate y hojarasca, para la obtención de cenizas y su posterior uso en la elaboración de pastas de cemento. Los residuos se recolectaron y adecuaron, para ser luego secados a 105°C y posteriormente calcinados durante 2 h a 500°C con un gradiente de temperatura de 10°C/min. La ceniza obtenida fue luego molida hasta alcanzar el tamaño de partícula deseado. Para la elaboración de las pastas de cemento se siguió el estándar C305 de la ASTM, con una proporción de cemento: agua de 1:0.4 y se hicieron ensayos de fraguado con una pasta sin cambios, y con tres pastas en donde cada una de estas se le reemplazó el 5% (en masa) del cemento con las cenizas de uno de los residuos. Para las pastas de cemento obtenidas se evaluaron sus propiedades de fraguado siguiendo el estándar C191 de la ASTM, y también se realizaron análisis de espectroscopia infrarroja por transformada de Fourier (FTIR) de los residuos secos, de sus cenizas y de las pastas obtenidas durante la prueba de fraguado. Los resultados obtenidos en la Tabla 1, indican que el promedio en la eficiencia de calcinación varía según el tipo de residuo, alcanzando un mejor comportamiento para el residuo de cáscara de papa. La eficiencia se estimó como el cociente entre la cantidad de material después y antes de la calcinación. En la Figura 1 se muestran los resultados de las pruebas de fraguado y de las pastas con un 5% de cenizas de cada residuo utilizado, como para la pasta de cemento de control (sin reemplazo de cenizas).

Tabla 1. Eficiencia de calcinación, por cada residuo.

Residuo	Cantidad de residuo calcinado (g)	Promedio de eficiencia de calcinación (%)
Semilla de aguacate	5.6048	9.5529
Hojarasca (residuos de jardín)	5.7907	12.3506
Cáscara de papa	65.1025	13.8098

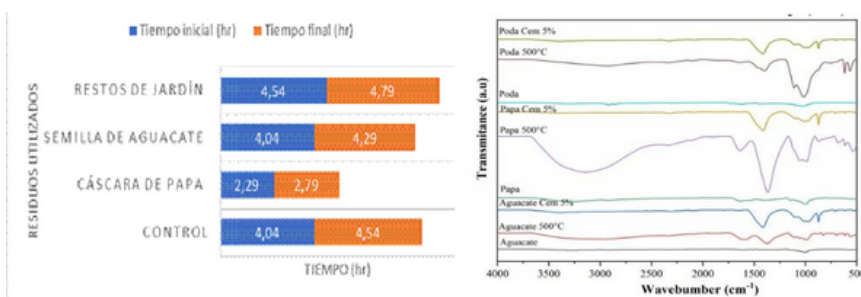


Figura 1. Resultados de las pruebas de fraguado (izquierda), y resultados de la prueba de FTIR (derecha).

La sustitución del 5% de cemento por ceniza de cáscara de papa redujo el tiempo de fraguado, alcanzando más rápidamente la penetración límite. Además, mostró mejor cohesión visual, superando a la semilla de aguacate y la hojarasca. Los espectros FTIR confirmaron la eliminación de grupos funcionales orgánicos tras la calcinación, y la presencia de bandas entre 900 cm⁻¹ asociadas a geles C–S–H y enlaces Si–O, indican reactividad puzolánica.

Referencias

1. El Espectador. *El cemento también es responsable del cambio climático: ¿podremos sustituirlo?*. 2022. ([Ver aquí](#)).

Bio nano inhibidor de corrosión para pozos inyectoros basado en polifenoles obtenidos de residuos agroindustriales y potenciados con nanomateriales.

Juan D. Quintero,¹ Esteban A Taborda,¹ Camilo A. Franco,¹ Farid B. Cortés,¹

¹ Grupo de investigación Michael Polanyi, Universidad Nacional sede Medellín

E-mail: jdquintero@unal.edu.co

Abstract

The development of efficient and environmentally friendly corrosion inhibitors is essential for ensuring the integrity and operational safety of injection well pipelines, which are continuously exposed to aggressive brines and high concentrations of CO₂. In this study, coffee pulp, an abundant agro-industrial residue, was valorized as a source of bioactive compounds for corrosion protection. Polyphenols were extracted through ultrasound-assisted extraction in a 50:50 ethanol–water mixture, and the ethanol was subsequently removed by rotary evaporation. The obtained extracts were characterized using FTIR, thermogravimetric analysis (TGA), the Folin–Ciocalteu assay, and antioxidant capacity assays. The total polyphenol content was determined to be 844.3 mg gallic acid equivalents (GAE)/L, while the antioxidant activity reached 3538.4 mg Trolox equivalents (TE)/L by ABTS and 1265.6 mg TE/L by DPPH, confirming their strong reducing and radical scavenging properties. The aqueous polyphenolic extracts were then employed to formulate nanobioinhibitors through their combination with nanoparticles, producing three hybrid systems: alumina–polyphenols, carbon quantum dots (CQDs)–polyphenols, and silica–polyphenols. The anticorrosion performance of these systems was systematically evaluated using linear polarization resistance, electrochemical impedance spectroscopy, and long-term immersion tests on metallic coupons under simulated corrosive environments representative of oilfield conditions. The results revealed that the incorporation of nanoparticles substantially enhanced the adsorption of the polyphenolic compounds on the metal surface, improving their protective effect. While the polyphenolic extract alone achieved 45% inhibition efficiency, the hybrid systems exhibited higher values, reaching 56% for alumina–polyphenols, 82% for CQDs–polyphenols, and 49% for silica–polyphenols. Overall, this study demonstrates the potential of coffee pulp extracts as effective green inhibitors when synergistically combined with nanostructured materials. Beyond highlighting the superior performance of the CQDs–polyphenols system, the findings propose a sustainable and value-added strategy for the revalorization of coffee agro-waste into advanced corrosion inhibitors tailored for oilfield applications.

Remoción de Cd(II) en solución acuosa a partir de zeolitas sintetizadas a base de cascarilla de arroz con extracto de *Delftia lacustris*

Juan Manuel Peña-Torres¹, MaríaPaola Lozaho, Ximena Pulido, Luis Fernando Rodríguez, Cesar Jaramillo-Paez¹. ¹ Universidad del Tolima, Barrio Santa Helena, Ibagué, Colombia.

E-mail: jpenat@ut.edu.co

Resumen Se obtuvo una zeolita tipo Faujasita X a partir de cascarilla de arroz y se caracterizó por DRX y FRX (Si/Al = 2.2). Al inmovilizar extracto de *Delftia lacustris* en dos concentraciones, los ensayos mostraron que la zeolita sin inmovilizar y la de mayor contenido proteico removieron el 97% de Cd(II), mientras que la de menor concentración alcanzó 86.63%. **Introducción** El cadmio es un metal tóxico y bioacumulable que genera preocupación ambiental¹, con efectos dañinos en el organismo y acumulación en tejidos². Su tratamiento incluye métodos físico-químicos y el uso de adsorbentes como las zeolitas³. Estas pueden obtenerse a partir de cascarilla de arroz por su contenido de sílice⁴ y potenciarse mediante inmovilización de extractos bacterianos de *Delftia lacustris*⁵. El estudio plantea sintetizar una zeolita, caracterizarla por DRX y FRX y evaluar su eficiencia en la remoción de Cd(II). **Materiales y métodos** Se sintetizó una zeolita a partir de cascarilla de arroz mediante pretratamiento, calcinación, extracción de silicato y síntesis hidrotermal, seguida de caracterización por DRX y FRX. El extracto de *Delftia lacustris* fue preparado e inmovilizado sobre la zeolita, y se evaluaron tres adsorbentes (Z90, Z90Ext y uno con mayor contenido proteico) en la remoción de Cd(II). **Resultados** La DRX confirmó que la zeolita, con y sin extracto bacteriano, corresponde a la fase Faujasita X, mientras que la FRX del material Z90 mostró 68% de Si y 30% de Al, con relación Si/Al de 2.2. En adsorción, Z90 y Z90Ext.2 removieron más del 97% de Cd(II), mientras que Z90Ext.1 alcanzó 86.63%, indicando que bajas concentraciones de extracto reducen la eficiencia y mayores podrían mejorarla.

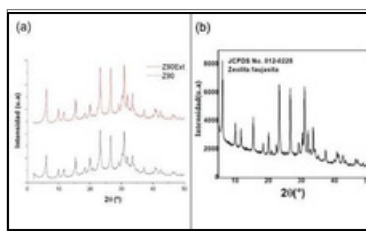


Fig. 1. (a)DRX de Z90 y Z90Ext.(b) Carta cristalográfica.

Tabla 1. Composición química del material por FRX.

Elemento	Resultado	LLD	LLQ
Sílice (Si)	(% masa)	0.0348	0.104
Aluminio(Al)	68.6	0.0623	0.187
	30.1		

Tabla 2. Porcentaje de remoción de Cd(II).

Material	Concentración de Cd(II) (mg/L)	% Remoción
Blanco	5,34	0
Z90	<0.16	>97
Z90Ext.1	0.71	86.63
Z90Ext.2	<0.16	>97

Conclusion

La zeolita obtenida fue identificada como Faujasita X. En la remoción de Cd(II), Z90 y Z90Ext.2 lograron >97%, mientras que Z90Ext.1 obtuvo 86.63%, mostrando que menos extracto disminuye la eficiencia y que se requieren estudios adicionales.

Agradecimientos

Agradezco a la Universidad del Tolima y al comité del VICCPAOx por esta oportunidad.

Referencias

1. R. Wang, P. Sang, Y. Guo, P. Jin, Y. Cheng, H. Yu, Y. Xie, W. Yao, and H. Qian. *Food Chem.*, 2023, 405, 134666. *Cadmium in food: Source, distribution and removal.*
2. A. Charkiewicz, W. Omeljaniuk, K. Nowak, M. Garley, and J. Nikliński. *Molecules*, 2023, 28(18), 6620. *Cadmium toxicity and health effects: a brief summary.*
3. K. Bhattacharyya, D. Sen, A. Banik, and S. Ganguly. *Phys. Chem. Earth*, 2023, —, 103538. *Adsorptive removal of cadmium from aqueous medium – a critical review.*
4. P. Nzereogu, A. Omah, F. Ezema, E. Iwuoha, and C. Nwanya. *Hybrid Adv.*, 2023, 4, 100111. *Silica extraction from rice husk: Comprehensive review and applications.*
5. X. Pulido, J. Beltrán, M. Varón-López, and C. Jaramillo. *EPS Int. Pept. Symp.*, Florencia, Italia, 2024. *Identification of Delftia lacustris proteins in response to cadmium stress.*

Caracterización química y evaluación de las propiedades mecánicas de biopolímeros obtenidos a partir de almidón de yuca

Julián Carmona,¹ Lina Corrales,¹ Martín Hurtado,² Diego Marín,² Ximena Gaviria,¹ María Isabel Mejía,¹

¹ Grupo de Investigaciones y Mediciones Ambientales (GEMA), Universidad de Medellín, Colombia

² Instituto Tecnológico Superior de Apatzingán, Apatzingán, México

E-mail: jcarmona413@soyudemedellin.edu.

La investigación de biopolímeros alrededor del mundo ha ido en aumento con el pasar de los años, teniendo un gran salto en los últimos 5 años, reflejando así el interés de encontrar diversas aplicaciones para estos materiales debido a las propiedades de ser biodegradables, no ser tóxicos, ser amigables con el ambiente y a la facilidad para fabricar películas con ellos¹.

En esta investigación se fabricaron diferentes películas de biomateriales a partir de almidón de yuca variando las proporciones en las materias primas, las concentraciones de ellos y las condiciones experimentales. Las propiedades fisicoquímicas de los materiales obtenidos fueron analizadas mediante espectroscopia infrarroja por transformada de Fourier (FTIR) para determinar la composición química de los materiales obtenidos, y mediante ensayos de tracción para definir las propiedades mecánicas. En la caracterización fisicoquímica y mecánica se evaluó el efecto del origen del almidón de yuca (natural o comercial)².

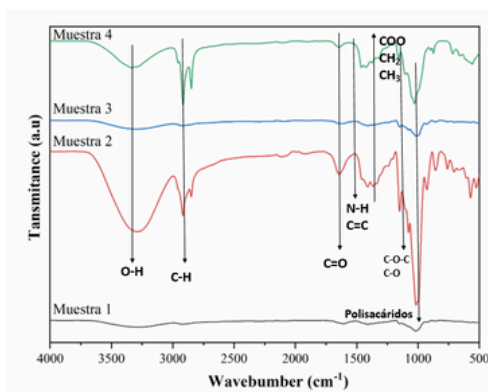


Fig. 1. FTIR de los biomateriales.

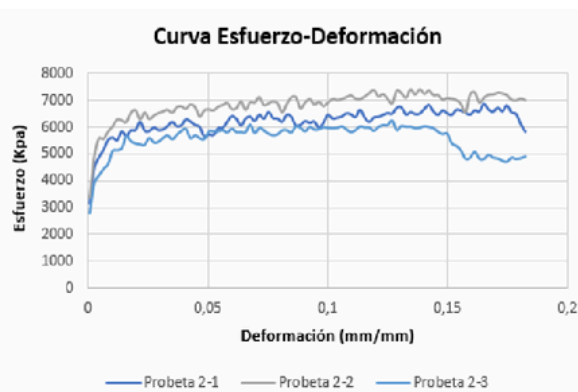


Fig. 2. Ensayo de tracción muestra-2.

En la **Fig. 1** se observan los FTIR para 4 de los biomateriales obtenidos, confirmando que efectivamente los biomateriales están compuestos de materia orgánica, asegurando así su biodegradabilidad, además de que no se aprecia la presencia de compuestos que pudiese evidenciar contaminación por agentes externos. Igualmente, se evidencia la presencia de diferentes grupos funcionales característicos del almidón, cáscara de huevo y demás materias primas. En los espectros no se observa un cambio significativo debido al efecto de la composición química (muestras 1 y 2), ni al cambio en la fuente de almidón (muestras 3 y 4). Los resultados de los ensayos de tracción para los diferentes biomateriales, indican que el comportamiento mecánico del material sí se afecta por la proporción en la composición de las materias primas y por la fuente del almidón. En el caso de la fuente de almidón (muestras 3 y 4) se puede identificar que el origen del almidón de yuca afecta las propiedades mecánicas del material, manteniendo constante la proporción de las materias primas, teniendo como resultado que el biomaterial fabricado a partir del almidón de origen natural es un material menos dúctil y menos resistente al compararlo con el biomaterial obtenido a partir del almidón de origen comercial. Estos resultados son de gran interés ya que dependiendo de la aplicación que se requiera, se puede obtener un biomaterial con las propiedades más adecuadas de ductilidad, resistencia y con una textura determinada. La **Fig 2** muestra los resultados por triplicado del ensayo de tracción para la muestra con el mejor comportamiento (muestra-2), donde se observa la reproducibilidad de los resultados para tres muestras distintas del biomaterial. El biomaterial obtenido es un material dúctil y con una alta resistencia mecánica, indicando que es un material con un potencial de utilizarse en diversas aplicaciones.

Agradecimientos

Agradecemos a la Universidad de Medellín por su valioso apoyo en este proyecto, promoviendo la investigación aplicada y la sostenibilidad. Su colaboración permitió explorar residuos como la cáscara de huevo para reemplazar plásticos de un solo uso.

Referencias

1. Y. Sun, Y. Bai, W. Yang, K. Bu, S. K. Tanveer, and J. Hai, **Front. Chem.**, 2022, *10*, 915648.
2. A. M. Mateus Guerra, **Sistemadeempaquetebiodegradablepara comida B.A.R.F. (Proyecto de Grado)**, Universidad El Bosque, Bogotá, Colombia, 2019.

Producción de biochar a partir de tusa de maíz para su aplicación como aditivo sostenible en mezclas de cemento

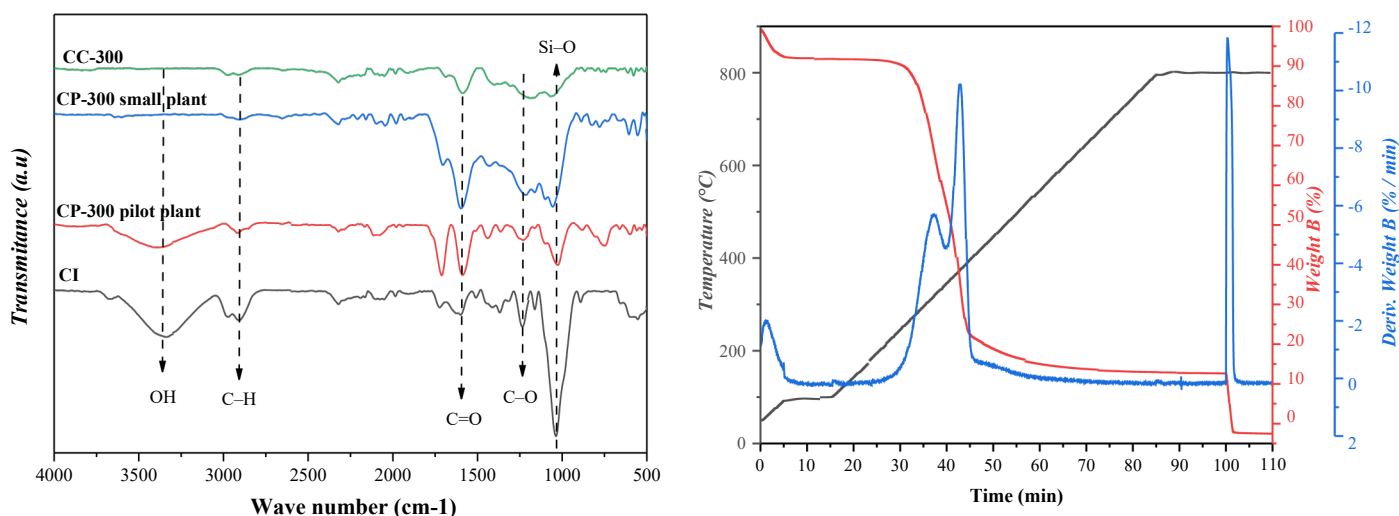
Katheryn Jaramillo, Junior Mosquera, Isabella Escobar, Gabriela Montoya, Lina María Chica, Nancy Acélas, Angelica¹ Forgionny¹.

¹Grupo de investigación Materiales con Impacto (MAT&MPAC), Instituto de Ciencias Básicas, Facultad de Ingenierías, Universidad de Medellín.

²Semillero de investigación grupo GICI, Facultad de Ingeniería, Universidad de Medellín
E-mail: kjaramillo613@soyudemedellin.edu.co

El aprovechamiento de la tusa de maíz como materia prima secundaria se plantea como una estrategia coherente con los principios de la economía circular. La valorización de este subproducto adquiere relevancia frente a problemáticas ambientales asociadas con la generación de residuos de la agroindustria de la tusa de maíz, cuyo manejo inadecuado ocasiona emisiones contaminantes, proliferación de plagas y acumulación en vertederos, actualmente se generan a nivel mundial 859 millones de toneladas de este residuo. De manera complementaria, la dependencia del sector de la construcción hacia materias primas vírgenes contribuye a la explotación intensiva de recursos naturales, generando impactos significativos en los ecosistemas. En este contexto, la incorporación de biochar derivado de la tusa de maíz surge como una alternativa sostenible para mitigar dichas problemáticas y diversificar las fuentes de insumos en la industria de la construcción.

Por tanto, el enfoque de la presente investigación fue la obtención de un biochar a partir de la tusa de maíz y su evaluación como aditivo en matrices de cemento. Para tal fin, se empleó una planta piloto de pirólisis con tres zonas de calentamiento, con capacidad de procesamiento aproximada de 0.5 Kg/h de biomasa, para obtener el biochar. El proceso de pirólisis se llevó a cabo a una temperatura óptima de 300 °C, determinada previamente mediante análisis termogravimétrico (TGA), logrando un rendimiento del 40% (Fig. 1a). El biochar obtenido fue caracterizado por espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier (FTIR), confirmando la presencia de grupos funcionales adecuados para interactuar con las fases del cemento. Posteriormente, se elaboraron pastas de cemento con una adición del 5% en peso de biochar, las cuales fueron sometidas a ensayos de consistencia y fraguado, y analizadas por TGA y FTIR. Las mediciones de las propiedades físicas revelaron que la adición de biochar de tusa de maíz provoca una reducción significativa del tiempo de fraguado del cemento, sin afectar negativamente su consistencia. Los análisis de caracterización de las matrices endurecidas confirmaron la formación de compuestos carbonatados, lo que está intrínsecamente ligado a la mejora de las propiedades del material. Así, el presente estudio demuestra el potencial del biochar, obtenido por pirólisis a 300 °C, como un aditivo sostenible y funcional. Su implementación no solo optimiza los tiempos de curado y fraguado, sino que también se alinea con los principios de la economía circular, al aprovechar un residuo agrícola para disminuir la explotación de recursos naturales.



Agradecimientos

Los autores agradecen a la Universidad de Medellín por la financiación recibida.

Referencias

1. S. S. Meshram, S. P. Raut & M. V. Madurwar. **Recent Trends in Construction Technology and Management** 2022, 978-981-19-2145-2_131513.
2. Ahumada, Richard, Salas-Navarro, Katherinn, Ospina Mateus, Holman, **Repositorio Universidad Tecnológica de Bolívar**, 2022 20.500.12585/11106

Síntesis de óxidos de tipo perovskita La_xMnO_3 no estequiométricas para la oxidación catalítica de BTX

Laura Castaño,¹ Alexander Santamaría,¹ Diana Lopez,¹ Juan Tapia,¹

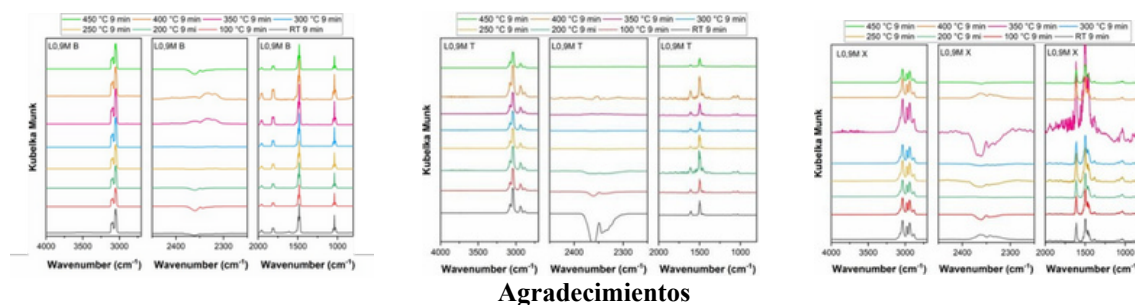
¹Instituto de Química, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Química de Recursos Energéticos y Medio Ambiente, Universidad de Antioquia UdeA, Calle 70 No. 52-21 Medellín, Colombia
E-mail: lauram.castano1@udea.edu.co

Los óxidos metálicos mixtos de tipo perovskita, como LaMnO_3 , han captado un gran interés en el campo de la catálisis heterogénea. Su eficiencia se debe a una combinación de propiedades que incluyen: una alta estabilidad térmica, notable capacidad redox y excelente movilidad de oxígeno. Su estructura cristalina presenta una notable versatilidad para ser modificada mediante dopaje y creación de vacancias a través de la no estequiometría, estrategias que pueden potenciar el catalizador sin comprometer su estructura. De esta manera, los óxidos tipo perovskita se han consolidado como materiales catalíticos prometedores para la eliminación de compuestos orgánicos volátiles (VOCs), que son altamente dañinos para la salud humana y medioambiental, por lo que su control es fundamental. La metodología más prometedora es la oxidación catalítica que permite eliminar estos compuestos a temperaturas relativamente bajas (entre 200 y 400 °C), haciendo el proceso más sostenible y económico. 1-3

Se sintetizaron catalizadores: La_xMnO_3 (LxM) mediante el método de autocombustión que permite polvos finos, homogéneos, en una sola etapa y de alta pureza. Los sólidos se caracterizaron mediante TGA, DRX, TPR, TPD, ICP, XPS, DRIFT y se evaluó la actividad catalítica con 1000 ppm de VOC. Los resultados mostraron que el catalizador L0.9M presentó la menor temperatura de oxidación de BTX con un T90 (90% de conversión del VOC) entre 250-350 °C, iniciando con el tolueno y terminando con el benceno. Este sólido posee la mayor relación de Oads/Olatt, lo que sugiere la presencia de vacancias de oxígeno que actúan como sitios activos y mejoran la actividad. Por lo tanto, el catalizador está influenciado no solo por la movilidad de oxígeno, sino también por las deficiencias catiónicas de La (producto de la no estequiometría) que actúan como sitios activos para la adsorción y posterior oxidación de VOC.

Para elucidar el proceso de adsorción y oxidación de los VOC en los catalizadores sintetizados, se usó la espectroscopia DRIFT para identificar especies intermedias y posibles rutas mecanicistas. Durante el proceso de adsorción de VOC en atmósfera inerte, se detectó la señal de CO, que es evidencia de la participación de oxígenos superficiales adsorbidos. Además, se identificaron intermediarios estables como benzoato y alcohol bencílico como productos de consumo y regeneración de oxígeno, respectivamente. Por otro lado, con el aumento de temperatura durante el proceso de oxidación, disminuyó las señales de aromáticos y aumentó la de CO indicando una conversión progresiva hasta su máximo en 450 °C. De los solventes evaluados, el tolueno mostró mayor facilidad de oxidación, seguido por el xileno y finalmente el benceno, en concordancia con su reactividad, estructura y estabilidad de productos intermedios. Los resultados confirman que la no estequiometría mejora la oxidación generando vacancias activas; el análisis DRIFT evidenció la participación de oxígenos superficiales y la formación de intermediarios clave, validando su rol en el mecanismo catalítico.

Fig 1.
DRIFT de
de L0.9M
izquierda a
para
tolueno y



Espectros
adsorción
(de
derecha)
benceno,
xileno.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Universidad de Antioquia por el apoyo económico brindado a través del proyecto CODI 2022-56031.

Referencias

- Yuan, B., Tao, Y., Qi, S., et al. Effect of A, B-site cation on the catalytic activity of $\text{La}_{1-x}\text{A}_x\text{Mn}_{1-y}\text{ByO}_3$ (A = Ce, B = Ni) perovskite-type oxides for toluene oxidation. **Environ. Sci. Pollut. Res**. 2023, vol. 30, no. 13, pp. 36993–37003. DOI: 10.1007/s11356-022-24916-3
- Zhao, H., Wang, J. Engineering metal oxide catalyst for volatile organic compounds oxidation. **Ionics (Kiel)**. 2024. pp. 11-25, 2023. DOI: 10.1007/s11581-023-05283-6
- Liu, L., Sun, J., Ding, J., et al. Catalytic Oxidation of VOCs over SmMnO_3 Perovskites: Catalyst Synthesis, Change Mechanism of Active Species, and Degradation Path of Toluene. **Inorganic Chemistry**. 2019, 58(20), 14275–14283. DOI: 10.1021/acs.inorgchem.9b02518

Aprovechamiento de la cáscara de aguacate en la síntesis de materiales carbonosos para la adsorción y fotodegradación de azitromicina

Salomé González,¹ Diego Garay², Leidy Hoyos³, Sergio Valencia³, Alba Nelly Ardila⁴, Maurin Salamanca⁵.

¹Universidad de San Buenaventura

²Universidad de Guadalajara

³Tecnológico de Antioquia I.U

⁴Politécnico Jaime Isaza Cadavid

⁵Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín

E-mail: salome.g0204@gmail.com

Los contaminantes emergentes, particularmente los antibióticos, representan una amenaza para los ecosistemas acuáticos debido a su persistencia, resistencia a procesos de degradación y efectos adversos sobre la biota. La azitromicina (AZY) es uno de los antibióticos más reportados en aguas residuales y su baja remoción en plantas convencionales (~37%) ¹ resalta la necesidad de alternativas sostenibles ². Los procesos avanzados de oxidación (PAOs) en combinación con los procesos de adsorción, ofrecen ventajas significativas al promover la remoción y/o degradación de compuestos recalcitrantes con mayor eficiencia y sostenibilidad. En este trabajo se empleó la cáscara de aguacate como precursor para la obtención de biochar mediante carbonización hidrotérmica (200 °C, relación biomasa/agua 1:5, con tiempos de 12 y 24 h). Posteriormente, los materiales se impregnaron con TiO en proporciones de 5, 10 y 15% y se sometieron a tratamiento térmico a 400 °C. Los sólidos fueron caracterizados mediante FTIR y SEM. El rendimiento de la carbonización mostró valores de 59-61%. El FTIR mostró que el biochar de cáscara de aguacate conserva grupos oxigenados (–OH, C=O, C–O), los cuales pueden contribuir a la adsorción superficial de la azitromicina sobre el biochar. Se observó que el tiempo de 24 h para la carbonización conduce a una estructura porosa bien definida y el desarrollo de canales como puede verse en la imagen SEM (Fig. 1). Además, la incorporación del TiO₂ no genera daños en la morfología del material, el cual se distribuye de forma homogénea alrededor de todo el soporte.

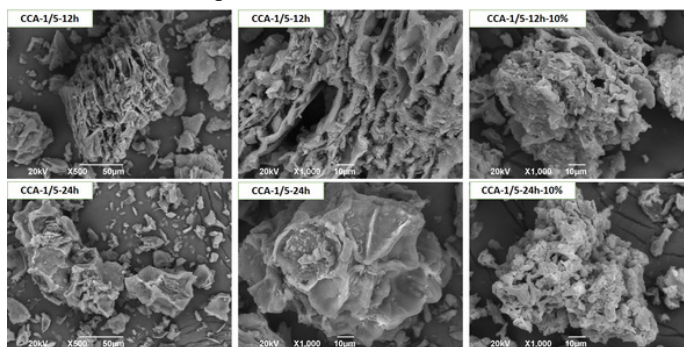


Fig. 1. Imágenes SEM de los biochar obtenidos

El seguimiento de la remoción de AZY se realizó por UV, mediante el método de Kumar modificado ³. El material CCA-1/5-24h-5% alcanzó 100% de remoción de la AZY en pocos minutos, mientras que CCA-1/5-12h-5% presentó el desempeño más bajo (<45%). En general, un mayor tiempo de síntesis (24 h) y una carga moderada de TiO (5%) resultaron en la mejor eficiencia. Estos resultados demuestran el potencial de los residuos de cáscara de aguacate como materia prima en la obtención de materiales carbonosos funcionalizados para la adsorción y fotodegradación de antibióticos, lo que contribuye a la búsqueda de soluciones sostenibles para la descontaminación de aguas.

Agradecimientos

Los autores agradecen al CODEI del Tecnológico de Antioquia por el financiamiento del proyecto: “Descontaminación de aguas a través de procesos de carbocatálisis y fotocátalisis heterogénea: Caso de estudio azitromicina”, Acta 01 - enero 28 de 2025 centro de costo: 206001365.

Referencias

1. MINISTERIO DE SALUD Y PROTECCIÓN SOCIAL. Plan nacional de respuesta a la resistencia a los antimicrobianos. <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/MET/plan-respuesta-resistencia-antimicrobianos.pdf> (2018).
2. Botero-Coy, A. M. *et al.* ‘An investigation into the occurrence and removal of pharmaceuticals in Colombian wastewater’. *Sci. Total Environ.* **642**, 842–853 (2018).
3. Castro-Jiménez, C. C., Saldarriaga-Molina, J. C., García, E. F., Torres-Palma, R. A. & Acelas, N. Azithromycin removal from water via adsorption on drinking water sludge-derived materials: Kinetics and isotherms studies. *PLoS One* **20**, e0316487 (2025).

Análisis SDS-PAGE de sericina: Efecto de métodos verdes de extracción sobre su integridad proteica
Daniel Stiven Burgos Gomez,¹ Diana María Chito Trujillo,² Maite Rada Mendoza.³

¹⁻³ Grupo de Investigación BICAMSA, Universidad del Cauca, Popayán, Colombia
Correo Electrónico: mrada@unicauca.edu.co

La sericina es una proteína hidrosoluble presente en los capullos del gusano de seda (*Bombyx mori*), que ha despertado interés por sus propiedades biológicas y funcionales, especialmente en la industria biomédica y alimentaria, donde puede emplearse como componente de películas biodegradables. Su aplicabilidad depende en gran medida de su integridad estructural, representada por el peso molecular. Estudios previos han reportado una amplia gama de pesos moleculares para la sericina, entre ~ 20 y 400 kDa (Kunz et al., 2016), influenciados principalmente por la técnica de extracción utilizada. La hidrólisis inducida por procesos químicos tiende a fragmentar la proteína, disminuyendo su peso molecular (Bascou et al., 2022), mientras que los métodos físicos pueden preservarla mejor.

En este estudio se evaluaron seis metodologías verdes de extracción de sericina: comercial (SP), microondas (SM), optimizada con agua caliente (SC), ultrasonido (SU), horno (SH) y baño maría (SS), mediante electroforesis SDS-PAGE bajo condiciones desnaturizantes. Los resultados mostraron una marcada variabilidad en los perfiles de peso molecular.

La sericina comercial (SP), presumiblemente obtenida por desgomado alcalino, presentó una fuerte fragmentación entre 37 y 150 kDa. Las muestras extraídas por microondas (SM) y horno (SH) también mostraron bandas en ese rango, con indicios de fragmentación. El método de ultrasonido (SU) mostró una banda ancha entre 50 y 250 kDa, pero con bajo rendimiento de extracción. El baño maría (SS) evidenció degradación proteica con bandas inferiores a 13 kDa. En contraste, la muestra extraída bajo condiciones optimizadas (SC) presentó las bandas más altas, entre 50 y 250 kDa, y los mejores rendimientos de extracción.

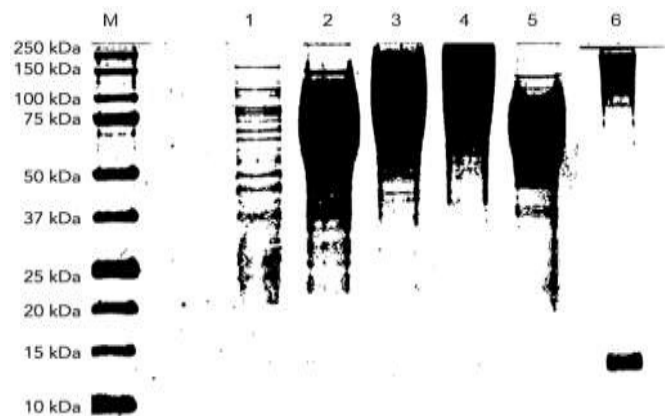


Figura 1. Gel SDS-PAGE-Tricina (12.5%/5%) de las muestras de SER en condiciones desnaturizantes. M) Marcador de peso molecular Precision Plus Protein™ Dual Xtra Prestained Protein Standards; Bio-Rad®. Muestra 1) SP. Muestra 2) SM. Muestra 3) SC. Muestra 4) SU. Muestra 5) SH. 6) SS (Fuente: Autoría Propia)

En conclusión, el análisis del peso molecular de la sericina demuestra que el método de extracción tiene un impacto crítico en la calidad de la proteína. La técnica optimizada con agua caliente (SC) permite recuperar proteínas de alto peso molecular, ideales para aplicaciones en recubrimientos alimentarios o materiales biomédicos, donde se requieren estructuras estables, como las reportadas en el rango de 200 kDa.

Agradecimientos

Especial agradecimiento a la Asociación COLTESEDA del municipio de Timbío-Cauca, por aportar las muestras de partida para llevar a cabo esta investigación y por su interés en fortalecer el diálogo de saberes con la academia.

Referencias

1. Bascou, R., Hardouin, J., Mlouka, M. A. B., Guénin, E., & Nesterenko, A. (2022). Detailed investigation on new chemical-free methods for silk sericin extraction. *Materials Today Communications*, 33, 104491. <https://doi.org/10.1016/j.mtcomm.2022.104491>
2. Kunz, R. I., Brancalhão, R. M. C., De Fátima Chasko Ribeiro, L., & Natali, M. R. M. (2016). Silkworm Sericin: Properties and Biomedical Applications. *BioMed Research International*, 2016, 1-19. <https://doi.org/10.1155/2016/8175701>

Evaluación de la salud del suelo mediante bioensayos de fitotoxicidad con *Lactuca sativa*

Manuela Castañeda¹, Martín Elías Anaya¹, Valentina Cardozo¹, José Alexander Rodríguez², Jorge L Gallego¹

¹Grupo de Investigación en Biodiversidad, Biotecnología y Bioingeniería GRINBIO, Facultad de Ingenierías, Universidad de Medellín, Carrera 87#30-65, Medellín, Colombia.

²Corporación colombiana de investigación agropecuaria AGROSAVIA, Km 14 Vía Mosquera - Bogotá. Colombia
E-mail: mancasca30@gmail.com

La salud del suelo es un componente esencial de los sistemas productivos sostenibles, esta depende no solo de sus propiedades físicas y químicas, sino también de la ausencia de contaminantes y de su capacidad para favorecer un crecimiento vegetal adecuado. En este contexto, la fitotoxicidad se reconoce como un bioindicador sensible para monitorear la calidad y recuperación del suelo y los productos que se aplican para su manejo, ya que permite evaluar los efectos de sustancias o muestras ambientales sobre la germinación y el desarrollo inicial de las plantas^{1,2}. El objetivo de este estudio fue implementar el bioensayo de fitotoxicidad de *Lactuca sativa* para monitorear el proceso de recuperación de un suelo durante 10 años de manejo agroecológico y determinar la calidad de enmiendas de vermicompost. El bioensayo se realizó con semillas de *Lactuca sativa* en extractos acuosos (1:5) de muestras de suelo y de enmiendas de vermicompost, ambos previamente caracterizados en cuanto a sus propiedades fisicoquímicas y contenido de metales. Las enmiendas consistieron en mezclas de materia orgánica (MO), suelo y arena para cuatro composiciones: 1) 50% MO, 25% suelo, 25% arena; 2) 40% MO, 30% suelo, 30% arena; 3) 30% MO, 50% suelo, 20% arena; y 4) 20% MO, 70% suelo, 10%

arena. Además, se incluyó un testigo comercial y turba. Cada tratamiento se realizó con cinco réplicas, además se utilizó Zn SO₄ como control positivo y agua destilada como control negativo. Se registraron las variables de número de semillas germinadas, longitud radicular y del hipocótilo presentes en cada tratamiento¹. Los valores promedio de cada variable en los tratamientos se expresaron como porcentaje respecto al control negativo, considerándose inhibición cuando los valores fueron menores al 100% y estimulación cuando superaron este valor. Los resultados de fitotoxicidad mostraron diferencias entre el suelo en condiciones iniciales y los suelos recuperados mediante manejo agroecológico. En la fase inicial de recuperación se registró una inhibición del 7% en el crecimiento de raíz e hipocótilo, mientras que después de diez años se evidenció una estimulación del 22% en raíz y del 20% en hipocótilo, lo cual se correlacionó con las propiedades fisicoquímicas, evidenciando su recuperación. En cuanto a las seis enmiendas, el crecimiento radicular mostró inhibición únicamente en las enmiendas 1 (25%) y 2 (23%), mientras que en las restantes se observó estimulación del 58%, 30%, 13% y 33%, respectivamente. Para el hipocótilo, en cambio, todas las enmiendas presentaron estimulación, con valores de 19%, 12%, 21%, 48%, 53% y 26%, destacándose la enmienda tres por su mayor efecto positivo en ambas variables. Estos resultados reflejan que las enmiendas presentan efectos diferenciales, asociados a su composición y a su capacidad para favorecer o restringir la recuperación del suelo³. En términos generales, los bioensayos con *Lactuca sativa* constituyen un método sensible y eficaz para evaluar la recuperación de suelos y la calidad de enmiendas orgánicas, complementando la información obtenida mediante análisis fisicoquímicos.

Referencias

1. V. Ospina Montoya, N. Acelas, S. Pérez, J. Muñoz Saldaña, J. Porras, J. L. Gallego, M. I. Mejía, L. Hoyos, S. Valencia, and A. Forgyonny. J. Environ. Chem. Eng., 2025, 13(5), 118306.
2. E. K. Bünemann, G. Bongiorno, Z. Bai, R. E. Creamer, G. De Deyn, R. De Goede, *et al.* Soil Biol. Biochem., 2018, 120, 105-125.
3. S. A. M. Montoya, A. M. Mora, and C. J. F. Vásquez. Rev. Colomb. Invest. Agroind., 2020, 7(1), 58-68.

Estudio de los patrones de emisión e interacciones de la sonda fluorescente PyOHTr-4d con targets del medio biológico

Natalia Marroquín 1, Luis Fernando Moreno 1, Albeiro Restrepo 1, Andrea Echeverri 2 .

¹ Instituto de Química, Universidad de Antioquia, Calle 70 No. 52-21, 050010, Medellín, Colombia

² Departamento de Física, Facultad de Ciencias, Universidad de Chile, las palmeras 3425, Santiago, Chile

E-mail: natalia.marroquin@udea.edu.co

La visualización de procesos biológicos en tiempo real y de forma no invasiva es crucial para el diagnóstico biomédico y áreas afines de investigación. Las sondas fluorescentes emergen como herramientas clave gracias a su alta sensibilidad y capacidad para monitorear eventos dinámicos a nivel celular y molecular con mínima interferencia. Actualmente, un reto dentro de la comunidad científica es el diseño y mejoramiento de sondas fluorescentes propias para cada biomarcador en el cuerpo, principalmente en la optimización de sus propiedades fotofísicas y la comprensión de sus interacciones con el entorno biológico 1.

Este estudio se enfoca en investigar los patrones de emisión y absorción de la sonda fluorescente PyOHTr-4d (Fig. 1), una molécula diseñada *in-silico* con propiedades físicas y estructurales interesantes 2, y cómo estos patrones se modifican al interactuar con biomarcadores específicos presentes en el medio biológico. La sustancia PyOHTr-4d, presenta propiedades fotofísicas atractivas, incluyendo una emisión a 747 nm (dentro de la ventana biológica del infrarrojo cercano, NIR) y un desplazamiento de Stokes de 211 nm, lo que minimiza la autoabsorción y mejora la calidad de la señal. Estas características son fundamentales para aplicaciones biológicas *in vivo*, donde la penetración tisular y la reducción del daño son prioritarias. La estructura del PyOHTr-4d incorpora anillos aromáticos fusionados (acridina, triazol y fenilo) y grupos funcionales como dimetilamino y ciano, que le confieren una conformación rígida y plana, favorable para interacciones π - π y con enlaces de hidrógeno.

Nuestro objetivo principal es dilucidar el comportamiento de las propiedades fotofísicas de la sonda PyOHTr-4d al interactuar con biomoléculas objetivo. Se estudiará cómo la formación de complejos con los *targets* modifica los patrones de emisión y absorción de la sonda. Para ello, se postulan diferentes biomarcadores de interés como lo es la β -amiloide (proteína asociada a enfermedades neurodegenerativas). Biomarcadores como este ofrecen superficies y características electrostáticas variadas que permitirán explorar distintos modos de interacción con la sonda PyOHTr-4d.

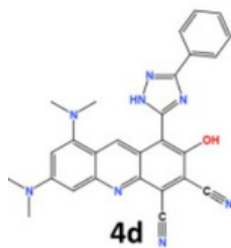


Fig. 1. Molécula 4d.

Agradecimientos

A la profesora Andrea Echeverri por su comprensión y paciencia para guiarme en este camino, a los profesores Albeiro, Luis Fernando y al grupo de QFT por todo el apoyo y los recursos brindados para este proyecto.

Referencias

1. M. Zhao, B. Li, H. Zhang y F. Zhang, "Activatable fluorescence sensors for *in vivo* bio-detection in the second near-infrared window", **Chem. Sci.**, 2021. [En línea]. Disponible: [1] J. V. Jun, D. M. Chenoweth y E. J. Petersson, "Rational design of small molecule fluorescent probes for biological applications", **Organic & Biomol. Chemistry**, vol. 18, n.º 30, pp. 5747–5763, 2020. 2. A. Echeverri, C. Botuha, T. Gomez, E. Luppi, J. Contreras García y C. A. Cardenas, "In silico design of

bio-marker detection fluorescent probes", **Physical Chemistry Chem. Phys.**, 2023. <https://doi.org/10.1039/d3cp03476c>

Evaluación de las propiedades del suelo y recomendaciones de manejo para el establecimiento del cultivo de cacao en El Carmen de Viboral, Antioquia, Colombia

Martín Anaya¹, Valentina Cardozo¹, Manuela Castañeda¹, Carolina González¹, Rigoberto Ferraro¹, Johana Ramírez¹, Jorge Gallego¹

¹Grupo de Investigación en Biodiversidad, Biotecnología y Bioingeniería GRINBIO, Facultad de Ingenierías, Universidad de Medellín, Carrera 87 No. 30-65, Medellín 050026, Colombia
E-mail: manaya926@soyudemedellin.edu.co

La salud del suelo constituye la base para la sostenibilidad de los sistemas agrícolas, pues de sus propiedades físicas y químicas depende la disponibilidad de nutrientes, la productividad y la resiliencia de los cultivos. En regiones andinas, la marcada acidez, unida a deficiencias de nutrientes y la presencia de contaminantes, representa un desafío para los agricultores y limita la diversificación de la producción¹. En este contexto, el cacao se ha consolidado como un cultivo de interés económico y social en Colombia, cuyo éxito depende de un adecuado diagnóstico de las condiciones edáficas antes de su establecimiento². En este estudio se recolectaron muestras de suelo compuestas en 28 fincas de pequeños productores en El Carmen de Viboral (Antioquia, Colombia), analizadas en laboratorio siguiendo técnicas del Standard Methods (SM) para determinar propiedades químicas como pH (SM 4500-H+ B), Calcio (Ca), Magnesio (Mg), Sodio (Na), Potasio (K), capacidad de intercambio catiónico (CIC), fósforo disponible (P) (SM 4500-P B 4, E); Cadmio (Cd) (SM 3030 K, SM 3111 B), Mercurio (Hg) (USEPA 7473). Las propiedades físicas textura (NTC 6299), densidad real (picnómetro), densidad aparente (terrón parafinado), porcentaje de humedad gravimétrica a capacidad de campo y punto de marchitez permanente (Olla de Richards), porosidad total, microporosidad, macroporosidad y agua disponible fueron determinadas por método establecido por el IGAC³. Las propiedades físicas mostraron resultados homogéneos y condiciones típicas: suelos con textura arenosa, arenosa franca y franca arenosa, densidad real (2.1–2.7 g/cm³) y densidad aparente (0.89–1.64 g/cm³) sin signos de compactación; en promedio la porosidad total (48 %), microporosidad (38 %) y agua disponible (15.3 %) indican suelos con buena aireación con capacidad de retener agua para las plantas⁴. Las pruebas químicas evidenciaron acidez marcada (pH 3.2–4.4), contenido promedio de fósforo disponible (0.09 mg/L) y de bases Ca, Mg, K y Na (1.16, 0.27, 0.08 y 0.13 cmol(+)/kg, respectivamente) en nivel bajo a muy bajo y muestra deficiencias de nutrientes frente a los requerimientos del cacao y relaciones catiónicas desbalanceadas con posible afectación en la producción y calidad del grano⁵⁻⁶⁻⁷. Dada la acidez generalizada, se estimó el requerimiento teórico de cal y se implementó un ensayo de incubación para evaluar el efecto de enmiendas cal viva (CaO), cal hidratada (Ca(OH)₂), cal dolomita (CaMg(CO₃)₂), yeso (CaSO₄·2H₂O) y ceniza en dosis de 0.25, 0.50, 1 y 2 g cal/kg suelo, con el fin de proponer alternativas de manejo en campo⁶. Los niveles máximos de cadmio (<0.05 cmol(+)/kg) y mercurio (369 µg/kg) no representan amenazas según los límites de las Directrices Canadienses de Calidad del Suelo⁸⁻⁹, sin embargo, se recomienda su monitoreo durante el cultivo y evaluar su presencia en tejidos y frutos. Este estudio se llevó a cabo previo al establecimiento del cultivo de cacao, como una etapa diagnóstica orientada a verificar la salud del suelo y definir enmiendas necesarias para garantizar el éxito y la sostenibilidad del sistema productivo. Este trabajo aporta evidencia sobre la importancia de la química aplicada al manejo de suelos, destacando el papel de las enmiendas como estrategia para restaurar su salud y favorecer un cultivo sostenible de cacao en zonas de montaña.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Alcaldía Municipal de El Carmen de Viboral por el apoyo institucional brindado para la realización de este estudio, así como a los productores de las fincas participantes por su colaboración y disposición.

Referencias

1. J. M. Mira-Giraldo, M. F. Cerón-Muñoz, and M. Medina-Sierra, *Rev. Investig. Vet. Perú*, 2025, 36(1), e26349.
2. A. D. Manrique, A. M. Medina, and L. E. V. Ortiz, *TEM J.*, 2024, 13, 286-292.
3. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), *Métodos analíticos del laboratorio de suelos*, IGAC, Bogotá, Colombia, 2006.
4. R. Blanco-Sepúlveda and J. C. Loaiza-Usuga, *Edafología*, UNAD, 2018, pp. 48–49.
5. N. W. Osorio, *Bol. Manejo Integr. Suelo Nutr. Veg.*, 2012, 1(6), 1-8.
6. S. P. Francisco-Santiago, D. J. Palma-López, R. Sánchez-Hernández, J. J. Obrador-Olán, and P. García-Alamilla, *Terra Latinoam.*, 2023, 41, e1116.
7. R. Cerda, A. Mata-Quirós, and J. Ramírez, *Guía de fertilización del cacao*, Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales de la República Dominicana; PNUD; FMAM/GEF; CATIE, Santo Domingo, República Dominicana, 2021.
8. Canadian Council of Ministers of the Environment (CCME), *Canadian soil quality guidelines for the protection of environmental and human health: Cadmium*, Canadian Environmental Quality Guidelines, CCME, Winnipeg, 1999.
9. Canadian Council of Ministers of the Environment (CCME), *Canadian soil quality guidelines for the protection of environmental and human health: Mercury (inorganic)*, Canadian Environmental Quality Guidelines, CCME, Winnipeg, 1999.

Obtención de ácido tereftálico a partir de residuos de PET para la síntesis de una red metal orgánica de hierro, MIL-88B (Fe).

Mateo Foronda Marí,¹ Andrés Moreno,¹ Juan Tapia¹.

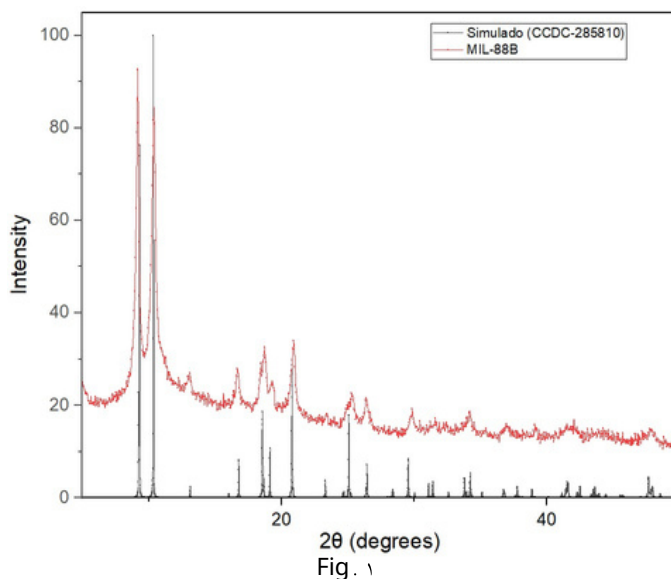
¹ Grupo Química de Recursos Energéticos y Medio Ambiente, Instituto de Química, Facultad de Ciencias Exactas Y Naturales, Universidad de Antioquia, Medellín- Colombia.
E-mail: mateo.foronda@udea.edu.co

Los catalizadores basados en hierro para la síntesis de Fischer-Tropsch (FTS) se presentan como opción promisoría debido a su bajo costo y eficacia. Una estrategia para optimizar el desempeño del catalizador es el uso de redes metal orgánicas, MOF (Metal Organic Frameworks) como precursores del catalizador, influyendo sobre la composición de la fase activa, dispersión, estructura, en el rendimiento catalítico y la selectividad de la reacción. La actividad catalítica también se ve comprometida por la morfología y superficie del catalizador, en este punto se presenta una ventaja usando el MOF como precursor frente a metodologías convencionales en la preparación de catalizadores.¹

La síntesis de los MOFs requiere por lo general el uso de dimetilformamida (DMF) como solvente, lo cual limita el escalado, además que es una síntesis poco amigable para el ambiente y la salud humana. De esta manera, este trabajo destaca la síntesis del precursor mediante un solvente menos costoso y peligroso como etanol, formando el MIL-88B de hierro, bajo una temperatura de 45°C, 48h y relación molar 1:0.8 de nitrato de hierro nonahidratado y ácido tereftálico como ligando, respectivamente, siguiendo un procedimiento relativamente simple. Uno de los retos deseados es obtener el material mediante ácido tereftálico a partir de residuos plásticos, utilizando un método hidrotérmico y observar así la influencia de la presión autógena en el sistema.²

Los resultados de caracterización por XRD y espectroscopia Raman en IR, permitieron verificar la formación de la fase cristalina MIL-88B (Figura 1). Por otro lado, mediante análisis de TGA en atmosfera inerte se logra determinar la temperatura adecuada para llevar a cabo la pirolisis del precursor MIL-88B y su transformación en la fase activa χ -Fe₂C₅; la cual además se puede favorecer por tratamiento térmico posterior en la mezcla de reacción (i.e., gas de síntesis).³

En conclusión, se logró obtener como etapa inicial, un precursor MIL-88B (Fe) mediante una síntesis más sostenible, lo que reduce el impacto ambiental y los riesgos del proceso. En futuras etapas se evaluará la transformación térmica de este mediante pirolisis, determinando condiciones claves como la atmosfera inerte (nitrógeno o argón), la temperatura a la cual se realiza, y si se hace en horno horizontal previo a la reacción o en un tubo de cuarzo in situ a la reacción. Ya que estos parámetros son decisivos para controlar la formación de la fase activa, su estructura, textura y estabilidad, lo cual es fundamental para el rendimiento del catalizador.



Referencias

Para las referencias use el siguiente formato.

1. C. Ma., W. Zhang., Q. Chang., *et al. J. Catal.*, 2021, 393,238-246.
2. B. An., K. Cheng., C. Wang, *et al. ACS catal.* 2016. 6,3610-3618
3. Wu. Y.N., Fang T., *et al. J. Environ. Chem. Eng.* 2022 10, 6.

Nueva síntesis alternativa de MCM-41 a partir de cascarilla de arroz para la Remoción de mercurio en soluciones acuosas

NarenBocanegra,¹LuisRodríguez, Ximena Pulido, César Jaramillo-Páez¹

¹Universidad del Tolima, Barrio Santa Helena, Ibagué, Colombia

E-mail: nbocanegram@ut.edu.co

Resumen

La cascarilla de arroz, representa un importante residuo agrícola de difícil manejo debido a las cantidades que se producen, sin embargo, enmarcados en la economía circular, se puede dar un valor agregado a este desecho mediante su transformación en un material adsorbente de gran importancia para la remediación ambiental, promoviendo así la economía circular y la sostenibilidad. Para ello, se sintetizó un material mesoporoso tipo MCM-41, cuya eficiencia fue evaluada en la adsorción de mercurio en agua destilada. Los resultados mostraron que el material fue capaz de adsorber el 97.75 % del mercurio presente después de 24 horas, utilizando una dosis de adsorbente de 3 g.L⁻¹ y una concentración inicial de mercurio de 0.85 mg L⁻¹.

Introducción

El desarrollo de materiales a base de sílice mediante el uso de recursos renovables o de residuos de bajo costo es un ejemplo clave de sostenibilidad, en ese sentido, la cascarilla de arroz se ha convertido en un recurso renovable para la producción de materiales mesoporosos [1]. El aprovechamiento de la cascarilla de arroz fomenta la economía circular al convertir un residuo agrícola en un recurso valioso para la remediación ambiental, por tal motivo, el principal objetivo de la investigación es evaluar la efectividad del proceso de adsorción de mercurio en agua destilada a partir de un material mesoporoso obtenido de la cascarilla de arroz.

Materiales y métodos

El MCM-41 se sintetizó mediante un proceso hidrotermal a 100 °C, a partir de una mezcla de silicato de sodio, agua y un agente surfactante, el cual fue posteriormente eliminado por calcinación a 550 °C. El proceso de adsorción de Hg² se llevó a cabo, bajo diferentes condiciones experimentales: tiempos de contacto entre 5 y 1440 minutos, concentraciones de Hg² de 0.6 a 4.2 mg L⁻¹, dosis de adsorbente entre 0.5 y 10 g L⁻¹, y valores de pH en el rango de 2 a 10. La concentración de Hg² se determinó mediante espectrometría de absorción atómica con corrección de fondo por efecto Zeeman.

Resultados y discusión

El equilibrio de adsorción de mercurio se alcanzó después de 720 minutos de agitación, momento en el cual se obtiene un 48.41% de adsorción de Hg²⁺, este hallazgo permitió considerar dicho período como el tiempo de contacto óptimo para la interacción entre el mercurio y el material mesoporoso MCM-41. La eficiencia de eliminación de Hg²⁺ en solución acuosa mediante el material MCM-41 aumentó con la dosis de adsorbente, alcanzando un máximo del 97.56 % a 3 g L⁻¹. Sin embargo, la capacidad de adsorción disminuyó al aumentar la cantidad de adsorbente, probablemente debido a la agregación del adsorbente y al aumento de sitios activos desocupados [2]. El efecto del pH inicial indica que los sitios activos en la superficie del adsorbente son fácilmente ocupados por iones H⁺ a pH bajos, lo que reduce la adsorción de Hg². Por ello, la capacidad de adsorción del material es limitada en medios ácidos. Además, el punto de carga cero de este material es 2.96, lo cual indica que la superficie del adsorbente está cargada negativamente en todo el rango de pH donde se observa una remoción significativa (pH > 3), alcanzando un máximo de adsorción (96.48%) a pH 6. Al evaluar el efecto de la concentración inicial del Hg²⁺ en un rango de 0.64 – 4.21 mg L⁻¹, los resultados indican que el adsorbente presenta una elevada eficiencia de remoción de Hg² a bajas concentraciones iniciales, alcanzando un máximo en 0.85 mg L⁻¹ (97.75%). El análisis de los datos de equilibrio de las isothermas estableció una mejor concordancia con el modelo de Langmuir, que presentó un coeficiente de correlación (R² = 0,9974) más alto que el modelo de Freundlich (R² = 0,9971). Esto sugiere que la adsorción sobre el material MCM- 41 ocurrió preferentemente en una superficie homogénea formando una única capa molecular.

Conclusiones

El material MCM-41, sintetizado a partir de cascarilla de arroz, es un adsorbente eficaz para la remoción de mercurio en agua destilada. Bajo condiciones óptimas —pH 6.8, dosis de adsorbente de 3 g L⁻¹, concentración inicial de 0.85 mg L⁻¹ y un tiempo de contacto de 24 horas— se logró una eficiencia de remoción del 97.75%.

Expresiones de gratitud

Agradecimientos para el grupo de investigación QUAPE y al proyecto Análisis del impacto socio ambiental del mercurio y tecnologías sostenibles para su remoción en la cuenca alta del río Caquetá, con código BPIN 2022000100050.

Referencias

1. Chun, J. Lee, J. Recent Progress on the Development of Engineered Silica Particles Derived from Rice Husk, 12 (2020) 10683.
2. M. Mohammadi, N. Kanani, E. Beirak, H. Sereshti, A. Barghi, S. Rezania, G. Nabi, Equilibrium and kinetics studies of naproxen adsorption onto novel magnetic graphene oxide functionalized with hybrid glycidoxo-amino propyl silane, 4 (2021) 100106.

El tratamiento de agua de cisterna mediante la técnica Fotólisis del Peróxido de Hidrógeno: percepciones y valoraciones de la comunidad de El Cove en la isla de San Andrés, Colombia.

Natalya Camargo Torres¹ Marcela Rubio,² Adriana Santos,³

¹ Universidad Nacional de Colombia – Sede Caribe, Estudiante

² Universidad Nacional de Colombia – Sede Caribe, Profesor

³ Universidad Nacional de Colombia – Sede Caribe, Profesor

E-mail: nacamargoto@unal.edu.co

La comunidad de El Cove, es una población principalmente raizal ubicada en la isla de San Andrés, que representa un caso ejemplar de autogestión hídrica gracias al almacenamiento de agua que se lleva a cabo en cisternas y tanques, una práctica tradicional profundamente arraigada en la cultura, en un contexto insular caracterizado por la escasez del recurso y la desigualdad en el acceso y distribución del agua.

La calidad del agua almacenada en cisternas constituye un reto para comunidades insulares como El Cove, en San Andrés, donde el acceso al recurso está condicionado por la escasez, la irregularidad en la distribución y la desconfianza hacia el acueducto local¹. Este estudio evaluó parámetros físicoquímicos y microbiológicos del agua en 10 hogares de la comunidad, mediante análisis en laboratorio y encuestas orientadas a comprender las percepciones y prácticas de almacenamiento. Los resultados evidenciaron deficiencias en la calidad del agua frente a los valores normativos establecidos por la legislación colombiana², en especial en presencia de coliformes y variabilidad de cloro residual. Ante esta problemática, se exploró la viabilidad de la fotólisis del peróxido de hidrógeno (H_2O_2 /UV) como técnica fotoquímica de tratamiento, destacada dentro de los procesos avanzados de oxidación por su simplicidad, bajo requerimiento de reactivos y capacidad de inactivar microorganismos³. La propuesta se fundamenta en la aplicación directa de radiación UV para inducir la descomposición de H_2O_2 en radicales hidroxilo ($\bullet OH$), especies altamente oxidantes que permiten degradar materia orgánica y desinfectar el agua. Los resultados preliminares muestran que la técnica puede reducir significativamente la carga microbiológica y mejorar la calidad del agua en condiciones controladas de laboratorio. Además, el 98% de los encuestados manifestó disposición a adoptar métodos alternativos siempre que sean seguros y culturalmente compatibles. Esto sugiere que la fotólisis representa una opción viable y localmente pertinente para fortalecer la seguridad hídrica comunitaria, siempre que se articule con procesos pedagógicos y se adapte al contexto insular. Este trabajo plantea un puente entre la investigación química y la gestión social del agua, resaltando la importancia de integrar procesos fotoquímicos innovadores con saberes locales, para avanzar hacia soluciones sostenibles en territorios insulares con vulnerabilidad hídrica como .

Agradecimientos

A la comunidad de El Cove, a la Universidad Nacional de Colombia – Sede Caribe y la Secretaría de salud de San Andrés, por el apoyo en el desarrollo del proyecto.

Referencias

1. M. C. Apella, P. Z. Araujo. Microbiología de agua. Conceptos básicos. Tecnologías solares para la desinfección y descontaminación del agua, 2005, 33-50.
2. Ministerio de la Protección Social y Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Resolución 2110 de 2007.
3. M. Pera-Titus, V. García-Molina, M. A. Baños, J. Giménez, S. Esplugas. Appl. Catal. B: Environ., 2004, 48, 219-256.

Catalizadores a base de hierro promovidos con Zn a partir de residuos como alternativa para la obtención de combustibles sintéticos sostenibles

Olivia Monsalve,¹ Andrés Moreno,¹ Natalia Suárez ¹

¹ Química de Recursos Energéticos y Medio Ambiente, Instituto de Química, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia

E-mail: olivia.monsalve@udea.edu.co

La síntesis Fischer-Tropsch (FTS) es un proceso que permite obtener hidrocarburos sintéticos limpios, mediante la conversión de gas de síntesis proveniente de fuentes ricas en carbono como biomasa, carbón o gas natural. Los catalizadores a base de Fe destacan por su bajo costo y alta actividad, y su desempeño puede mejorarse mediante la incorporación de promotores estructurales o electrónicos como el zinc. En este trabajo se propone el desarrollo de una estrategia sostenible para obtener catalizadores Fe-Zn a partir de residuos industriales ricos en Fe y Zn, como el acero de las llantas usadas y pilas alcalinas gastadas, respectivamente.

Mediante tratamiento con ácido sulfúrico se recuperaron las sales $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ y $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, como precursores para sintetizar oxalatos mixtos a base de Fe y Zn por co-precipitación, con relación molar Fe-Zn variable. Estos oxalatos son precursores para la obtención catalizadores activos en FTS. La caracterización por análisis termogravimétrico (TGA) mostró que el oxalato de hierro se descompone principalmente entre 225 y 230°C, el de zinc entre 400 y 425°C, y los oxalatos mixtos Fe-Zn evidencia una descomposición a una temperatura intermedia entre los dos oxalatos puros, donde se observó que la temperatura de descomposición incrementan conforme aumenta en contenido de Zn en el oxalato (Figura 1). Es de notar que estas temperaturas de descomposición están en el rango de aquellas requeridas para la formación de las fases de carburo de hierro activas en la síntesis Fischer-Tropsch, lo cual valida la selección de los oxalatos mixtos como precursores para la preparación de los catalizadores a base de Fe y promovidos con Zn.

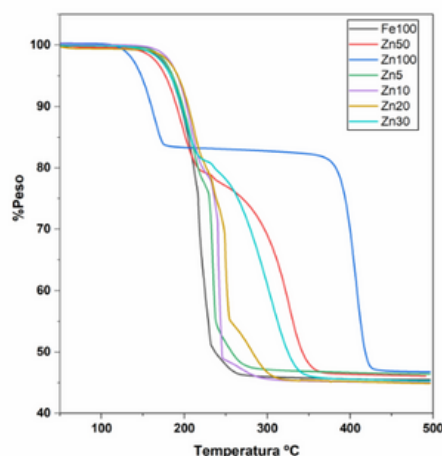


Fig. 1. Descomposición térmica de oxalatos puros y mixto, aire, 10°C/min

Estos resultados iniciales permiten confirmar la viabilidad del enfoque propuesto, y sirven como base para optimizar la proporción Fe:Zn y correlacionar propiedades fisicoquímicas con el desempeño catalítico en FTS. Se espera que el zinc actúe como promotor estructural y electrónico, favoreciendo la dispersión de las fases activas y la selectividad hacia hidrocarburos^{1,2}. Este estudio representa un aporte hacia la valorización de residuos mediante su transformación en materiales catalíticos funcionales, en línea con principios de sostenibilidad y economía circular.

Referencias

1. Z. Zhang, X. Minjie, Y. Zixu, Z. Minghui, G. Jian, and H. Yi-Fan. **App Cat B: Env.** 2021, 295, 120287-120297.
2. G.W. Lee, K.Y. Kim, G.B. Rhim, G.B. Rhim, H.S. Lee, Y.H. Ro, B.Y. Lim, M-H. Youn, K. Lee and D.H. Chun. **Fuel.** 2025, 391, 134748-134757.

Caracterización fisicoquímica del material particulado proveniente de un motor operando en modos diésel o diésel-gas natural.

Sebastián Pino,¹ Pedro Nel Alvarado^{2,3}, Anderson Gallego Montoya⁴, Ivan Dario Bedoya⁵, Natalia Gómez Lopera⁶

¹Grupo de Genética Molecular, Universidad de Antioquia

²Grupo de Materiales Avanzados y Energía, Instituto Tecnológico Metropolitano

³Departamento de Química, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín

⁴Grupo de Investigación e Innovación en Energía–GIEN Institución Universitaria Pascual Bravo

⁵Grupo de Ciencias y Tecnología del Gas y Uso Eficiente y Racional de la Energía GASURE, Universidad de Antioquia.

⁶ grupo de Genética Médica, Universidad de Antioquia.

E-mail: palvaradot@unal.edu.co

La contaminación atmosférica es uno de los mayores problemas de salud pública a nivel mundial. Estudios epidemiológicos han demostrado que la exposición al aire contaminado está asociada con un aumento significativo en el riesgo de desarrollar enfermedades cardiovasculares, respiratorias y varios tipos de cáncer. Este aspecto es especialmente relevante en ciudades con altos niveles de contaminación asociados al sector transporte, como Medellín, la cual presenta además una topografía particular de valle geográfico que dificulta la dispersión de los contaminantes. El uso de motores diésel en el sector transporte es uno de los mayores contribuyentes a las emisiones de material particulado (MP). Para mitigar su impacto, se han propuesto alternativas tecnológicas como el uso de combustibles más limpios, como por ejemplo el gas natural comprimido. No obstante, la creciente adopción de sistemas de combustión dual que combinan diésel y gas natural plantea nuevos desafíos, ya que las interacciones entre ambos combustibles pueden alterar las características de las emisiones. La caracterización fisicoquímica de estas partículas, así como de los efectos de éstas sobre la viabilidad celular y la toxicidad a nivel molecular requiere más investigación. En este trabajo se recolectó y caracterizó material particulado proveniente de un motor operando en modos diésel o diésel gas natural, con un porcentaje de sustitución del 20%. La recolección de MP se llevó a cabo en el laboratorio móvil tipo furgón de la Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia, equipado con un motor Isuzu 4JH1-TC euro IV, operando en modos diésel o dual. Se utilizó un muestreador de impacto DEKATI PM10, basado en la clasificación inercial de partículas. El proceso incluyó calentamiento previo del motor durante 30 minutos, seguido de ciclos de 3 minutos con dinamómetro a 2400 rpm, torque de 2.7 KN y carga del 90%. Las muestras de MP se recogieron con una sonda calentada a 180 °C para evitar la condensación de vapor, y el flujo volumétrico se mantuvo constante en 10 L/min. Se usaron filtros Emfab de 47 mm hechos de microfibras de vidrio con recubrimiento de PTFE. La morfología de las PM recolectadas de los motores fue estudiada en detalle mediante microscopía electrónica de transmisión (TEM) y de barrido (SEM). El análisis químico incluyó tanto la determinación de la composición de metales como de hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs) en las diferentes mezclas de combustible. Las micrografías de SEM revelaron un mayor número de partículas en el modo dual en comparación con el modo diésel. Cualitativamente, se observó que las partículas en modo dual están más fusionadas y son más esféricas, además, se generaron partículas en dos modos distintos: el modo de nucleación, el cual produce nanopartículas, y el modo de acumulación, el cual genera partículas ultrafinas. El análisis por TEM evidenció que el MP en modo diésel presentó cadenas de agregados más largas que el MP en modo dual. Los resultados son consistentes con el estudio de Mustafa y Raine, donde identificaron aglomerados de PM con cadenas más largas en modo diésel, particularmente bajo cargas altas. Se determinó además una mayor prevalencia de partículas más esféricas en el modo dual. Estos hallazgos se podrían justificar en base a los efectos combinados de temperaturas más altas y una menor duración de la combustión lograda en este modo, lo que puede favorecer el proceso de oxidación del hollín, reduciendo así el tamaño de los agregados. Con respecto al contenido de HAPs de los 16 evaluados se identificaron dos presentes en ambos modos: Fluoranteno (Fl) y el Benzo(a)antraceno (BaA), donde la concentración de BaA en el modo diésel superó más del doble a la registrada en el modo dual (2.61×10^{-3} mg/l frente a 1.28×10^{-3} mg/l). En el caso del fluoranteno, la concentración también fue superior en el modo diésel. De acuerdo con Dickhut, se ha informado que los HAPs como el BaA y el Fl provienen de vehículos de combustión interna, lo cual es consistente con los resultados aquí encontrados, además, según Marín-Palma, el benzo(a)antraceno ha sido identificado en el material particulado del Valle de Aburrá, lugar donde se utiliza el camión de esta investigación. Este trabajo mostró que la operación en modo dual disminuye significativamente la formación de BaA, el cual tiene potencial carcinogénico. Por lo tanto, su uso podría mitigar efectos adversos en salud favoreciendo la implementación de la tecnología. El efecto de la disminución de los agregados de MP en la salud humana requiere más investigación.

Agradecimiento: Los autores agradecen al Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación por el apoyo a través del programa de investigación.

Referencias

1. Burnett, R., Chen, H., Szyszkowicz, M., Fann, N., Spadaro, J. V. (2018). Proc of Nat. Acad. of Sci., 115(38), 9092–9097.
2. Cung, K. D., Wallace, J., Kalaskar, V., Smith, E. M., Briggs, T., & Bitsis, D. C. (2024). Fuel, 307, 129774.
3. Dimitriou, P., Tsujimura, T., Kojima, H., Aoyagi, K., Kurimoto, N., & Nishijima, Y. (2020). Front. in Mech. Eng., 6.
4. Mustafa, N. N., & Raine, R. R. (2009). Aerosol Science and Technology, 43(9), 901–970.
5. Dickhut, R. M., Canuel, E. A., Gustafson, K. E., ... & MacDonald, E. H. (2000). Env. Sci. and Tech., 34(21), 4630–4640.
6. Marín-Palma, D., González, J. D., Narváez, J., Porras Jazmin, (PM10). Water Air Soil Pollut 234, 138(2023).

Eficiencia de fases polimórficas del carbonato cálcico en la corrección de acidez tartárica en vinos artesanales

Rafael Muñoz Hernández,¹ Reynel Morales Miranda¹, Aida Liliana Barbosa L^{1*}

¹Universidad de Cartagena, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales- Programa de Química, Campus de Zaragocilla, Laboratorio de Investigaciones en Catálisis y Nuevos Materiales (LICATUC.)

Cartagena- Bolívar-Colombia

* e-mail: abarbosal@unicartagena.edu.co

La corrección de la acidez controla defectos en los vinos como el olor a vinagre (vino picado), olores a azufre (vino reducido), o un sabor rancio y apagado (vino oxidado) y se hace con la adición de ácido tartárico, logrando un buen equilibrio y mayor duración¹. También se utiliza carbonato cálcico (CaCO_3) en vinos artesanales especialmente en climas fríos, donde maduración de las uvas es incompleta y el mosto resulta demasiado ácido para el gusto o para un equilibrio adecuado, este producto está permitido por la normatividad en Colombia a través del Decreto 1686 de 2012 y los reglamentos del Invima, pero este no solo neutraliza la acidez, sino que su morfología cristalina determina la eficiencia, estabilidad y selectividad del proceso de desacidificación². El propósito de este estudio fue abordar la transformación polimórfica del CaCO_3 en medios vinícolas artesanales de tamarindo y corozo, considerando sus tres fases principales: calcita (estable), aragonita (metaestable) y vaterita (inestable)². Se obtuvo CaCO_3 de fuentes biogénicas como conchas de bivalvos, con predominancia en fase calcita y aragonita, Se tomó CaCO_3 comercial rico en fase calcita, y se sintetizó CaCO_3 a partir de $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{CaCl}_2$, que registro presencia de fase vaterita, las fases cristalinas fueron corroboradas mediante análisis de difracción de rayos X (XRD), espectroscopia Raman y microscopia electrónica de barrido (SEM). Los sólidos fueron usados para la corrección de acidez de vinos de frutas tropicales pH entre 2.07 y 3.2 y valores de acidez (g/L) ácido tartárico entre 5.08 a 11.6 empleando 0.4 g de CaCO_3 . Lográndose bajar hasta en una unidad la acidez. La simulación cinética realizada (Fig1), muestra que la eficiencia de precipitación del ácido tartárico varía significativamente según la fase cristalina utilizada. Aragonita, con estructura ortorrómbica porosa, exhibe la mayor capacidad de neutralización en condiciones de alta acidez (≥ 10 g/L) y pH bajo (≈ 2.3 – 2.6), seguida por calcita, cuya estructura trigonal más compacta limita la velocidad de reacción, pero ofrece mayor estabilidad térmica. La Vaterita, aunque inicialmente reactiva por su estructura hexagonal, se transforma rápidamente en calcita, reduciendo su eficacia sostenida³. La secuencia de reacciones ácido-carbonato implica la disociación del ácido tartárico, la neutralización por CaCO_3 con liberación de CO_2 , y la posterior formación de tartrato cálcico precipitado. Este proceso no solo reduce la acidez total, sino que mejora la estabilidad tartárica del vino, evitando la formación de cristales post-embotellado. La modificación de la red cristalina del carbonato durante la reacción incluye defectos estructurales inducidos por H^+ , incorporación de aniones orgánicos como tartratos, y transformaciones polimórficas moduladas por cationes⁴ como Mg^{2+} y SO_4^{2-} . El tamarindo, presenta acidez elevada, baja concentración de taninos, riqueza en ácidos orgánicos, buena capacidad antioxidante y perfiles químicos distintos a los vinos tradicionales, su interacción con las fases polimórficas del carbonato cálcico (CaCO_3) en términos de corrección de pH, eficiencia de precipitación y estabilidad tartárica, se benefició especialmente del uso de aragonita biogénica⁵, ofreciendo una neutralización más eficiente y controlada. La Calcita fue útil en etapas finales de estabilización del vino de corozo, pero menos reactiva en pH bajos y el carbonato rico en Vaterita, aunque inicialmente eficaz, requirió control riguroso para evitar precipitación desordenada y pérdida de claridad. Como conclusión los vinos de tamarindo presentan alta acidez, lo que los hace ideales para ensayos de desacidificación con carbonatos biogénicos, ayudando a darle un uso a esta fruta abundante y residuos costeros fortaleciendo una economía circular. Esta diferenciación permite diseñar estrategias de precipitación dirigida, donde la fase de CaCO_3 se selecciona según la composición química del vino, para optimizar la corrección de pH sin comprometer el perfil sensorial.

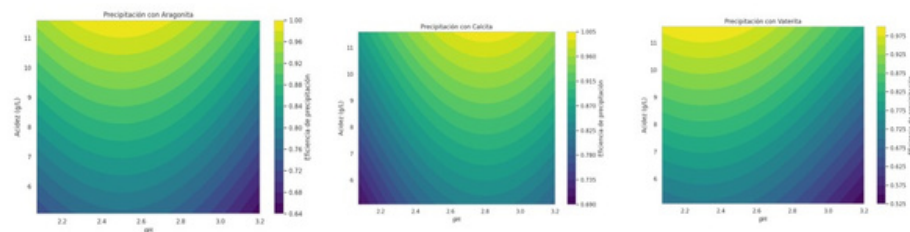


Fig. 1. Modelamiento de la eficiencia de precipitación del ácido tartárico en función del pH y la acidez de ácido tartárico, utilizando carbonato cálcico en tres fases cristalinas: aragonita, calcita y vaterita.

Agradecimientos: A la Vicerrectoría de Investigaciones de la Universidad de Cartagena por el plan de sostenibilidad de grupos 034-2025

Referencias
1. Ribéreau-Gayon P, Dubourdieu D, Donèche B, Lonvaud A. Handbook of Enology: The Microbiology of Wine and Vinifications. Chichester: Wiley; 2006
2. Wang L, Zhang Y, Liu X, Chen J, Li H. Polymorphic transformation of CaCO_3 in aqueous media: kinetics and mechanisms. Cryst Growth Des. 2021;21(5):2761–2772
3. Chen Y, Zhao X, Liu M, Zhang Y. Stability and precipitation behavior of vaterite in acidic beverages: implications for wine treatment. Food Hydrocoll. 2023;139:108567
4. Sun S, Li Q, Zhao Y, Wang J, Liu Z. Ion-mediated polymorphic transitions in CaCO_3 systems: influence of Mg^{2+} and SO_4^{2-} . Langmuir. 2020;36(12):3211–3220
5. Jiménez Olascuaga M, Patiño A, Morales D. Evaluación de vinos tropicales con carbonatos biogénicos: impacto en acidez y estabilidad tartárica. Rev Cienc Tecnol Alim. 2025;15(1):45–59

Influencia de las Aminas en la Estabilidad y Desempeño de Pinturas Base Agua para Señalización Vial

Rosa Medrano,¹ Lina Higuera,² Diego Valencia³
^{1,2,3}PPG Industries LTDA

E-mail: rmedrano@ppg.com

Las pinturas de demarcación vial base agua constituyen una alternativa ambientalmente favorable frente a sistemas base solvente; sin embargo, presentan como reto principal la estabilidad en almacenamiento, la cual puede verse afectada por variaciones de pH y cambios en la viscosidad. Dichos fenómenos están estrechamente relacionados con el tipo de agente neutralizante empleado, que influye en la estabilidad coloidal y en el comportamiento reológico del sistema¹.

El presente trabajo evaluó el desempeño de diferentes neutralizantes, incluyendo amoníaco (NH), AMP-95, Genamin MTT, trietanolamina (TEA), dimetiletanolamina (DMEA) y etanolamina (ETA), con el fin de analizar su impacto en la reología, el control de pH y la estabilidad bajo condiciones de envejecimiento acelerado. Se planteó un diseño experimental considerando tipo y concentración de aditivo (0.1 y 0.3% en peso), y se realizaron ensayos de viscosidad y análisis dinámico de módulo de almacenamiento (G').

Los resultados indicaron que los sistemas formulados con NH presentaron menores incrementos de viscosidad en el corto plazo, aunque fueron más susceptibles a inestabilidad en el tiempo. En contraste, concentraciones más elevadas (0.3%) de aditivos como AMP-95, Genamin MTT y DMEA mostraron mejor control reológico y mayor estabilidad del pH (variaciones cercanas al 0.9%). El análisis dinámico reveló además que ETA promueve una estructuración coloidal más marcada, evidenciada por el aumento de G' , lo cual reduce la tendencia a la sedimentación.

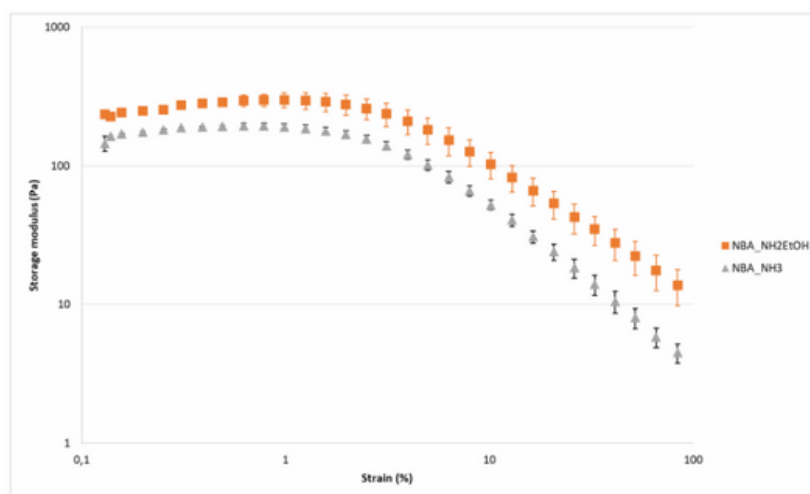


Fig. 1. Módulo de almacenamiento en función de la deformación para etanolamina y amoníaco como agentes neutralizantes.

En conclusión, la investigación demuestra que la selección del neutralizante y su dosificación son determinantes en la estabilidad de pinturas base agua para señalización vial. La comparación entre NH y diferentes aminas de mayor punto de ebullición sugiere que estas últimas representan una alternativa prometedora para mejorar la estabilidad a largo plazo, contribuyendo al desarrollo de recubrimientos más robustos y sostenibles.

Agradecimientos

Agradezco a PPG Industries por fomentar la investigación y a Lina Higuera por su valiosa mentoría.

Referencias

1. R. Balk and R. Baumstark. Water-based Acrylic Dispersions: Applications in Architectural Coatings, 2022, 2nd ed. Vincentz Network.

Desarrollo de un proceso de remoción de sulfuro de hidrógeno (H₂S) para el tratamiento de efluentes de gasificación de biomasa de las regiones de Antioquia y Norte de Santander.

Sara Cataño Arroyave,¹ Bernardo Argemiro Herrera Múnera,¹ David Gamboa Colorado. ¹

¹Grupo Materiales Avanzados y Energía, Instituto Tecnológico Metropolitano, Medellín, Colombia

E-mail: saracatano287179@correo.itm.edu.co

La presencia de sulfuro de hidrógeno (H₂S) en los efluentes de gasificación de biomasa representa un reto ambiental. Este compuesto es un contaminante gaseoso altamente tóxico, corrosivo y de olor desagradable, presente comúnmente en gases de síntesis y emisiones industriales, su liberación incontrolada contribuye a la acidificación atmosférica, daño a infraestructuras metálicas, afectación de catalizadores y riesgos directos para los trabajadores expuestos.[1]

En este trabajo se desarrolló un proceso para la remoción de H₂S utilizando biochar de cascarilla de arroz sometidas a un proceso de pirólisis, debido a su eficacia, disponibilidad y sostenibilidad frente a materiales sintéticos. El biochar fue funcionalizado con hidróxido de sodio (NaOH) ya que este tratamiento ha demostrado un mayor rendimiento en la capacidad de adsorción de H₂S en comparación con otros agentes funcionalizantes como amoníaco (NH₃) o impregnaciones metálicas[2]. Este enfoque permite maximizar la eficiencia del proceso y minimizar el impacto ambiental, consolidando una alternativa viable para la remoción de H₂S en aplicaciones industriales

El biochar de cascarilla de arroz se caracterizó por FTIR y TGA. Como se muestra en la Figura 1, la incorporación de nuevos grupos funcionales H-S y un cambio de carbono fijo tras la modificación, confirma que la funcionalización fue exitosa.[3] Se diseñó un montaje experimental para la generación de H₂S mediante la reacción de ácido clorhídrico (HCl) con sulfuro de hierro (FeS). La Figura 3 muestra un esquema del montaje experimental donde una corriente de nitrógeno se utilizó como gas de arrastre para transportar el H₂S generado hacia el sistema de filtración.

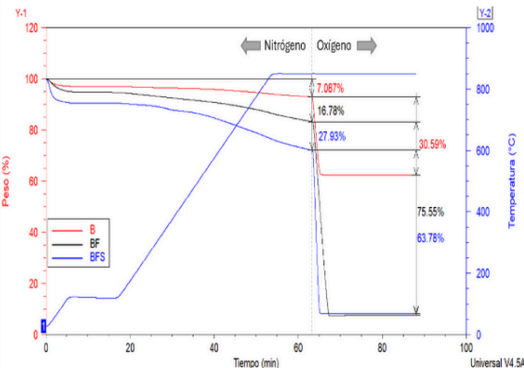
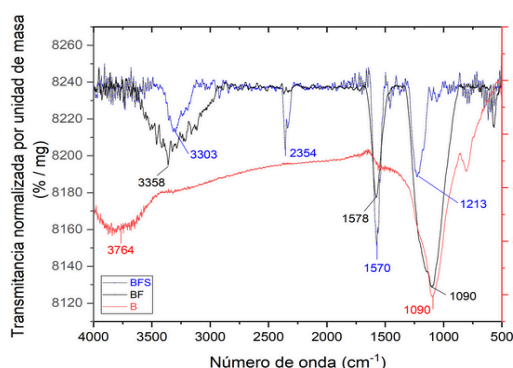


Fig. 1. FTIR y TGA; B (Biochar), BF (Biochar Funcionalizado), BFS (Biochar Funcionalizado Saturado). **Fig. 2.** Montaje experimental.

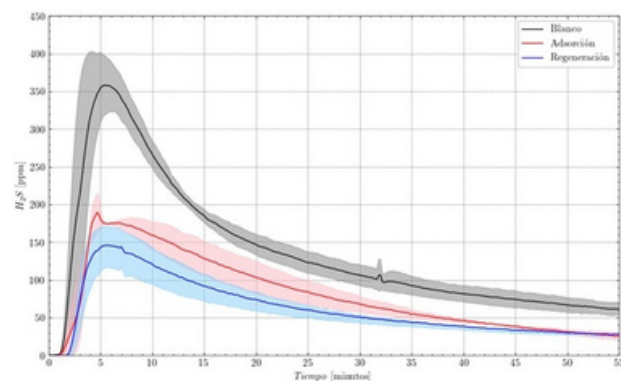


Fig. 3. Adsorción de H₂S y regeneración del material.

La concentración de H₂S se midió antes y después del paso por los filtros, compuestos por biochar de cascarilla de arroz previamente funcionalizado, utilizando un analizador de gases portátil MUR ÓPTIMA BIOGAS. Para el proceso de regeneración de los filtros se realizó por agitación en una solución de NaOH 0.1 M.

En la Figura 3, se muestra la curva de adsorción con el material de biochar de cascarilla de arroz que reduce de manera significativa la concentración de H₂S en la corriente de salida en comparación con el blanco y, tras el proceso de regeneración con NaOH, vuelve a presentar actividad, lo que confirma la recuperación de sus sitios activos y demuestra su potencial de reutilización en ciclos sucesivos.

Referencias

- [1] Y. H. Chan *et al.*, “A state-of-the-art review on capture and separation of hazardous hydrogen sulfide (H₂S): Recent advances, challenges and outlook,” Dec. 01, 2022, *Elsevier Ltd.* doi: 10.1016/j.envpol.2022.120219.
- [2] J. Wang and S. Wang, “Preparation, modification and environmental application of biochar: A review,” Aug. 01, 2019, *Elsevier Ltd.* doi: 10.1016/j.jclepro.2019.04.282.
- [3] C. H. Tsai, Y. H. Shen, and W. T. Tsai, “Effect of Alkaline Pretreatment on the Fuel Properties of Torrefied Biomass from Rice Husk,” *Energies (Basel)*, vol. 16, no. 2, Jan. 2023, doi: 10.3390/en16020679.

Desarrollo de Biochars Avanzados de Semillas de Guanábana para la Adsorción de CO₂ en Procesos Sostenibles

Sergio Acevedo^{*1,2}, Jhoan M. Camargo López, José J. Martínez, María H. Brijaldo,⁴

¹ Escuela de Ciencias Básicas, Universidad Nacional Abierta y a Distancia, UNAD Sogamoso, Colombia

² Departamento de Química, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá D.C. Colombia

³ Escuela de Ciencias Químicas, Facultad de Ciencias, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja, Colombia.

⁴ Facultad de Estudios a Distancia, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja, Colombia

Correo electrónico del autor correspondiente: * sergio.acevedo@unad.edu.co)

Resumen

Uno de los principales GEI responsable del aumento del efecto invernadero y por ende el calentamiento global es el dióxido de carbono (CO₂) este contaminante ambiental se produce en exceso debido a diversas actividades industriales, lo que contribuye al efecto invernadero y al calentamiento global. Este incremento en las emisiones de CO₂ ha suscitado una preocupación creciente y ha impulsado el desarrollo de tecnologías para su captura y utilización. Entre estas tecnologías, los procesos de adsorción utilizando sólidos porosos, como los biocarbones fabricados a partir de biomasa residual, han mostrado un gran potencial para mitigar los efectos adversos del CO₂.

Introducción

En la actualidad el cambio climático es uno de los asuntos que ha cobrado gran interés en nuestra sociedad por los efectos que causan especialmente en el calentamiento global. Entre los gases que tienen un efecto dañino se encuentra el CO₂, esta molécula se ha vuelto de interés en numerosos estudios en los diferentes métodos de captura y almacenamiento con el fin de contrarrestar los efectos causados; teniendo en cuenta lo este contexto el grupo intergubernamental de expertos sobre el cambio climático han evaluado este tema y dentro de sus proyecciones se encuentra poder llegar a tener una reducción las emisiones de dióxido de carbono aproximadamente entre un 40- 50% a mitad de siglo [2].

Materiales y métodos

En esta investigación, se abordó la fabricación de biochars a partir de residuos de semillas de guanábana, proporcionadas por la empresa de lácteos Peslac en Boyacá. El objetivo fue explorar la producción de biocarbones con características meso-microporosas, utilizando semillas trituradas y activadas con cloruros de calcio y magnesio en una concentración del 5% v/v. Después de la impregnación química se llevó a proceso de pirólisis en atmósfera inerte. Para optimizar el proceso de carbonización y asegurar la calidad de los biocarbones, se llevó a cabo un tratamiento de desengrasado de las semillas mediante el método Soxhlet durante 6 horas. Tras este tratamiento, tanto las muestras naturales como las desengrasadas fueron sometidas a análisis termogravimétrico (TGA) para evaluar sus propiedades térmicas. Se realizó la caracterización fisicoquímica de los materiales preparados y se evaluó la capacidad de adsorción de CO₂.

Resultados y discusión

Se obtuvieron seis muestras de los materiales adsorbentes preparados, fueron evaluadas por su capacidad de adsorción de CO₂ (Figura 1), obteniéndose valores entre 30-45 cm³g⁻¹. La evaluación de las propiedades fisicoquímicas de los biocarbones se realizó mediante técnicas avanzadas como fisisorción de nitrógeno (N₂), espectroscopía infrarroja con transformada de Fourier (FTIR), espectroscopía de infrarrojo diferencial (DRIFT) de CO₂ [1]. Se analizó la adsorción de CO₂ utilizando diferentes modelos de isoterma, como Langmuir, Freundlich, Sips, Toth y Redlich-Peterson, encontrando que el modelo de Redlich-Peterson proporcionó el mejor ajuste, indicando una superficie heterogénea en los materiales. Además, se determinaron los calores isostéricos de adsorción y se caracterizó el mecanismo de adsorción en los biocarbones. Teniendo en cuenta este estudio la mesoporosidad amplia formada en la red junto con las propiedades fisicoquímicas obtenidas son de utilidad en el proceso de adsorción de CO₂ [2].

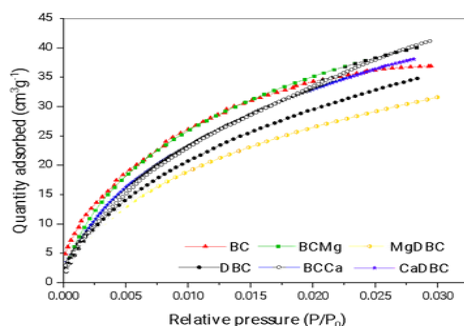


Fig. 1 Adsorción de CO₂ en los biochar

Conclusiones

El proceso de desengrasado de las semillas de guanábana por sí solo no tiene un impacto mayor en la superficie del material. Sin embargo, al combinarse con el proceso de activación con los agentes químicos usados, se observa una mejora en la adsorción de CO₂. Esta mejora se atribuye a la mayor heterogeneidad en la superficie del biocarbón, lograda mediante la combinación del proceso de desengrasado y la activación. **Referencias**

- [1] K. C. Kim, T. U. Yoon, and Y. S. Bae, "Applicability of using CO₂ adsorption isotherms to determine BET surface areas of microporous materials," *Microporous Mesoporous Mater.*, vol. 224, pp. 294–301, 2016, doi: 10.1016/j.micromeso.2016.01.003.

***ortho*-diiodination of ammonia-UGI 4-CR adducts by palladium(II)-catalyzed C-H activation using picolinamide as directing group.**

Shara Camila Melo Cabrera^{1,2}, Cesar A. Mujica-Martinez¹, Luis A. Polindara-García²

¹Grupo de Investigación en Fisicoquímica Básica y Aplicada - GIFBA, Departamento de Química, Universidad de Nariño, Colombia

²Instituto de Química, Universidad Nacional Autónoma de México - UNAM, México
scmelo18B@udenar.edu.co

The functionalization of inert C-H bonds is a powerful tool in modern organic synthesis, enabling the efficient construction of complex molecular architectures¹. This work presents the development of a sustainable methodology for the *ortho*-diiodination of ammonia-derived Ugi four-component reaction (Ugi-4CR) adducts, employing picolinamide as a bidentate directing group and Pd(OAc)₂ as a catalyst. The strategy combines the atom economy of multicomponent reactions with the selectivity of transition metal-catalyzed directed C-H activation, overcoming limitations of classical halogenation methods such as poor regioselectivity and the use of hazardous reagents^{2,3}. The Ugi adducts **5** were synthesized and subjected to reaction conditions (toluene, 110 °C, 48 h), yielding the *ortho*-diiodinated derivatives **6** with yields of up to 66% (Figure 1). The structure of the compounds was confirmed by spectroscopic techniques (¹H NMR, ¹³C NMR, IR) and high-resolution mass spectrometry (HRMS).

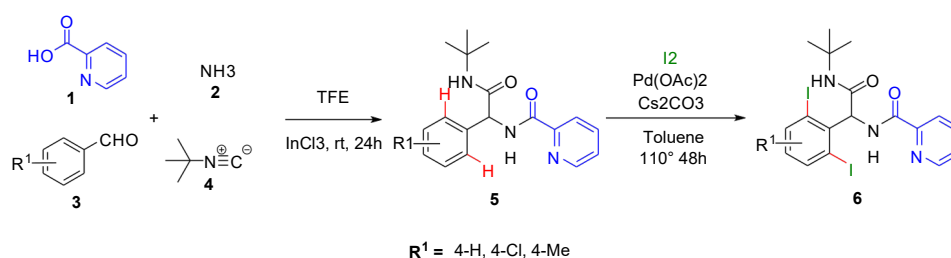


Fig. 1. Synthesis of *ortho*-diiodinated derivatives **6** from bis-amide peptidomimetic Ugi adducts **5** via Ugi 4-component reaction (4-CR) and subsequent Pd(II)-catalyzed C(sp²)-H functionalization. **Source:** Self-authorship

The proposed mechanism involves a Pd(II)/Pd(IV) catalytic cycle with sequential activation of two *ortho* Csp²-H bonds. Cytotoxicity assays (SRB method) showed that the antiproliferative activity against a panel of cancerous cell lines is modulated by the nature of the substituent at the *para* position of the aromatic ring, with electron-withdrawing groups conferring higher potency. This work establishes an efficient route for the synthesis of aryl diiodides, versatile building blocks for cross-coupling and the design of new bioactive molecules, aligning with the principles of green chemistry.

Acknowledgements

To Universidad de Nariño and Chemistry Institute of the National Autonomous University of Mexico for institutional support.

References

1. S. Martínez-Flores, Tesis doctoral, Universidad Nacional Autónoma de México, México, 2022.
2. S. Martínez-Flores, C. A. Mujica-Martinez, L. A. Polindara-Garcia. **Eur. J. Org. Chem.**, 2022, e202101517.
3. X.-C. Wang, Y. Hu, S. Bonacorsi, Y. Hong, R. Burrell, J.-Q. Yu, **J. Am. Chem. Soc.**, 2013, 135, 10326.

Catalizadores sostenibles a partir de residuos de caña de azúcar para la eliminación de antibióticos en aguas residuales

Tatiana Murillo,¹ Isabella Escobar,¹ Angélica Forgyonny, Nancy Acelas¹

¹Grupo de investigación Materiales con Impacto (Mat&mpac), Instituto de Ciencias Básicas, Facultad de Ingeniería, Universidad de Medellín

E-mail: tmurillo108@soyudemedellin.edu.com

La industria de la caña de azúcar genera grandes volúmenes de residuos sólidos y líquidos donde el 28% del peso es desechado, produciendo 136 kg de bagazo por cada tonelada de caña de azúcar procesada, el cual suele ser dispuesto de manera inadecuada. Una parte considerable de estos residuos termina en rellenos sanitarios, lo que no solo incrementa la presión sobre la capacidad de disposición final, sino que también contribuye a la emisión de gases de efecto invernadero y a la contaminación de suelos y aguas subterráneas. Al mismo tiempo, la presencia creciente de antibióticos en las aguas residuales se ha convertido en una preocupación mundial. Estos contaminantes emergentes provienen principalmente de descargas domésticas, hospitalarias, agrícolas e industriales, y su persistencia en el ambiente favorece la aparición de bacterias resistentes, con graves implicaciones para la salud pública y la seguridad ambiental.

La convergencia de ambas problemáticas plantea un doble desafío: por un lado, la necesidad de aprovechar y valorizar los residuos agroindustriales de la caña de azúcar para reducir su disposición en rellenos sanitarios; y por otro, el desarrollo de tecnologías eficientes y sostenibles para la eliminación de antibióticos en aguas residuales. En este contexto, la transformación de residuos en catalizadores avanzados representa una alternativa prometedora dentro de la economía circular, al ofrecer soluciones de bajo costo, reducción de impactos ambientales y aprovechamiento de subproductos que de otro modo serían desechados.

Se realizó un estudio para evaluar la eficacia de un residuo de caña de azúcar calcinado (CC-500 °C) en la activación del peroximonosulfato (PMS) y su capacidad para favorecer la eliminación de antibióticos en agua, tomando como modelo el acetaminofén (ACE). La caña fue sometida a diferentes temperaturas (300 – 500 °C) de calcinación y el material obtenido se caracterizó mediante técnicas analíticas, térmicas y espectroscópicas. Los resultados evidenciaron que la dosis del material y la concentración del PMS son un factor clave para la eliminación de ACE (Fig 1 a y b), adicional se evidenció una degradación notable del contaminante, alcanzando una reducción del 80 % en la concentración de ACE en tan solo 10 minutos de carbocatálisis (Fig 1c). Se determinó que la composición de la matriz, así como la presencia de iones competitivos o agentes secuestrantes, no afectaron de manera significativa la eficiencia del proceso. Asimismo, se evaluó la posibilidad de reutilizar el CC-500 °C, obteniéndose resultados favorables. De manera adicional, se estudió el comportamiento del sistema frente a matrices con mezcla de fármacos, observándose una remoción del 100 % de levofloxacina (LEV) y del 80 % de ACE cuando ambos se encontraban presentes simultáneamente (Fig 1d). Estos hallazgos confirman que el CC-500 °C posee un alto potencial como material catalítico para la eliminación de

(ca)ntaminantes mediante carbocatálisis, destacándose por su elevada eficiencia en la degradación de ACE.

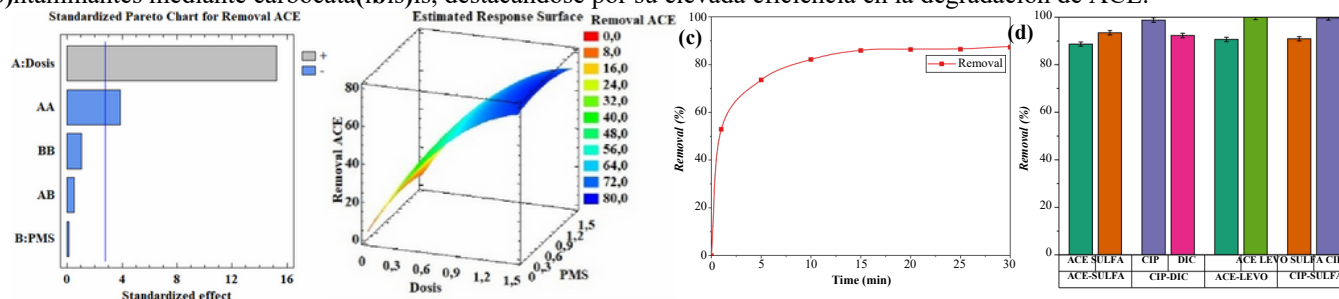


Fig 1. Evaluación de la concentración de PMS y la dosis de CC-500°C en la eliminación de ACE. **a** Diagrama de Pareto; **b** Superficie de respuesta óptimos; **c** Degradación de ACE en condiciones óptimas; **d** Remoción en combinación de fármacos

Agradecimientos

Los autores expresan su agradecimiento a la Universidad de Medellín y al grupo Materiales con Impacto por el apoyo y la financiación recibida.

Referencias

- Isabella Escobar, Camilo C. Castro, Jazmín Porras, Maria Isabel Mejía, Efraím A. Serna, Sebastián Perez, Juan Muñoz, Ricardo. A. Torres, Nancy Acelas. *Chemical Engineering Journal*, 2025, 521, 166843.
- M. P. Laverde, J. Porras, N. Acelas, Jhonnaifer J. Romero-Hernández, Sindy D. Jojoa-Sierra, Lázaro Huerta, Efraím A. Serna-Galvis & Ricardo A. Torres-Palma. *Environmental Science and Pollution*., 2023, 30, 123616–123632.

Evaluación de la contaminación por mercurio en la Quebrada Santo Domingo (Colombia) y sus implicaciones para la gestión ambiental y la salud pública

Ariel Castro Muñoz 1, Irina Patricia Tirado Ballestas 1, Hedrey Flórez Ricardo 1, Valentina Giraldo

Tubercuía², Valentina Cardozo L², Jorge L Gallego 2, Javier Galvis Ballesteros 1.

1 Grupo de investigación Genoma, Universidad del Sinú – Elías Bechara Zainum Seccional Cartagena, Av. El Bosque, Transversal 54 No. 30-729, Cartagena, Colombia.

2 Grupo de Investigación en Biodiversidad, Biotecnología y Bioingeniería GRINBIO, Facultad de Ingenierías, Universidad de Medellín, Carrera 87 No. 30-65, Medellín, Colombia
E-mail: vcardozeleon@gmail.com

En Colombia, la minería ilegal y el incumplimiento de las normativas ambientales continúan siendo responsables de una contaminación significativa por mercurio (Hg) en los cuerpos de agua, generando impactos negativos en la biodiversidad acuática, la salud de las poblaciones ribereñas y el equilibrio de los ecosistemas, a pesar de la prohibición establecida por la Ley 1658 de 2013¹. Este estudio se desarrolló en la quebrada Santo Domingo, corregimiento de Tiquisio Nuevo, sur de Bolívar, ubicada en el distrito minero del cerro de San Lucas, uno de los más significativos del país². Se realizaron muestreos de sedimentos superficiales en seis puntos estratégicos de la quebrada, con cuatro réplicas por cada punto, para la cuantificación de mercurio en el agua. Se obtuvieron concentraciones de Hg total 21505.582 hasta 102874.902 ppm. Los niveles obtenidos se emplearon para evaluar índices de riesgo ecotoxicológico y para la salud humana, evidenciando impactos significativos que requieren medidas de gestión inmediata para la protección del ecosistema y la población expuesta^{3,4}.

Aunque la mencionada legislación estableció un plazo de 5 años para la eliminación total del mercurio en actividades mineras, la persistencia de su uso ilegal sigue causando efectos adversos en la biodiversidad y calidad del agua⁵. Los resultados de este estudio demuestran que los niveles de mercurio superan los 0.20 ppm, valor máximo permitido según lo establecido por la USEPA, 2006. Lo cual refuerza la necesidad de mantener y fortalecer programas de monitoreo y control⁶. La evidencia aportada subraya la importancia de adoptar políticas integrales que combinen vigilancia ambiental, educación y regulación efectiva para mitigar los impactos derivados del uso ilegal de mercurio en Colombia.

Referencias

1. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Ley 1658 de prohibición del mercurio en minería. Bogotá, Colombia, 2013.
2. Foro Nacional Ambienta. Informe nacional: minería ilegal y contaminación por mercurio en Colombia. Procuraduría General de la Nación, 2024.
3. Ministerio de Salud y Protección Social de Colombia. *Protocolos y guías para la acción en salud pública por exposición al mercurio*, 2022.
4. World Health Organization (WHO). Mercury and health, 2017.
5. UNEP. Global Mercury Assessment 2018: Sources, Emissions, Releases and Environmental Transport. United Nations Environment Programme, 2019
6. Ortega-Ramirez, A. T., et al. Rapid assessment of mercury-contaminated sites through TSIP in Colombia. *Science of The Total Environment*, 2023, 855, 158738.

Exploración de Pigmentos Naturales a partir de Residuos Agroindustriales y Especies Invasoras para Celdas Solares Orgánicas: un enfoque integrado teórico-experimental

Valentina Miranda Garcés, Angélica Forgionny, Julián Correa y Nancy Acelas¹

¹Grupo de Materiales con Impacto, Mat&mpac, Facultad de Ciencias Básicas, Universidad de Medellín, Medellín, Colombia

E-mail: vmiranda114@soyudemedellin.edu.co

La energía solar ha demostrado ser una alternativa prominente para mitigar el impacto ambiental de las energías no renovables, situación que genera preocupaciones internacionales pero que a su vez ha impulsado significativamente el avance tecnológico. Proyectándose como la fuente renovable con mayor expansión en los próximos años¹, los sistemas fotovoltaicos presentan limitaciones en diferentes aspectos, entre los cuales se resalta el uso de materiales inorgánicos con disponibilidad restringida, altos costos de producción, emisiones de gases tóxicos y tiempos prolongados de síntesis. En este contexto se presenta la oportunidad de buscar materiales alternativos, siendo las celdas solares sensibilizadas por colorantes (DSSCs) destacadas por su bajo costo, flexibilidad y sostenibilidad. En particular, los sensibilizadores de porfirina han despertado gran interés debido a su facilidad de síntesis y estabilidad química², al ser compuestos orgánicos presentes en las plantas y fundamentales para la fotosíntesis³. Sin embargo, aún existen aspectos clave por investigar, por lo tanto, con el presente proyecto se adopta un enfoque híbrido, computacional y experimental, para optimizar el rendimiento y la aplicabilidad de sensibilizadores de porfirina, obtenidos a partir de residuos agroindustriales y una especie invasora, en DSSC.

En la parte computacional se usan métodos de primeros principios que calculan las propiedades electrónicas y ópticas de las porfirinas. Estos cálculos se realizan con las librerías de Atomic Simulation Environment y GPAW en Python.

Paralelo a esto, se realiza una extracción de pigmentos orgánicos a partir de residuos de hojas de plantas como espinaca, apio y perejil, además de pigmentos presentes en las flores de la especie *Thunbergia Alata*. Para estos pigmentos también se caracterizan sus propiedades ópticas, electrónicas y morfológicas. Finalmente, se fabrican y evalúan celdas solares orgánicas con los pigmentos extraídos como materiales activos.

En lo que se lleva de la investigación, fue posible extraer los pigmentos de las fuentes mencionadas y realizar un análisis FTIR, el cual demostró una alta coincidencia en los picos de todas las soluciones (fig.1), indicando una gran similitud en el comportamiento y composición de estas. Adicionalmente, el cálculo computacional del espectro infrarrojo para la clorofila es bastante consistente con el experimental (fig.2).

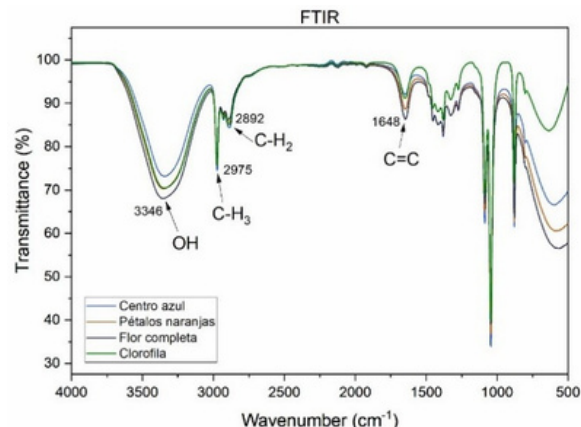


Fig.1 Espectro FTIR experimental.

Fig 2. Comparación espectro IR de la clorofila computacional y experimental.

En conjunto, estos resultados permiten validar un buen avance en la parte experimental al indicar grupos funcionales de la clorofila en la solución obtenida, con lo cual se confirma que esta posee un alto potencial de fuente de porfirinas. Además de esto, se demuestra que el método computacional es adecuado.

A partir de estos resultados preliminares, los siguientes pasos en la investigación se centrarán en evaluar la respuesta de las celdas solares bajo diferentes condiciones de iluminación y temperatura, con el fin de determinar su estabilidad y durabilidad a largo plazo. Asimismo, se prevé la construcción de dispositivos de celdas solares orgánicas utilizando las porfirinas extraídas como materiales activos. Finalmente, la caracterización computacional realizada permitirá optimizar los modelos de porfirinas para mejorar su rendimiento en estos dispositivos.

Agradecimientos

A la Universidad de Medellín por brindar este espacio para nuestra formación como profesionales. A los profesores Julián Correa, Nancy Acelas y Angélica Forgionny, por su asesoría constante. A los integrantes del grupo de investigación Mat&mpac por su ayuda.

Referencias

1. Global Market Outlook For Solar Power 2023 - 2027 - SolarPower Europe. (2023). [Solarpowereurope.org](https://www.solarpowereurope.org).
<https://www.solarpowereurope.org/insights/outlooks/global-market-outlook-for-solar-power-2023-2027/detail>
2. Birel, Ö., Nadeem, S. & Duman, H. Porphyrin-Based Dye-Sensitized Solar Cells (DSSCs): a Review. J Fluoresc 27, 1075–1085 (2017). <https://doi.org/10.1007/s10895-017-2041-2>
3. Loboda, O. (2012). Porphyrins. In: Quantum-chemical studies on Porphyrins, Fullerenes and Carbon Nanostructures. Carbon Nanostructures. Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-31845-0_1

Todo comienza en casa: solución doméstica para la degradación de medicamentos vencidos y la prevención de la contaminación del agua.

Valentina Ospina¹, Daniela Castrillón², Jazmín Porras², Ricardo Torres³, Efraím Serna³, Elizabeth Flórez² y Nancy Acelas^{2*}

¹Grupo de investigación Materiales con Impacto (Mat&mpac), Facultad de Ciencias Básicas, Universidad de Medellín, Carrera 87 No. 30-65, Medellín 050026, Colombia

²Grupo de Investigaciones Biomédicas UniRemington, Corporación Universitaria Remington, Calle 51 No. 51-27, Medellín 050010, Colombia

³Grupo de Investigación en Remediación Ambiental y Biocatálisis, Instituto de Química, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Antioquia UdeA, Calle 70, No. 52-21, Medellín 050010, Colombia

E-mail: valenospina42@gmail.com

La eliminación inadecuada de medicamentos vencidos como losartán, ibuprofeno y acetaminofén ha generado un aumento considerable de estos contaminantes emergentes en cuerpos de agua. Los sistemas convencionales de tratamiento no logran eliminarlos, provocando su persistencia ambiental y efectos tóxicos en ecosistemas acuáticos. Ante esta problemática, los procesos Fenton y Foto-Fenton han sido ampliamente estudiados para la degradación de fármacos en agua, mostrando alta eficiencia en la generación de radicales hidroxilos como agentes oxidantes^{1,2}.

Este estudio exploró la aplicación de dichos procesos como solución doméstica, utilizando luz solar, hierro (FeSO) y peróxido de hidrógeno (HO) para la degradación de medicamentos vencidos. Se evaluó la remoción de los fármacos en condiciones de laboratorio mediante cromatografía líquida de alta resolución (HPLC), con variaciones en las concentraciones de FeSO y HO. Posteriormente, el procedimiento se escaló a un formato casero con botellas PET expuestas a radiación solar directa. Además, se realizaron pruebas de fitotoxicidad con semillas de *Lactuca sativa* para evaluar efectos residuales.

Los resultados demostraron una alta eficiencia de remoción bajo condiciones ambientales promedio de 30 °C y radiación solar de 633.5 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$. La prueba de fitotoxicidad evidenció que el agua tratada no generó efectos negativos en el crecimiento de las plantas, siendo comparable al control positivo (agua de grifo) y significativamente superior al control negativo (glifosato), confirmando así la disminución de toxicidad.

Tabla 1. Porcentaje de remoción de fármacos en condiciones óptimas usando procesos Foto-Fenton.

Fármaco	% Remoción	Condiciones óptimas (FeSO / HO)
Acetaminofén	99.9 %	3 mg / 200 μL
Losartán	99.4 %	3 mg / 200 μL
Ibuprofeno	95.4 %	1 mg / 200 μL

En conclusión, los procesos Foto-Fenton resultan viables y efectivos para aplicar en el hogar, representando una alternativa sencilla y sostenible para la gestión segura de medicamentos vencidos y la prevención de la contaminación del agua.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Universidad de Medellín por la financiación de los proyectos y al Programa Verano Delfín edición XXX por el apoyo académico.

Referencias

1. M. Całus-Makowska, et al., *Desalination and Water Treatment*, 2025, **321**, 100949.
2. E. Öztürk, et al., *Engineering Science and Technology, an International Journal*, 2025, **64**, 102004.

Adsorción de Hg(II) utilizando zeolita a base de cascarilla de arroz modificada con extracto bacteriano de *Delftia lacustris*

Ximena Carolina Pulido Villamil¹, Juan Manuel Peña-Torres, María Paola Lozano, Luis Fernando Rodríguez, Cesar¹ Jaramillo-Paez¹. ¹Universidad del Tolima, Barrio Santa Helena, Ibagué, Colombia.
E-mail: jpenat@ut.edu.co

Resumen

Se sintetizó una zeolita tipo Faujasita X a partir de cascarilla de arroz y se inmovilizó con extracto de *Delftia lacustris*. El material alcanzó una capacidad adsorptiva de 1.11 mg/g y un 81 % de remoción de Hg(II) en 6 h. La cinética se ajustó preferentemente al modelo de pseudo-segundo orden ($R^2 = 0.985$), indicando un proceso controlado por quimisorción. La incorporación del extracto bacteriano muestra potencial funcional, aunque requiere estudios adicionales para dilucidar su aporte específico al mecanismo de adsorción. **Introducción** El mercurio es un metal altamente tóxico que se acumula en el ambiente y puede transformarse en metilmercurio², una forma neurotóxica de especial riesgo para poblaciones vulnerables. La adsorción es una técnica eficaz para su remoción³, destacando las zeolitas por su estructura cargada negativamente⁴. Estas pueden sintetizarse por vía hidrotérmal utilizando cascarilla de arroz como fuente de sílice. Este estudio plantea obtener zeolitas a partir de este residuo agrícola y combinarlas con extracto bacteriano de *Delftia lacustris* B11CM5, 6 para evaluar su efecto en la adsorción de Hg(II). **Materiales y resultados** El material se obtuvo a partir de cascarilla de arroz calcinada para producir RHA, la cual se sometió a extracción alcalina y posterior síntesis hidrotérmal para formar la zeolita. El extracto proteico de *Delftia lacustris* se obtuvo tras cultivo, verificación microbiológica y lisis celular. La inmovilización se realizó incubando 1 g de zeolita con 2 mL del extracto. El rendimiento se evaluó empleando 5 ppm de Hg(II), una dosis de 0.2 g/L y tiempos de contacto entre 5 y 1440 min, cuantificando el metal por absorción atómica y determinando remoción y capacidad de adsorción. **Análisis y discusión** Los difractogramas confirmaron la formación de una zeolita tipo Faujasita X, cuya estructura porosa es adecuada para procesos de adsorción. En los ensayos cinéticos realizados con el material Z90Ext, se alcanzó una capacidad de adsorción en equilibrio de 1.11 mg/g empleando 0.1 g de adsorbente y una concentración inicial de 3.37 mg/L, con un 81 % de remoción a las 6 h. El modelo de pseudo-segundo orden mostró el mejor ajuste ($R^2 = 0.985$) y una constante cinética de $0.0293 \text{ g} \cdot \text{mg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$, indicando que la adsorción podría estar dominada por mecanismos de quimisorción, asociados a interacciones electrostáticas e intercambios iónicos en los sitios activos del material.

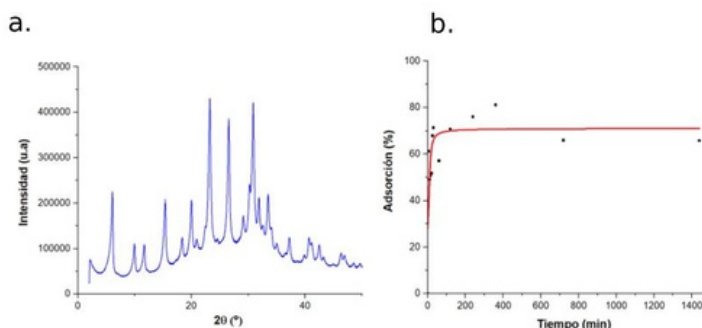


Fig. 1. (a) DRX del material Z90Ext (90° C por 12 horas e inmovilizado el extracto) y (b) porcentaje de adsorción de Hg vs. Tiempo.

Conclusiones

La zeolita obtenida de cascarilla de arroz e inmovilizada con extracto bacteriano logró un 81 % de remoción de Hg(II), ajustándose al modelo de pseudo-segundo orden ($R^2 = 0.985$), lo que indica un mecanismo de quimisorción. La integración del componente bacteriano muestra potencial, aunque requiere mayor investigación.

Agradecimientos

Agradecimientos para el grupo de investigación QUAPE y al proyecto Análisis del impacto socio ambiental del mercurio y tecnologías sostenibles para su remoción en la cuenca alta del río Caquetá, con código BPIN 2022000100050.

Referencias

1. R. K. Verma, M. S. Sankhla, R. Kumar, *Mercury Contamination in Water & Its Impact on Public Health*, 2018, 73–78.
2. NRC, *Toxicological Effects of Methyl Mercury*, **NAS Press**, 2000.
3. M. A. Tagoon, S. M. Siddeeg, N. S. Alsaiari, W. Mnif, F. Ben Rebah, *Processes*, 2020, 8, 645.
4. M. Irshad, R. Nawaz, E. Wojciechowska, M. Mohsin, N. Nawrot, I. Nasim, F. Hussain, *Water Air Soil Pollut.*, 2023, 234, 54.
5. J. Ortiz-Ortiz, R. A. Ramírez, X. Pulido, M. Varón-López, *Proc. XXX Reunión Latinoamericana de Rizobiología*, 2021, 24.
6. X. C. Pulido, J. Beltrán, M. Varón-López, C. A. Jaramillo, *J. Pept. Sci.*, 2024, 30.

Implementación de un método para la determinación directa de mercurio total en muestras sanguíneas de pacientes gestantes del departamento de Antioquia, Colombia.

Yileni Argoti Ospinaa , Valentina Cardozo Lb, Gabriel Jaime Maya V.c, Jhon Fredy Narvaez V.d, Jorge L. Gallegob

^a Semillero ambiental (SAM), Facultad de Ingenierías, Corporación Universitaria Remington, Medellín, Colombia

^b Grupo de Investigación en Biodiversidad, Biotecnología y Bioingeniería GRINBIO, Facultad de Ingenierías, Universidad de Medellín, Carrera 87 No. 30-65, Medellín 050026, Colombia.

^c Grupo de Investigaciones y Mediciones Ambientales GEMA, Facultad de Ingenierías, Universidad de Medellín, Carrera 87 No. 30-65, Medellín 050026, Colombia

^d Grupo de Investigación Ingeniar, Facultad de Ingenierías, Corporación Universitaria Remington, Medellín, Colombia
E-mail: yileni.argoti.1439@miremington.edu.co, vcardozoleon@gmail.com

Resumen

El mercurio es un elemento potencialmente tóxico ampliamente distribuido en los sistemas naturales, representando diferentes niveles de riesgo para la salud humana y los ecosistemas, por lo que es considerado un contaminante global. Su presencia en el ambiente ocurre tanto por procesos naturales como el vulcanismo y la meteorización, y en mayor medida, por actividades antrópicas como minería, agricultura, industria metalmeccánica y uso de combustibles fósiles¹. El mercurio es altamente bioacumulable y biomagnificable a pesar de no tener función biológica. El departamento de Antioquia en Colombia ha sido catalogado como uno de los lugares más contaminados en el mundo por influencia mercurio debido al impacto de la minería². Estudios en Colombia han reportado la presencia de mercurio en sedimentos, agua, alimentos, peces, aves, material particulado atmosférico, plantas, suelos y muestras humanas (CITA) confirmando el riesgo de potenciales afectaciones a la biodiversidad y a la salud humana. La exposición a este contaminante se asocia con alteraciones neurocognitivas, inmunológicas, mutagénicas e infertilidad³. En mujeres embarazadas, el mercurio atraviesa la barrera placentaria y puede afectar al feto, causando bajo peso al nacer, partos prematuros, abortos espontáneos, mortinatos y malformaciones congénitas³. Para determinar la presencia de mercurio en mujeres maternas existen diversos métodos, entre los cuales el análisis en sangre es considerado un biomarcador confiable de exposición reciente⁵. En este estudio se evaluaron las concentraciones de mercurio total en muestras de sangre de pacientes gestantes en ocho municipios del departamento de Antioquia: Arboletes, Caracolí, Caucasia, Cisneros, Ciudad Bolívar, El Peñol, Frontino y Yarumal. Las muestras fueron recolectadas en hospitales locales, almacenadas en contenedores refrigerados y transportadas para su análisis inmediato en el laboratorio. La cuantificación de mercurio total fue realizada mediante descomposición térmica y espectroscopía de absorción atómica utilizando un analizador directo de mercurio (Lumex RA-915 LAB) según el método EPA 74736. El control de calidad de la medición se realizó con material de referencia Clam IAEA 461, obteniendo una recuperación de 109.01%. La curva de calibración, con estándar líquido de Hg (NO₃)₂ de 1000 ppm (Mercury standard solution, Certipur® Supelco), mostró un rango lineal entre 0.35 a 5.0 ng Hg y coeficiente de correlación de 0.9991. Las concentraciones promedio de mercurio total en sangre oscilan entre 0.30–3.92 µg/l, con rangos específicos por municipio (Caracolí 0.86–1.28 µg/l, Caucasia 3.52 µg/l, Ciudad Bolívar 0.83–1.59 µg/l, Frontino 0.3–0.99 µg/l, Peñol 1.51–3.92 µg/l, Yarumal 1.05–1.13 µg/l, Arboletes 0.87–2.65 µg/l y Cisneros 2.17–2.31 µg/l). Los resultados se encuentran por debajo del límite de 5.8 µg/l de mercurio en sangre para mujeres gestantes según la Organización Mundial de la Salud (OMS)⁷, sin embargo, dada la toxicidad del mercurio y sus múltiples vías de exposición, se recomienda mantener la vigilancia y continuar con estudios para proteger la salud materno-infantil.

Referencias

1. Pant, R., Mathpal, N., Chauhan, R., Singh, A. y Gupta, A. (2024). Una revisión de la contaminación por mercurio en el agua y su impacto en la salud pública. *Mitigación de la toxicidad del mercurio: Enfoque del Nexos Sostenible*, 93-115.
2. Cordy, P., Veiga, M. M., Salih, I., Al-Saadi, S., Console, S., Garcia, O., ... & Roeser, M. (2011). Mercury contamination from artisanal gold mining in Antioquia, Colombia: The world's highest per capita mercury pollution. *Science of the Total Environment*, 410, 154-160.
3. Saturday, A. (2018). Mercury and its associated impacts on environment and human health: A review. *J. Environ. Health Sci*, 4(2), 37-43.
4. Caballero-Gallardo, K., Palomares-Bolaños, J., & Olivero-Verbel, J. (2022). Mercury concentrations in water, sediments, soil, and fish around ancestral afro-descendant territories impacted by gold mining in the Cauca department, Colombia. *Water, Air, & Soil Pollution*, 233(9), 393.
5. Bjørklund, G., Chirumbolo, S., Dadar, M., Pivina, L., Lindh, U., Butnariu, M., & Aaseth, J. (2019). Mercury exposure and its effects on fertility and pregnancy outcome. *Basic & clinical pharmacology & toxicology*, 125(4), 317-327.
6. Santiago, S., Namorado, S., Dias, C. M., Martins, C., Carvalho, C., & Assunção, R. (2021, August). Methylmercury: A Human Biomonitoring Study of Portuguese Women of Childbearing Age. In *ISEE Conference Abstracts* (Vol. 2021, No. 1).
7. U.S. EPA, 1998. Method 7473 (SW-846): Mercury in Solids and Solutions by Thermal Decomposition, Amalgamation, and Atomic Absorption Spectrophotometry. US Environmental Protection Agency, Washington, DC.
8. Bru, I. P., González-Estecha, M., & Fernández, M. A. (2015). Procedimiento de validación de un método para cuantificar mercurio en sangre por espectroscopía de absorción atómica con descomposición térmica y amalgamación. *Revista del laboratorio clínico*, 8(2), 92-96.

Reacciones de adición nucleofílica de aldehídos sobre 3-carbometoxiisoquinolin-1-ona y empleando carbenos *N*-heterocíclicos (umpolung).

Yina Gabriela Urbano 1,2, Cesar A. Mujica-Martínez² y Alfredo Vázquez¹

¹Departamento de Química Orgánica, Facultad de Química, Universidad Nacional Autónoma de México, México,

²GIFBA, Departamento de Química, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Nariño, Colombia.

E-mail: gabrielauro@udenar.edu.co

Entre los alcaloides de origen vegetal, el esqueleto de isoquinolina es uno de los más abundantes y cuenta con estructuras como bencilisoquinolinas, protopinas y protoberberinas¹. El anillo heterocíclico de la isoquinolina presenta distintos estados de oxidación, como la tetrahydroisoquinolina y la isoquinolin-1(2H)-ona (Figura 1). En el ámbito de la investigación farmacéutica, la presencia del núcleo de isoquinolina en ciertos fármacos, o candidatos a fármacos, es cada vez más relevante. En este contexto, se planteó el estudio de la reactividad del sistema isoquinolínico, específicamente en el enlace C3–C4, mediante reacciones de adición nucleofílica utilizando carbenos *N*-heterocíclicos (NHCs).

Para ello, se sintetizaron derivados de isoquinolina protegidos en el nitrógeno y se evaluó el comportamiento de este núcleo frente a NHCs en condiciones controladas. Los experimentos permitieron desarrollar adiciones nucleofílicas de aldehídos sobre la posición C4 del sistema, lo cual demuestra la viabilidad de los NHCs como herramientas para la funcionalización de isoquinolinas.

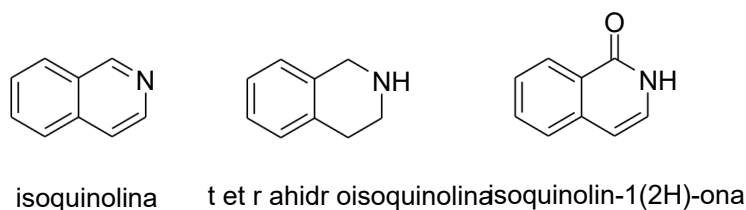


Figura 1. Estructuras de la isoquinolina, tetrahydroisoquinolina e isoquinolin-1(2H)ona.

Agradecimientos

Agradezco a mi director, Dr. José Alfredo Vázquez, y a mi codirector, Dr. César Mujica, por su guía y acompañamiento en el desarrollo de este trabajo. A la Universidad Autónoma de México, y a la Universidad de Nariño.

Referencias

1. Bhadra K.; Kumar GS. *Med. Res. Rev.* **2011**, *31*, 821. DOI: 10.1002/med.20202.

Desarrollo de catalizadores de níquel soportado en óxidos mixtos provenientes de materiales tipo hidrotalcita CaX-Mg-X-Al con basicidad controlada para mejorar la reacción de desplazamiento de agua mejorada con sorción (SEWGS)

Yorlenis Hinestroza Torres, Maria Natalia Suarez, Juan David Tapia,¹

¹ Química de recursos energéticos y medio ambiente, Instituto de Química, Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia

E-mail: yorlenis.hinestrozat@udea.edu.co

La producción de hidrógeno es clave para avanzar hacia un modelo energético más limpio. Sin embargo, la mayor parte del hidrógeno proviene de procesos altamente contaminantes, como el reformado de gas natural, responsables de grandes emisiones de CO₂. Frente a este desafío, tecnologías como la reacción de desplazamiento de agua, mejorada con sorción (SEWGS) ofrecen una alternativa más limpia, ya que permiten generar hidrógeno al tiempo que capturan el CO₂ en el mismo proceso, sin necesidad de etapas adicionales.

Los óxidos mixtos basados en calcio y magnesio son adecuados para la captura de CO₂ porque combinan alta afinidad química, estabilidad térmica y capacidad de regeneración. El calcio presenta una capacidad de captura más alta debido a que su carbonato es termodinámicamente más estable y su cinética de formación es rápida. El magnesio, tiene menor capacidad pero aporta una alta dispersión de sitios básicos y mejora la estabilidad estructural del material, evitando la sinterización. La combinación Ca/Mg permite ajustar la fortaleza y densidad de los sitios básicos, aumenta la eficiencia de captura de CO₂ y favorece el desplazamiento del equilibrio químico en la reacción SEWGS, incrementando la producción de hidrógeno.

En este trabajo se desarrollaron catalizadores de níquel soportados en óxidos mixtos derivados de hidrotalcitas Ca-Mg-Al, con el fin de mejorar la eficiencia de la reacción SEWGS. La propuesta se basó en ajustar la cantidad de calcio dentro de la estructura para modificar su basicidad y, con ello, su comportamiento frente a la reacción. Los materiales se sintetizaron por coprecipitación y luego fueron calcinados para obtener óxidos mixtos, los cuales fueron caracterizados por diversas técnicas para evaluar su estructura, estabilidad térmica, capacidad de adsorción de CO₂ y reducibilidad. Los resultados mostraron que la incorporación controlada de calcio genera un mayor desorden estructural que favorece el aumento del área superficial y aumenta la cantidad de sitios básicos en la superficie. La incorporación de níquel en la estructura favorece la dispersión metálica. Particularmente, los catalizadores con niveles intermedios de calcio demostraron un equilibrio óptimo y adecuado entre estabilidad térmica, capacidad de captura de CO₂ y actividad catalítica en condiciones típicas de operación. Además, presentaron perfiles de reducción más amplios y áreas superficiales (156,6 m²/g) adecuadas para el contacto reactivo/soporte. La reacción se llevó a cabo en un reactor de lecho fijo usando una velocidad espacial de 19108 h⁻¹, y se cuantificó la conversión de CO y el rendimiento a hidrógeno con un microGC, en estos experimentos se encontró que hay un efecto claro de la adición de calcio en la reactividad, la muestra con el 12,5% (Ca₁Mg₄Ni₁Al₂) de calcio produce la mayor conversión de CO del 99,0% y una selectividad a hidrógeno de 94,2%.

En conclusión, este trabajo aporta al desarrollo de catalizadores más eficientes y estables para la producción de hidrógeno limpio mediante SEWGS, mostrando que el ajuste en la composición de materiales tipo hidrotalcita, especialmente mediante la incorporación controlada de calcio, permite optimizar propiedades clave como la basicidad y la dispersión metálica. Estos avances contribuyen al diseño de tecnologías más sostenibles y coherentes con los objetivos de transición energética y reducción del impacto ambiental.

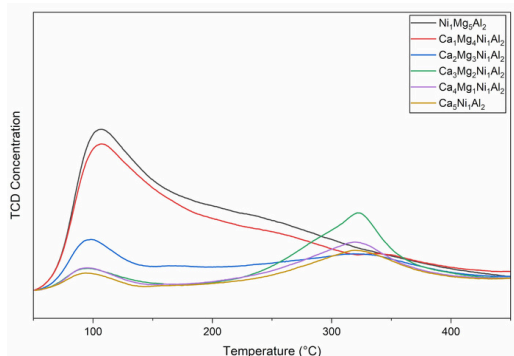


Figura 1. Perfiles TPD- CO₂ para los óxidos mixtos

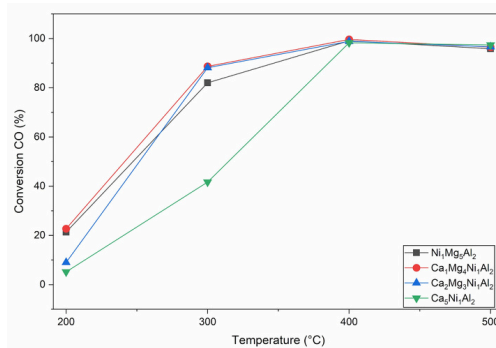


Figura 2. % Conversión de los óxidos mixtos

Agradecimientos

Al grupo Química de recursos energéticos y medio ambiente de la Universidad de Antioquia por su apoyo en el desarrollo de este trabajo.

Referencias

1. Zhou, L., & Liu. (2023). For more and purer hydrogen. J. Energy Chem., 83, 363–396.
2. Manzolini, G. et al. (2020). Techno-economic assessment of SEWGS for CO mitigation in steel plants. Int. J. Greenh. Gas Control, 94.

Producción de Forraje Verde Hidropónico de Maíz (*Zea mays* L.) en Clima Tropical con Fertilizante NPK, Usando el Sistema NFT

Julian N. Villarraga L,¹ Daniela Andrea Indabur Herrera,² Yelissa Cantillo Berrio,³ Santiago Cuesta Fonseca,⁴

¹Estudiante de la facultad de Química Farmacéutica De la universidad de Cartagena¹

²Estudiante de la facultad de Química Farmacéutica De la universidad de Cartagena²

³Estudiante de la facultad de Química Farmacéutica De la universidad de Cartagena³

⁴Estudiante de la facultad de Química Farmacéutica De la universidad de Cartagena⁴

E-mail: Villarragajulian6@gmail.com.

Resumen

El forraje verde hidropónico (FVH) es una técnica agrícola alternativa que permite obtener biomasa vegetal fresca en un tiempo reducido, sin depender directamente del suelo y con un uso eficiente de recursos hídricos, lo que resulta particularmente valioso en regiones con limitaciones agronómicas o ambientales. El presente trabajo describe la experiencia de producción de FVH de maíz (*Zea mays* L.) empleando el sistema NFT (Nutrient Film Technique) y fertilizante NPK, realizada en condiciones tropicales como parte de una práctica académica en la asignatura de Química Inorgánica. El cultivo se inició con 1 kg de semilla pregerminada, desinfectada previamente con hipoclorito de sodio al 1 % y mantenida en bandejas dentro del sistema NFT durante 14 días. A partir del cuarto día se aplicó una solución nutritiva formulada de acuerdo con el protocolo técnico del “Sitio Argentino de Producción Animal” [1], adaptada al volumen de riego y condiciones de disponibilidad local de agua y nutrientes. Durante los primeros tres días se observaron dificultades en la germinación, posiblemente asociadas a la viabilidad de las semillas y a las condiciones ambientales de humedad y temperatura, lo que limitó inicialmente el número de plántulas emergidas. No obstante, a partir del quinto día el crecimiento vegetal se aceleró significativamente, acompañado de un incremento en el consumo hídrico, reflejando la capacidad del sistema NFT para mantener una lámina delgada de solución oxigenada que favorece el desarrollo radicular y la absorción de nutrientes. Al finalizar el día 14 se registró una biomasa total de 3 kg, lo que representa un ganancia neta de 2 kg con respecto al peso inicial. Estos resultados demuestran que, incluso con limitaciones en la etapa inicial de germinación, el sistema hidropónico basado en NFT y fertilizante NPK constituye una estrategia eficaz para obtener forraje en periodos cortos, con un manejo relativamente sencillo y bajo requerimiento de espacio. La evidencia experimental coincide con reportes previos que destacan la eficiencia de la hidroponía en climas tropicales y su aplicabilidad en escenarios urbanos [2], así como con investigaciones que señalan la importancia de un manejo adecuado de la fertilización nitrogenada en el aumento de la biomasa forrajera [3]. En términos académicos, la experiencia permitió a los estudiantes vincular conocimientos teóricos de química inorgánica con una aplicación práctica en la formulación de soluciones nutritivas y en la evaluación de parámetros de crecimiento vegetal, reforzando competencias experimentales y de análisis crítico. Asimismo, el ejercicio mostró que la hidroponía no solo es una opción tecnológica para la producción agrícola sostenible, sino también una herramienta pedagógica que contribuye a la formación integral en ciencias aplicadas. En conclusión, el cultivo de FVH de maíz bajo sistema NFT, complementado con fertilización NPK, constituye una alternativa viable y eficiente para la producción de biomasa en condiciones tropicales, ofreciendo ventajas en eficiencia de agua, control de nutrientes y adaptabilidad a espacios reducidos, lo cual refuerza su potencial para mitigar limitaciones productivas y mejorar la seguridad alimentaria en contextos rurales y urbanos.

Palabras clave: Forraje verde hidropónico, *Zea mays*, NFT, solución nutritiva, biomasa.

Agradecimientos

También un gran agradecimiento a Juana Gonzales Alvis, sin sus cuidados y atención en el cultivo en los horarios cuando el investigador no estaba disponible por horarios de clases no hubiera sido posibles obtener tales resultados.

Referencias

1. A. Sánchez, J. Izquierdo, *Sitio Argentino de Producción Animal, Segunda Parte: Métodos y factores que influyen en la producción de forraje verde hidropónico*, 2024, pp. 1–24.
2. C. Marulanda, J. Izquierdo, *La Huerta Hidropónica Popular (1.ª edición)*, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), Roma, 1993.
3. J.J. Dosal, *Producción de forraje verde hidropónico en avena bajo diferentes niveles de fertilización nitrogenada*, Proc. del Simposio Latinoamericano de Producción Animal, Montevideo, Uruguay, 1987, 112–120.

Inmovilización de *Trichoderma* spp. en biochar obtenido a partir de cascarilla de arroz

Yulied Rivera¹, Sergio Valencia², Leidy Hoyos³, Kellis Salcedo², Inés Osorio²

¹Estudiante de Ingeniería Ambiental, Tecnológico de Antioquia Institución Universitaria-TdeA, Medellín, Colombia.

²Docente Facultad de Ingeniería, Tecnológico de Antioquia Institución Universitaria-TdeA, Medellín, Colombia.

³Docente Departamento de Ciencias Básicas, Tecnológico de Antioquia Institución Universitaria-TdeA, Medellín, Colombia.
E-mail: Yulied.rivera@correo.tdea.edu.co

La inmovilización de microorganismos benéficos como *Trichoderma* sp. en biochar (BC) representa una estrategia prometedora para aplicaciones agrícolas sostenibles¹. En este estudio se evaluó un biochar derivado de cascarilla de arroz como soporte microbiano, analizando cómo sus propiedades fisicoquímicas influyen en la colonización y persistencia del hongo. El BC fue sintetizado mediante carbonización hidrotermal empleando relaciones biomasa/agua (g/mL) de 1/10 y 1/20 y tiempos de residencia de 24 y 48 h. Posteriormente, se procedió a la inmovilización de *Trichoderma* sp. mediante suspensiones de 1×10^6 y 1×10^8 UFC/mL bajo condiciones estandarizadas de agitación y temperatura. La inmovilización se favoreció por la adsorción física, dependiente de la superficie y el diámetro de poro, como por interacciones químicas y electrostáticas, reguladas por grupos funcionales oxigenados ($-\text{OH}$, $-\text{C}=\text{O}$, $-\text{COOH}$) y por el punto de carga cero (PZC). La inmovilización se cuantificó mediante el recuento de UFC/mL y se complementó con análisis FTIR y SEM para identificar variaciones químicas y visualizar la colonización superficial.

Los resultados mostraron que las muestras sintetizadas a 48 h presentaron mayor intensidad en las bandas FTIR de grupos hidroxilo y carbonilo, especialmente en la condición 1/10–48h, lo que evidencia una superficie enriquecida en sitios activos para interacciones microbianas². Las micrografías SEM (Fig. 1) revelaron estructuras mesoporosas más definidas en esta condición, con un diámetro de poro promedio de 5.62 nm que facilitó la difusión de nutrientes y la proliferación del hongo. En cuanto a las propiedades superficiales, los valores de PZC oscilaron entre 4.38 y 5.21, lo que favoreció la formación de puentes de hidrógeno en lugar de interacciones electrostáticas, contribuyendo así a la estabilidad de la colonización³. La cuantificación de UFC demostró que la muestra 1/10–48h alcanzó la mayor eficiencia de inmovilización, con valores de hasta 4.6×10^5 UFC/mL, superando significativamente a las demás condiciones. Se observó además que el Tratamiento (1/10–48h– 1×10^8 UFC/mL) resultó en la concentración promedio más alta de UFC/mL, con una diferencia estadística significativa ($p < 0.001$), confirmada mediante ANOVA y prueba post-hoc de Tukey R.

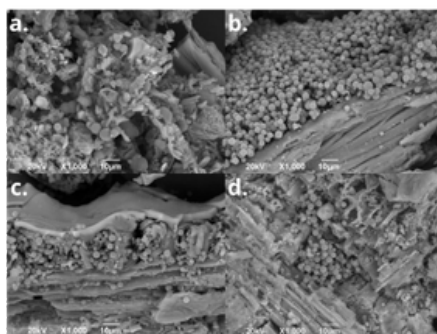


Fig. 1. Microscopía electrónica de barrido (SEM) con inmovilización de *Trichoderma* sp. (a) 1/10–24h–CA– 1×10^6 UFC/mL; (b) 1/10–48h–CA– 1×10^8 UFC/mL; (c) 1/20–24h–CA– 1×10^6 UFC/mL y (d) 1/20–48h–CA– 1×10^6 UFC/mL.

En conclusión, la inmovilización de *Trichoderma* sp. en biochar a partir de cascarilla de arroz fue dependiente del tiempo de residencia y la relación biomasa/agua. La muestra 1/10–48h presentó una mayor presencia de grupos funcionales oxigenados ($-\text{OH}$, $-\text{C}=\text{O}$, $-\text{COOH}$) y una estructura mesoporosa de 5.62 nm, lo que favoreció la inmovilización y estabilidad del hongo. En esta condición, se alcanzó la concentración más alta de inmovilización con un valor de 4.6×10^5 UFC/mL, mostrando además una diferencia estadísticamente significativa ($p < 0.001$) frente a las demás condiciones evaluadas. Estos resultados respaldan el uso del biochar como soporte microbiano en la inmovilización de hongos antagonistas, con aplicaciones directas en el control biológico de patógenos agrícolas y en la promoción de sistemas productivos más sostenibles.

Agradecimientos

Agradecemos al Tecnológico de Antioquia Institución Universitaria-TdeA y al CODEI por el apoyo y la financiación brindada, en el marco del proyecto #206001379, los cuales fueron fundamentales para el desarrollo de este proyecto.

Referencias

1. V. A. Schommer, M. T. Nazari, F. Melara, J. C. A. Braun, A. Rempel, L. F. D. Santos, V. Ferrari, L. M. Colla, A. Dettmer, and J. S. Piccin. *Microbiol. Res.*, 2024, 278, 127534.
2. L. Yang, S. Li, W. Ahmed, T. Jiang, F. Mei, X. Hu, W. Liu, F. M. Abbas, R. Xue, X. Peng, and Z. Zhao. *Plants*, 2024, 13(21), 2952.
3. R. Nagashima, H. Hirose, and H. Matsuyama. *J. Appl. Polym. Sci.*, 2011, 121(1), 321–326.

Descubriendo nuevas terapias contra tripanosomiasis y leishmaniasis a partir de moléculas ya consideradas fármacos

Daniel A. Pardo^{1,2,3}, Juan M. Matiz^{2,4}, Juan S. Bravo², Paola A. Nocua², Juan C. Burgos⁵, Jorge Robles¹, Claudia L. Cuervo², Sol M. Mejía¹

¹Grupo de Fitoquímica Universidad Javeriana, Pontificia Universidad Javeriana, Colombia

²Grupo de Enfermedades Infecciosas, Pontificia Universidad Javeriana, Colombia
³Metabolomics Core Facility—MetCore, Vice-Presidency for Research, Universidad de los Andes, Colombia

⁴Unidad de Genética y Resistencia Antimicrobiana, Universidad El Bosque, Colombia

⁵Grupo de Modelado Computacional, Universidad de Cartagena, Colombia

E-mail: sol.mejia@javeriana.edu.co

Las enfermedades de Chagas y la leishmaniasis, causadas por *Trypanosoma cruzi* y *Leishmania spp.*, respectivamente, siguen siendo un reto en salud pública debido a la toxicidad, baja eficacia y creciente resistencia de los tratamientos disponibles¹. En este trabajo, presentamos un enfoque computacional para identificar nuevas moléculas con posible actividad tripanocida y leishmanicida mediante el reposicionamiento de fármacos². Para ello, desarrollamos un PathoFlow, un flujo de trabajo automatizado que integra análisis de similitud entre proteínas del parásito y del huésped humano, minería de datos en la base de datos ChEMBL, acoplamiento molecular (docking) y simulaciones de dinámica molecular. A través de esta estrategia, identificamos más de 3.000 compuestos con afinidad potencial hacia blancos terapéuticos en *T. cruzi* y *L. major*, y priorizamos aquellos en fases clínicas avanzadas. Luego de emplear la plataforma Cytoscape y obtener redes de interacción se destacaron 4 compuestos: Triclocarban, Forodesine, Clonadine, Volinaserin. Pasando a cálculos de acoplamiento molecular empleando Autodock vina v1.1.1 (sitio activo: molécula rígida y ligandos: flexibles) para el Triclocarban y el Forodesine y dinámica molecular de 300 ns empleando Gromacs (310 K y 1 atm) para los complejos con Forodesine. Los resultados sugieren una interacción estable mediada principalmente por puentes de hidrógeno y conservada entre el Forodesine y sus blancos parasitarios (ver Figura 1). El Forodesine, un fármaco originalmente desarrollado para el tratamiento de enfermedades oncológicas³, se propone en este estudio como un candidato potencial dirigido a nucleósido fosforilasa en ambos parásitos. No obstante, reconocemos que las predicciones *in silico* pueden arrojar falsos positivos y requieren validación experimental antes de considerar aplicaciones terapéuticas. En este sentido, se abre el camino para su validación experimental futura por parte del equipo multidisciplinario que integra este proyecto y/o la comunidad científica en general.

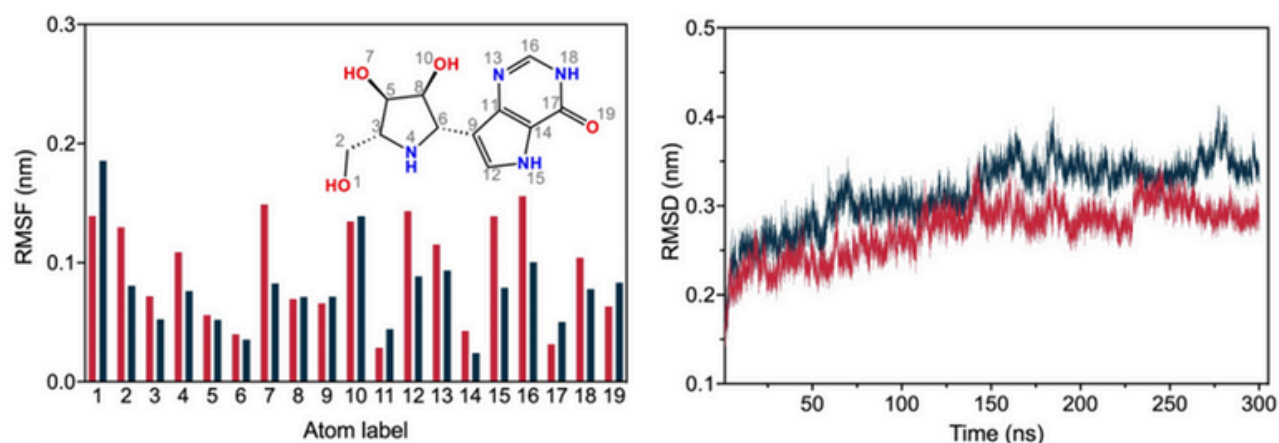


Fig. 1. Análisis de dinámica molecular del complejo Forodesine con Q4QHB3 (*L. Major*, color rojo) y Q4DKS7 (*T. cruzi*, color rojo). Izquierda) Fluctuación cuadrática media (RMSF) del ligando Forodesine. Derecha) Valor de la desviación cuadrática media (RMSD) para el esqueleto C- α de las proteínas en los complejos con Forodesine.

Agradecimientos

Este trabajo fue financiado por la Vicerrectoría de Investigación de la Pontificia Universidad Javeriana y hace parte del proyecto “Reposicionamiento de fármacos como estrategia para la búsqueda de moléculas tripanocidas y leishmanicidas” (ID propuesta: 20441).

Referencias

1. Jr. Rassi, A. Rassi, and J. A. Marin-Neto. Chagas disease. **Lancet**, 2010, 375, 1388–1402.
2. N. Nosengo, Can you teach old drugs new tricks? **Nature**, 2016, 534, 314–316.
3. K. Balakrishnan, et al. Forodesine, an inhibitor of purine nucleoside phosphorylase, induces apoptosis in chronic lymphocytic leukemia cells. **Blood**, 2006, 108, 2392–2398.

OBTENCIÓN DE BIOMEJORADORES DE SUELO A PARTIR DE BIOMASA RESIDUAL PROVENIENTE DE LA SUBREGIÓN DEL SUROESTE ANTIOQUEÑO APLICADOS EN CULTIVOS DE FRÍJOL URIBE ROSADO

Juan Manuel Adaime Otalvaro,¹ Cecilia Manrique Hernández¹, Andrea Stefania Garcia Torres², Johana Arboleda Echavarría¹, Adriana Patricia Echavarría Isaza¹, Laura Cristina Uran Castaño¹.

¹Grupo de Investigación Catalizadores y Adsorbentes, Instituto de Química, Universidad de Antioquia

²Universidad de Antioquia seccional suroeste

E-mail: juan.adaime@udea.edu.co

En el proceso de producción de café, solo el 5 % del peso del fruto fresco se utiliza en la preparación de la bebida, mientras que el 95 % restante corresponde a residuos agroindustriales. Entre estos, la cascarilla de café representa una fracción significativa, siendo un subproducto abundante en la región del suroeste colombiano¹. Esta alta disponibilidad plantea una oportunidad estratégica para su transformación en productos de valor agregado, contribuyendo a la sostenibilidad del sector y al fortalecimiento de la cadena de valor del café. En este contexto, el presente trabajo tiene como objetivo la obtención de un biocarbón (biochar) a partir de cascarilla de café, y la evaluación de su potencial como mejorador de suelos en cultivos de interés alimentario. Para su producción, se utilizó un microgasificador autotérmico tipo tiro ascendente, construido con materiales reciclables, con el fin de demostrar que esta tecnología puede ser accesible, de bajo costo y con bajo consumo energético. El reactor operó con una rampa de calentamiento de 1 °C/min hasta una temperatura máxima de 500 °C. El biochar obtenido fue caracterizado mediante técnicas DRX, FRX, TGA, FTIR, CHNOS y adsorción de N₂.

Tabla 1. Contenido de macronutrientes en muestra de biochar

Macronutriente	Compuesto	Composición (% m/m)
Potasio	K ₂ O	57,18
Fósforo	P ₂ O ₅	8,46
Calcio	CaO	15,07
Magnesio	MgO	6,05

El análisis FRX del biochar y de la ceniza, obtenidos luego del procesamiento de la cascarilla, evidenció un alto contenido de macronutrientes como calcio, potasio y fósforo, sin presencia de metales pesados, lo que sugiere su viabilidad para aplicarse en suelos agrícolas sin representar riesgos ambientales. Asimismo, se realizó la caracterización fisicoquímica del suelo objetivo, ubicado en una zona cafetera de interés, evaluando parámetros como capacidad de intercambio catiónico (CIC), contenido de carbono orgánico, materia orgánica, nutrientes, pH y conductividad eléctrica, siguiendo normativas NTC.

Para evaluar el efecto biomejorador del biochar, se diseñó un experimento con tres proporciones (%P/P) de biochar-suelo (1 %, 3 % y 5 %), además de un control. Se utilizó frijol Uribe rosado como cultivo modelo, por su relevancia alimentaria regional y su ciclo corto. El seguimiento del crecimiento de las plántulas se realizó en una cámara climática de 720 L, con control de humedad (70%), temperatura (26°C) y luz (16 horas de luz – 8 horas oscuridad). Se tomaron muestras quincenales para evaluar el impacto del biochar en las propiedades del suelo.

Los resultados muestran que la CIC y el contenido de carbono orgánico aumentaron hasta en un 10 % y 20 %, respectivamente, en comparación al control. El pH del suelo se desplazó hacia valores ligeramente básicos (promedio de 8,12), y la conductividad eléctrica se incrementó entre un 10 y 30 %. El uso de biochar en propiedades agronómicas como el diámetro de tallo, la altura de plántula y el peso del sistema radicular/aéreo demostró un aumento significativo de más del 50% en cada una de estas variables, lo que evidencia su eficacia como biomejorador en sistemas agrícolas. Estos resultados respaldan su capacidad para optimizar parámetros relacionados con la fertilidad del suelo sin comprometer su calidad ambiental. Además, su producción mediante tecnologías accesibles y el aprovechamiento de residuos agroindustriales refuerzan su viabilidad en contextos rurales, promoviendo prácticas de economía circular especialmente en territorios cafeteros.

Agradecimientos

Se agradece al proyecto Obtención de bio mejoradores de suelo a partir de biomasa residual proveniente del suroeste antioqueño. Financiado con recursos del CODI de la Universidad de Antioquia, a través de la convocatoria Proyectos de Investigación de Regionalización 2023.

Referencias

1. Y. Fernández-Cortés, K. D. Sotto-Rodríguez and L. A. Vargas-Marín. *Prod. + Limpia*, 2020, 15, 93–110.

Uso de metanol en una celda de papel empleando ZnO-ZnS/C como ánodo sintetizado a partir de cáscara de banano

Marta Mediavilla,^{1,2} Aída Luz Villa,¹ Andrés Dector,² Juan Manuel Olivares-Ramírez,³ Leticia E. Pérez Pérez,³ Diana M. Amaya-Cruz⁴

¹Grupo Catálisis Ambiental, Facultad de Ingeniería, Universidad de Antioquia, Medellín

²Facultad de Ingeniería, Universidad Central de Venezuela, Caracas

²SECIHTI-Universidad Tecnológica de San Juan del Río, San Juan del Río, Querétaro

³Universidad Tecnológica de San Juan del Río, San Juan del Río, Querétaro

⁴Universidad Autónoma de Querétaro, Facultad de Ingeniería, Campus Amealco, Amealco, Querétaro

E-mail: qmarta338@gmail.com

Las celdas microfluídicas (μ FCs) representan una alternativa prometedora para la conversión limpia de energía química en eléctrica, aprovechando el flujo laminar de líquidos a microescala, reduciendo el tamaño del sistema y permitiendo una gestión precisa del combustible. Las celdas de combustible μ FCs representan una fuente de energía para dispositivos microelectrónicos debido a la capacidad de usar combustibles líquidos como el alcohol; adicionalmente, es de interés el desarrollo de ánodos eficientes y de costo bajo. Este trabajo explora la incorporación de un material compuesto de óxido y sulfuro de zinc soportado en carbono (ZnO-ZnS/C) en celdas de combustible μ FCs con el fin de desarrollar sistemas energéticos portátiles más eficientes, sostenibles y de bajo costo. El material ZnO-ZnS/C fue sintetizado a partir de cáscaras de banano y sulfato de zinc en una relación molar de sulfato de zinc/cáscara de banano de 2:1, mediante un proceso térmico en atmósfera de nitrógeno a 500 °C por 1 h. Por difracción de rayos-X y microscopía electrónica de barrido se determinó la presencia de especies de ZnO y ZnS bien dispersas sobre la superficie del carbón. El material presentó una estructura micro-mesoporosa, y una energía de banda prohibida de 1,9 eV. El espectro Raman del material sintetizado mostró señales alrededor de 1580 cm^{-1} y 1350 cm^{-1} , que corresponden a la banda G y la banda D características de carbono grafítico y a defectos o desorden en la estructura del material². La relación de intensidad D/G fue 0.90, lo que indica un grado moderado de grafritización acompañado por una cantidad significativa de defectos estructurales. Este equilibrio es particularmente ventajoso en aplicaciones de celdas de combustible μ FCs de papel, donde tanto una alta conductividad eléctrica como la presencia de sitios defectuosos desempeñan un papel crucial.

La celda fue construida con una placa de acrílico con una abertura pequeña en la parte central, por el cual ingresaba el oxígeno al cátodo de la celda; la placa se sujetó con dos caimanes que cumplían la función de electrodos, y que sostenían un trozo de papel Toray al 40%, los cuales fueron dopados con Pt/C (cátodo) y el otro con ZnO-ZnS/C (ánodo). En esta investigación, se empleó como combustible metanol a distintas concentraciones (0.1, 0.5 l y 1.5 M) evaluando su desempeño electroquímico. La Tabla 1 presenta los valores de voltaje, densidad de corriente y densidad de potencia obtenidos en la celda μ FC usando metanol como combustible.

Tabla. 1. Desempeño electroquímico de la celda de combustible μ FC evaluada a diferentes concentraciones de metanol, empleando Pt/C como cátodo y ZnO-ZnS/C como ánodo

Concentración de metanol (M)	Voltaje (V)	Densidad de corriente (mA cm^{-2})	Densidad de potencia (mW cm^{-2})
0.1	1.2029	0.2302	0.0436
0.5	0.9960	0.1996	0.0293
1.0	0.9020	0.1521	0.0176
1.5	0.7498	0.0612	0.0049

Los resultados del análisis electroquímico indicaron que el sólido utilizado como ánodo fue estable respecto a las descargas realizadas y fue catalíticamente activo para la oxidación de metanol. Mediante la metodología establecida se encontró que en el ánodo se presentó una disminución baja en los valores en el voltaje, la densidad y la corriente, lo cual no afectó las corridas en las curvas de descarga. Los ensayos realizados muestran el potencial del material ZnO-ZnS/C sintetizado a partir de cáscara de banano como ánodo de una celda de papel utilizando metanol como combustible, abriendo el camino para que este tipo de sustancias puedan ser empleadas en dispositivos electroquímicos de bajo costo, que se direccionen como posibles fuentes de poder en dispositivos portátiles.

Agradecimientos

MM y ALV agradecen a la Universidad de Antioquia el apoyo financiero para realizar la investigación. ADE agradece su apoyo a SECIHTI y la Universidad Tecnológica de San Juan del Río.

Referencias

1. M. Mediavilla, L.F. Valencia, C.L. Quiroz-Vela, H. Zúñiga-Benítez, A.L. Villa, and G.A. Peñuela. **Water, Air, & Soil Pollution**, 2025, 236(9), 578-591.
2. C. Guizani, K. Haddah, L. Limousy, and M. Jeguirim. **Carbon**, 2017, 119, 519-521.

Transformación de residuos agroindustriales en materiales porosos funcionales con actividad antimicrobiana

Mariana Gallego¹, Cecilia Manrique¹, Laura Cristina Uran¹, Johana Arboleda¹, Adriana Echavarría¹.
Grupo de Investigación Catalizadores y adsorbentes, Universidad de Antioquia, Medellín – Colombia.

¹

E-mail: mariana.gallego4@udea.edu.co

La presencia de sustancias nocivas en el suministro de agua potable representa una amenaza para la salud pública y agrava la escasez de agua limpia y segura. Los materiales inorgánicos porosos, como las redes metal-orgánicas (MOF), han demostrado un gran potencial en la adsorción de contaminantes. Sin embargo, estos materiales presentan limitaciones como baja resistencia térmica y mecánica, además de perder eficiencia en el tratamiento del agua debido a su limitada estabilidad ¹. Una estrategia para superar estas dificultades es la funcionalización de la superficie de los MOF con materiales más estables y resistentes, como el biochar. Este trabajo se enfoca en la búsqueda de soluciones para la mitigación de la contaminación ambiental generada por *i)* residuos orgánicos industriales de mayor impacto en la región y en el país, *ii)* y agentes microbianos presentes en aguas contaminadas, como *Escherichia coli* y *Staphylococcus aureus*. Para lograrlo, se propuso la síntesis de materiales porosos a partir de biochar obtenido mediante el tratamiento térmico de residuos agroindustriales provenientes de regiones de Antioquia, como la cascarilla de arroz, la cascarilla de café y los tallos de flores de hortensias y su funcionalización con redes metal-orgánicas, específicamente el Ni-MOF-74, con el propósito de aumentar su estabilidad térmica y en solución, maximizando así su capacidad para adsorber contaminantes ambientales de alto impacto. Los materiales obtenidos fueron caracterizados mediante DRX, TGA, FT-IR, FRX y SEM. Los análisis realizados mediante DRX y FT-IR corroboraron la naturaleza amorfa del biochar y la cristalinidad del Ni-MOF-74. Estos picos también se detectaron en el híbrido, aunque reducidos debido a la presencia del biochar similar a los sistemas GO@MOF ² lo que sugiere una coexistencia de ambos materiales. Los análisis de TGA mostraron que los biochar presentan alta estabilidad térmica que se transfiere al material híbrido, lo que incrementa su resistencia frente al MOF puro. Los análisis de FRX y EDX corroboraron la existencia de diferentes elementos como Si, K y Ca según la biomasa de origen. Las micrografías SEM mostraron que el Ni-MOF-74 forma aglomerados esféricos con superficie rugosa, mientras que los biochar presentan superficies irregulares y porosas, típicas de materiales carbonosos pirolizados. En el híbrido, se observó una morfología compuesta que conserva características de ambos componentes. Los materiales sintetizados mostraron actividad antimicrobiana frente a cepas bacterianas como *Escherichia coli* y *Staphylococcus aureus*.

Agradecimientos

Al grupo Catalizadores y Adsorbentes de la Universidad de Antioquia por su apoyo en el desarrollo de este trabajo.

Referencias

1. M. Mohamedali, D. Nath, H. Ibrahim, A. Henni. Greenhouse Gases, 2016, Rijeka, Croatia, InTech, pp. 115–154.
2. M. Saeed-Ul-Hassan, M. Ehtisham, A.K. Badawi, et al. Nanoscale Adv., 2024, 6(14), 3668–3679.

Hidrólisis enzimática del permeado de suero lácteo para la obtención de un aditivo alimentario con valor agregado

Natalia Andrea Ramírez Saldarriaga,^{1,2} Dubán González-Álvarez,² Maritza Andrea Gil Garzón,³

¹ALSEC Alimentos Secos SAS BIC, La Estrella, Antioquia, Colombia

²Grupo de Investigación en Alimentos (GRIAL), Facultad de Ingeniería, Corporación Universitaria Unilasallista, Caldas, Antioquia, Colombia

³Grupo de química Básica, Aplicada y Ambiente, (Alquimia) Facultad de Ciencias Exactas y Aplicadas, Instituto Tecnológico Metropolitano – ITM, Medellín, Antioquia, Colombia
E-mail: qramirez14@unilasallista.edu.co

Este estudio aborda las necesidades de la industria láctea colombiana en cuanto al aprovechamiento del suero de leche y su componente principal, la lactosa, que se obtiene en forma de permeado de suero tras el fraccionamiento por membranas. Esta investigación busca optimizar la hidrólisis enzimática de la lactosa utilizando una enzima comercial para mejorar las propiedades fisicoquímicas y sensoriales del hidrolizado, proporcionando así un aditivo alimentario versátil con valor añadido. La actividad enzimática de la β -galactosidasa comercial en el permeado de suero se evaluó mediante cinética enzimática con concentraciones variables de sustrato. Posteriormente, se realizó un Diseño Compuesto Central (CCD) para optimizar el proceso de hidrólisis respecto a la concentración de lactosa, variando la relación enzima-sustrato y el tiempo de proceso. Se determinaron las condiciones óptimas de operación bajo los parámetros evaluados. El hidrolizado óptimo se caracterizó microbiológicamente y fisicoquímicamente y, finalmente, se evaluó como aditivo en la producción de dulce de leche y helado mediante pruebas sensoriales hedónicas. Las condiciones óptimas de operación para una relación enzima-sustrato de 2,3 g/L fueron: concentración de sustrato (211,8 g/L) y tiempo de hidrólisis (2,66 h), logrando una tasa de hidrólisis superior al 80%. El hidrolizado óptimo presentó características fisicoquímicas y microbiológicas ideales, lo que lo hace apto para su uso como aditivo alimentario de valor añadido, lo que permite su aplicación en helados y dulce de leche. La incorporación de hidrolizado de lactosa a productos lácteos resultó en productos con alta aceptación en pruebas hedónicas, demostrando mejoras significativas en sus características y validando su potencial como aditivo alimentario de valor añadido.

Referencias

1. L. J. Beltran and C. A. Acosta. **Hechos Microbiológicos**, 2012, 3, 25-35.
2. A. Bosso, A. C. Iglecias Setti, A. B. Tomal, S. Guemra, L. R. I. Morioka, and H. H. Suguimoto. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, 2019, 21, 101-335.
3. K. Boudjema, F. Fazouane-Naimi, K. Güven, F. M. Bekler, O. Acer, and A. Hellal. **Research Journal of Biotechnology**, 2016, 11, 35-43.
4. Capdevila, M. E. Vales, C. Gely, and A. Pagano. **Avances En Ciencias e Ingeniería**, 2020, 11, 1-17.
5. J. M. L. N. de Moura Bell, L. F. M. C. Aquino, Y. Liu, J. L. Cohen, H. Lee, V. L. de Melo Silva, M. I. Rodrigues, and D. Barile. **Journal of Dairy Science**, 2016, 99, 6157-6163.
6. A. T. S. E Alves, L. M. Spadoti, P. B. Zacarchenco, and F. K. H. S. Trento. **Beverages**, 2018, 4, 1-9.
7. J. A. Gómez Soto and Ó. J. Sánchez Toro. **Ingeniería y Desarrollo**, 2019, 37, 129-158.
8. P. M. R. Guimarães, J. A. Teixeira, and L. Domingues. **Biotechnology Advances**, 2010, 28, 375-384.
9. J. Kumar, A. Pandey, and S. P. Singh. **Biomass, Biofuels, Biochemicals: Advances in Enzyme Catalysis and Technologies**, 2020, 3-10.
10. V. Kumar, D. K. Sharma, P. P. Sandhu, J. Jadaun, R. S. Sangwan, and S. K. Yadav. **Cellulose**, 2021, 28, 103-116.
11. X. Liao, Y. Xie, K. Y. Liao, Y. Y. Lee, C. P. Tan, Y. Wang, and C. Qiu. **Journal of Food Engineering**, 2025, 387, 112-304.
12. N. Nesakumar, S. Sethuraman, U. M. Krishnan, and J. B. B. Rayappan. **Journal of Computational and Theoretical Nanoscience**, 2014, 11, 2588-2595.
13. F. Rengel dos Passos, K. Lopes Maestre, B. Florêncio da Silva, A. C. Rodrigues, C. Contini Triques, H. Alves Garcia, M. R. Fagundes-Klen, E. Antonio da Silva, and M. L. Fiorese. **Food Chemistry**, 2021, 353, 129-486.
14. A. I. Rodríguez-Basantes, C. A. Abad-Basantes, A. Pérez-Martínez, and K. Diéguez-Santana. **Biotechnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial**, 2020, 18, 166-175.
15. C. Thum, V. Weinborn, D. Barile, W. C. McNabb, N. C. Roy, and J. M. L. N. De Moura Bell. **Molecules**, 2019, 24, 32-94.

Uso de metanol en una celda de papel empleando ZnO-ZnS/C como ánodo sintetizado a partir de cáscara de banano

Marta Mediavilla,^{1,2} Aída Luz Villa,¹ Andrés Dector,² Juan Manuel Olivares-Ramírez,³ Leticia E. Pérez Pérez,³ Diana M. Amaya-Cruz⁴

¹Grupo Catálisis Ambiental, Facultad de Ingeniería, Universidad de Antioquia, Medellín

²Facultad de Ingeniería, Universidad Central de Venezuela, Caracas

²SECIHTI-Universidad Tecnológica de San Juan del Río, San Juan del Río, Querétaro

³Universidad Tecnológica de San Juan del Río, San Juan del Río, Querétaro

⁴Universidad Autónoma de Querétaro, Facultad de Ingeniería, Campus Amealco, Amealco, Querétaro

E-mail: qmarta338@gmail.com

Las celdas microfluídicas (μ FCs) representan una alternativa prometedora para la conversión limpia de energía química en eléctrica, aprovechando el flujo laminar de líquidos a microescala, reduciendo el tamaño del sistema y permitiendo una gestión precisa del combustible. Las celdas de combustible μ FCs representan una fuente de energía para dispositivos microelectrónicos debido a la capacidad de usar combustibles líquidos como el alcohol; adicionalmente, es de interés el desarrollo de ánodos eficientes y de costo bajo. Este trabajo explora la incorporación de un material compuesto de óxido y sulfuro de zinc soportado en carbono (ZnO-ZnS/C) en celdas de combustible μ FCs con el fin de desarrollar sistemas energéticos portátiles más eficientes, sostenibles y de bajo costo. El material ZnO-ZnS/C fue sintetizado a partir de cáscaras de banano y sulfato de zinc en una relación molar de sulfato de zinc/cáscara de banano de 2:1, mediante un proceso térmico en atmósfera de nitrógeno a 500 °C por 1 h. Por difracción de rayos-X y microscopía electrónica de barrido se determinó la presencia de especies de ZnO y ZnS bien dispersas sobre la superficie del carbón. El material presentó una estructura micro-mesoporosa, y una energía de banda prohibida de 1,9 eV. El espectro Raman del material sintetizado mostró señales alrededor de 1580 cm^{-1} y 1350 cm^{-1} , que corresponden a la banda G y la banda D características de carbono grafítico y a defectos o desorden en la estructura del material². La relación de intensidad D/G fue 0.90, lo que indica un grado moderado de grafritización acompañado por una cantidad significativa de defectos estructurales. Este equilibrio es particularmente ventajoso en aplicaciones de celdas de combustible μ FCs de papel, donde tanto una alta conductividad eléctrica como la presencia de sitios defectuosos desempeñan un papel crucial.

La celda fue construida con una placa de acrílico con una abertura pequeña en la parte central, por el cual ingresaba el oxígeno al cátodo de la celda; la placa se sujetó con dos caimanes que cumplían la función de electrodos, y que sostenían un trozo de papel Toray al 40%, los cuales fueron dopados con Pt/C (cátodo) y el otro con ZnO-ZnS/C (ánodo). En esta investigación, se empleó como combustible metanol a distintas concentraciones (0.1, 0.5 l y 1.5 M) evaluando su desempeño electroquímico. La Tabla 1 presenta los valores de voltaje, densidad de corriente y densidad de potencia obtenidos en la celda μ FC usando metanol como combustible.

Tabla. 1. Desempeño electroquímico de la celda de combustible μ FC evaluada a diferentes concentraciones de metanol, empleando Pt/C como cátodo y ZnO-ZnS/C como ánodo

Concentración de metanol (M)	Voltaje (V)	Densidad de corriente (mA cm^{-2})	Densidad de potencia (mW cm^{-2})
0.1	1.2029	0.2302	0.0436
0.5	0.9960	0.1996	0.0293
1.0	0.9020	0.1521	0.0176
1.5	0.7498	0.0612	0.0049

Los resultados del análisis electroquímico indicaron que el sólido utilizado como ánodo fue estable respecto a las descargas realizadas y fue catalíticamente activo para la oxidación de metanol. Mediante la metodología establecida se encontró que en el ánodo se presentó una disminución baja en los valores en el voltaje, la densidad y la corriente, lo cual no afectó las corridas en las curvas de descarga. Los ensayos realizados muestran el potencial del material ZnO-ZnS/C sintetizado a partir de cáscara de banano como ánodo de una celda de papel utilizando metanol como combustible, abriendo el camino para que este tipo de sustancias puedan ser empleadas en dispositivos electroquímicos de bajo costo, que se direccionen como posibles fuentes de poder en dispositivos portátiles.

Agradecimientos

MM y ALV agradecen a la Universidad de Antioquia el apoyo financiero para realizar la investigación. ADE agradece su apoyo a SECIHTI y la Universidad Tecnológica de San Juan del Río.

Referencias

1. M. Mediavilla, L.F. Valencia, C.L. Quiroz-Vela, H. Zúñiga-Benítez, A.L. Villa, and G.A. Peñuela. **Water, Air, & Soil Pollution**, 2025, 236(9), 578-591.
2. C. Guizani, K. Haddah, L. Limousy, and M. Jeguirim. **Carbon**, 2017, 119, 519-521.

Identificación de compuestos antifúngicos contra un nuevo blanco molecular en el hongo patógeno *Histoplasma capsulatum* combinando simulaciones computacionales y experimentos *in vitro*

Johann E. Bedoya-Cardona,¹ Marcela Rubio-Carrasquilla, ¹ Ernesto Moreno ¹

¹Universidad de Medellín

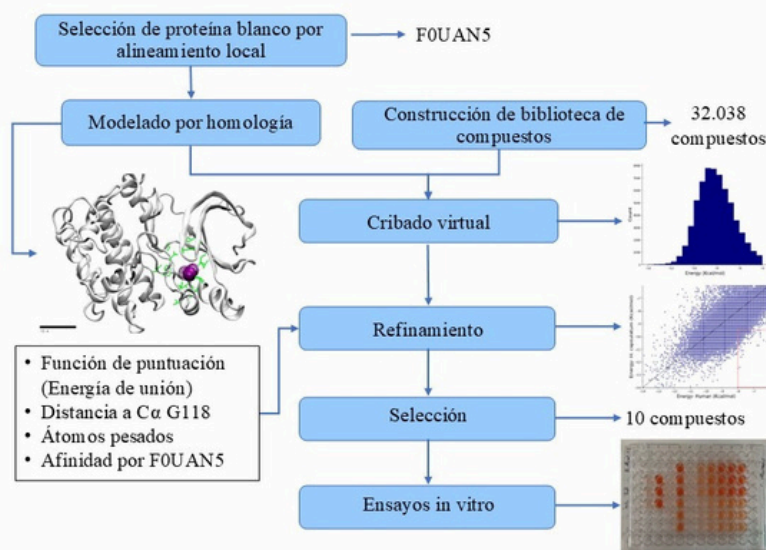
E-mail: jbedoya804@soyudemedellin.edu.co

Las vías de señalización MAPK (mitogen-activated protein kinase) regulan procesos como la proliferación y supervivencia celular, y son altamente conservadas en células eucariotas. Particularmente, las quinasas MEK1/2 han sido muy estudiadas en humanos por su rol en cáncer y constituyen un blanco farmacológico importante ¹. En este estudio, a partir de una estrategia propia de búsqueda e identificación de posibles blancos para el tratamiento de micosis ², se seleccionó una proteína ortóloga de MEK1 humana en el hongo patógeno *Histoplasma capsulatum*, con el propósito de identificar inhibidores específicos de esta enzima del hongo (código en base de datos Uniprot: F0UAN5), combinando técnicas computacionales y experimentales.

Se construyó un modelo estructural de la región del sitio de unión de la enzima F0UAN5, usando como referencia una estructura cristalográfica de MEK1 humana. A partir de este modelo, se identificó que la mutación L118G amplía el volumen del sitio de unión en la proteína del hongo, lo que representa una oportunidad para el diseño selectivo de fármacos, que inhiban preferencialmente la enzima del hongo. Este modelo se sometió a cribado virtual contra más de 32,000 compuestos bioactivos comerciales para predecir afinidades de unión, aplicando filtros de energía, peso molecular y proximidad espacial al residuo clave G118. Se priorizaron moléculas

con predicciones de mayor afinidad por el sitio activo del hongo y menor afinidad por la proteína humana.

De este análisis se seleccionaron diez compuestos para ser evaluados en ensayos *in vitro* en cuanto a su capacidad de inhibir el crecimiento del hongo *H. capsulatum*, además de su citotoxicidad en líneas celulares humanas. Como resultado, cinco moléculas mostraron inhibición significativa del crecimiento fúngico. Varios de los compuestos evaluados mostraron también toxicidad en células humanas, no obstante, tres de estos compuestos: diclorhidrato de puromicina, UVI 3003 y OGT-IN-2, mostraron concentraciones inhibitorias (IC₅₀) al menos 3 veces menores contra *H. capsulatum*, respecto a los valores observados en líneas celulares humanas, lo que sugiere que dichos compuestos o sus derivados pueden tener mayor especificidad por proteínas de *H. capsulatum*, y por lo tanto pueden servir como punto de partida en estudios futuros, donde se exploren y ensayen un conjunto mayor de moléculas.



Nombre del compuesto	IC50 (μM) *		
	<i>H. capsulatum</i>	Células A431	Células HEK 293A
ADB-CHMICA	>271	ND**	>271
27-hydroxy Cholestenone	> 250	ND	63
PD 173212	> 167	ND	<10
MSX-130	>58	ND	<4
Puromycin dihydrochloride	3	<11	<12
UVI 3003	2	13	21
Gboxin	<8	<16	13
AGI-5198	>216	ND	>216
(R)-VU 6008667	12	<14	<14
OGT-IN-2	<7	20	25

Fig. 1. Metodología computacional y experimental empleada (panel izquierdo). Resultados de los ensayos de inhibición del crecimiento de *H. capsulatum*, y citotoxicidad en líneas celulares humanas (panel derecho).

Agradecimientos

A la Universidad de Medellín y al Programa de Becas de Excelencia Doctoral del Bicentenario.

Referencias

1. B. D. Cuevas, A. N. Abell and G. L. Johnson, **Oncogene**, 2007, 26, 3159–3171.
2. J. E. Bedoya-Cardona, M. Rubio-Carrasquilla, I. M. Ramírez-Velásquez, M. S. Valdés-Tresanco and E. Moreno, **Molecules**, 2023, 28, 692.

Desarrollo de celdas solares de perovskita NIP con electrodo de carbono con potencial aplicación en la producción de hidrógeno verde

Ana Sofía Gómez Hernández^{1*}, Geraldine Rivera¹, Juan José Patiño¹, Juan Felipe Montoya^{1,2}, Daniel Ramírez¹ y Franklin Jaramillo Isaza¹

¹Centro de Investigación, Innovación y Desarrollo de Materiales – CIDEMAT, Facultad de Ingeniería, Universidad de Antioquia

²Grupo de Catalizadores y Adsorbentes (CATALAD), Instituto de Química, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Antioquia.

E-mail: sofia.gomez3@udea.edu.co

La producción de hidrógeno verde mediante procesos fotoelectroquímicos (PEC) representa una estrategia fundamental para avanzar hacia un sistema energético sostenible y con bajas emisiones de carbono. Sin embargo, el desarrollo de fotoánodos estables y de bajo costo continúa siendo un desafío debido a la degradación de los materiales, la ineficiente transferencia de carga y la dependencia de catalizadores costosos. En este contexto, los fotoelectrodos basados en perovskitas híbridas de plomo haluro emergen como candidatos altamente prometedores debido a su capacidad de absorber eficientemente la luz solar y generar portadores de carga con alta movilidad. Para lograr este objetivo, se requiere como paso inicial el desarrollo de celdas solares con electrodos de carbono y capas transportadoras de carga inorgánicas que permitan su funcionamiento en contacto con un electrolito.

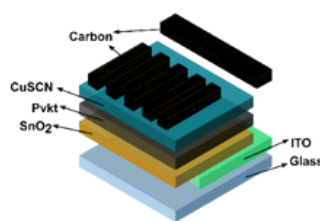


Fig 1. Esquema celda NIP

El presente trabajo tiene como objetivo la fabricación de celdas solares con estructura NIP (Vidrio/ITO/SnO₂/FAPbI₃/CuSCN/Carbono) cuya arquitectura se ilustra en la figura 1. Las celdas solares desarrolladas tienen potencial aplicación en la reacción de evolución de oxígeno (OER), gracias a la integración de capas funcionales que permiten incrementar la eficiencia y estabilidad del dispositivo. En particular, se desarrolló una capa transportadora de electrones (SnO₂) mediante el uso de suspensiones de nanopartículas que permiten disminuir los tiempos de procesamiento y favorecen una capa más compacta con respecto a otras capas de SnO₂ del estado del arte. La capa de CuSCN se incorporó como material de transporte de huecos inorgánico y de bajo costo, donde se obtuvo una capa uniforme que garantizó una extracción de carga eficiente y una menor recombinación en la interfase, lo cual impactó directamente en el rendimiento de la celda; por último, para el electrodo películas presentaron una morfología homogénea y compacta, que pueden contribuir a la reacción de evolución de oxígeno y genera una estabilidad adicional por medio de una barrera protectora frente al ingreso de agua hacia la capa de perovskita.

Este proyecto busca demostrar que, mediante un diseño cuidadoso de capas y el uso de materiales abundantes, es posible desarrollar celdas solares estables y escalables que representen una alternativa con potencial aplicación en fotoelectrodos de perovskita. De esta manera, se contribuiría al avance en la producción sostenible de hidrógeno verde, con un impacto directo en la transición energética global.

Agradecimientos

Agradezco al grupo de investigación CIDEMAT y a la Universidad de Antioquia por su apoyo en el desarrollo de este proyecto.

Referencias

- [1] C. A. Velásquez, J. J. Patiño, K. Ballestas, F. Jaramillo, J. F. Montoya, and D. Ramírez. *Small*, 2025, 21, e2412713.
- [2] J. J. Patiño López, M. F. Vásquez-Montoya, C. A. Velásquez, S. Cartagena, J. F. Montoya, M. A. Martínez-Puente, D. Ramírez, and F. Jaramillo. *ACS Appl. Mater. Interfaces*, 2023, 15, 56547–56555.
- [3] C. A. Velásquez, J. J. Patiño, K. Ballestas, J. F. Montoya, D. Ramírez, and F. Jaramillo. *Adv. Sustainable Syst.*, 2024, 9, 2400571.

Estudio del efecto del polvo de perovskita $FAPbI_3$ como precursor en la fabricación de películas delgadas

Vanessa Grisales¹, Juan José Patiño¹, Juan Felipe Montoya^{1,2}, y Franklin Jaramillo¹

¹ Centro de Investigación, Innovación y Desarrollo de Materiales – CIDEMAT, Facultad de Ingeniería, Universidad de Antioquia, Calle 67 # 52-21, Medellín, Colombia

² Grupo de Catalizadores y Adsorbentes – CATALAD, Instituto de Química, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Antioquia, Calle 70 # 52-21, Medellín, Colombia
E-mail (v.grisales@udea.edu.co)

Las perovskitas de plomo haluro han emergido en los últimos años como materiales altamente prometedores para la generación de energía fotovoltaica, alcanzando eficiencias certificadas superiores al 26,95%¹. Entre ellas, la perovskita de yoduro de plomo formamidinio ($FAPbI_3$) es uno de los sistemas más atractivos debido a su ancho de banda de energía prohibida adecuado, alto coeficiente de absorción de luz y buenas propiedades de transporte de carga². Sin embargo, presenta dos fases cristalinas: la fase α , negra y cúbica, que es fotoactiva pero inestable bajo condiciones ambientales; y la fase δ , amarilla y hexagonal, que es estable a temperatura ambiente pero ópticamente inactiva³.

En este trabajo se emplearon tres rutas diferentes para la obtención de películas delgadas de perovskita: la primera, la preparación directa a partir de *sales precursoras* ($FAI + PbI_2$), la segunda, el uso de *polvo δ - $FAPbI_3$* sintetizado desde solución y posteriormente transformado, y finalmente, el uso de *polvo α - $FAPbI_3$* pre-sintetizado. El objetivo fue comparar la calidad estructural y la estabilidad de las películas obtenidas a partir de cada estrategia.

La síntesis del *polvo δ - $FAPbI_3$* se realizó mediante la reacción en acetonitrilo de PbI_2 con FAI , obteniéndose un polvo amarillo con alto rendimiento y buena estabilidad química. La fase δ se confirmó por difracción de rayos X (DRX). Posteriormente, se estudió su transformación a la fase α mediante diferentes tratamientos térmicos. Primero se aplicó un recocido en plancha durante 15, 25 y 35 minutos a 70 °C, observándose aún presencia de la fase δ en los patrones de DRX. Con el fin de optimizar el proceso, se realizó un análisis de calorimetría diferencial de barrido (DSC), que indicó un rango de transición entre 140 y 160 °C. A partir de esta información, el polvo δ fue tratado en horno a 160 °C bajo condiciones de vacío y sin vacío, con tiempos de 15, 45 y 60 minutos. Los resultados mostraron que únicamente bajo vacío se logró la conversión completa a la fase α , alcanzándose esta transformación a los 45 minutos.

El *polvo α - $FAPbI_3$* se obtuvo mediante transformación controlada del δ bajo las condiciones óptimas establecidas (160 °C, 45 min, vacío). Tanto los polvos δ y α como las sales precursoras fueron empleados posteriormente en la fabricación de películas delgadas. Estas películas fueron caracterizadas mediante DRX, lo que permitió comparar la calidad de fase y el grado de pureza de cada estrategia.

En conclusión, este estudio permitió establecer las condiciones experimentales específicas para la síntesis y transformación del polvo δ - $FAPbI_3$, así como evaluar su desempeño frente a polvos α y sales en la fabricación de películas delgadas con potencial fotovoltaico. Los resultados confirman que el uso de polvos pre-sintetizados representa una vía prometedora para mejorar la calidad y estabilidad de las películas de $FAPbI_3$, aportando una base sólida para su futura implementación en dispositivos fotovoltaicos.

Agradecimientos

Agradezco al grupo de investigación y al proyecto. “Desarrollo de capacidades para la generación de energía eléctrica para enfrentar los retos de diversificación descentralización y demanda en entornos urbanos y rurales de los departamentos de Antioquia Risaralda caldas y Quindío”, BPIN 2023000100025 por permitirme la participación en la síntesis y caracterización de los materiales. También al profesor Jan Felipe Montoya por sus aportes y discusión y a Juan José Patiño por su apoyo técnico durante el desarrollo experimental del estudio.

Referencias

1. National Renewable Energy Laboratory (NREL). Best Research-Cell Efficiency Chart. Disponible en: <https://www.nrel.gov/pv/cell-efficiency>
2. Zhang, Y.; Seo, S.; Lim, S. Y.; Kim, Y.; Kim, S. G.; Lee, D. K.; Park, N. G. *ACS Energy Lett.*, 2020, 5, 360–366. <https://doi.org/10.1021/acsenenergylett.9b02348>
3. Solis, O. E.; Fernández-Saiz, C.; Rivas, J. M.; Esparza, D.; Turren-Cruz, S.-H.; Julián-López, B.; Boix, P. P.; Mora-Seró, I. *Electrochim. Acta*, 2023, 439, 141701. <https://doi.org/10.1016/j.electacta.2022.141701>

APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS DE CAFÉ PARA LA OBTENCIÓN DE BIOCHAR Y SU IMPACTO EN EL DESEMPEÑO DE PASTAS DE CEMENTO

Gabriela Montoya Gil,¹ Lina María Chica Osorio,² Nancy Yamile Acelas Soto,³ María Angelica Forgionny Flórez,⁴ Isabella Escobar Barrientos,⁵ Semillero de investigación grupo GICI6

¹Universidad de Medellín, ²Universidad de Medellín, ³Universidad de Medellín, ⁴Universidad de Medellín, ⁵Universidad de Medellín, ⁶Universidad de Medellín

E-mail: gmontoya656@soyudemedellin.edu.co

El aprovechamiento de subproductos del café en materiales de construcción¹ representa una estrategia alineada con la economía circular². En este trabajo se evaluó el biochar obtenido a partir de dichos subproductos como aditivo en pastas de cemento. El material se produjo mediante pirólisis controlada³ a 300, 500 y 700 °C, y se caracterizó por espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier (FTIR)⁴, identificando grupos funcionales relevantes para su interacción con la matriz cementicia. El biochar se incorporó en proporciones del 10 % y 15 %⁵ en peso, elaborándose pastas sometidas a ensayos de consistencia y fraguado. Los resultados mostraron que, además de modificar la trabajabilidad, el biochar actuó como acelerante⁶ en los tiempos de fraguado, lo que resalta su potencial en la valorización de subproductos bajo un enfoque de economía circular.

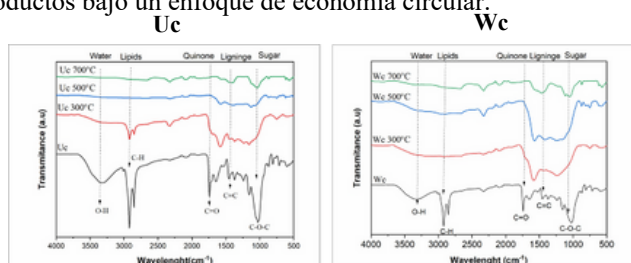


Fig. 1 Caracterización del biochar por medio de FTIR.

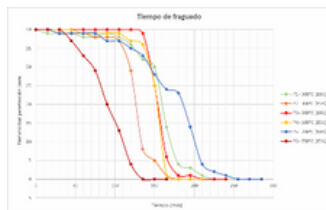


Fig. 2 Tiempo de fraguado

Agradecimientos

Este trabajo no habría sido posible sin el apoyo de la Universidad de Medellín, institución que facilitó los recursos académicos y logísticos, y la dedicación de los estudiantes del semillero GICI, quienes contribuyeron activamente en los procesos de experimentación y análisis.

Referencias

1. La Scalia G, Saeli M, Miglietta PP, Micale R. Coffee biowaste valorization within circular economy: an evaluation method of spent coffee grounds potentials for mortar production. 19 de septiembre de 2024;26. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11367-021-01968-0>
2. Seemab T, Wahid F, Weena L, Raffat S, Allan M. Biochar in cementitious composites: A comprehensive review of properties, compatibility, and prospect of use in sustainable geopolymer concrete. abril de 2025;25. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2667378924000415?via%3Dihub>
3. Rambhatla N, Tanushka Florence P, Ranjeet Kumar M, Srinivas Kini M, Abhishek S. Biomass pyrolysis for biochar production: Study of kinetics parameters and effect of temperature on biochar yield and its physicochemical properties. marzo de 2025;25. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2590123024019224>
4. Grishika A, Nuur Syahidah S, Chiam-Wen L, Ng CY, Foo Wah L, Pramod K. S, et al. Characterization of green-synthesized carbon quantum dots from spent coffee grounds for EDLC electrode applications. diciembre de 2024;9. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2667022424003116?via%3Dihub>
5. Şenol AF. Performance of geopolymer mortar incorporating spent coffee grounds as a recycled building material: An experimental and predictive analysis. Performance of geopolymer mortar incorporating spent coffee grounds as a recycled building material: An experimental and predictive analysis. septiembre de 2025;10.
6. Manjunath R, Pushya JR, Abhilash Kumar KA, Kiran K S. Performance evaluation of coffee husk ash based one-part self compacting alkali activated slag concrete mixes. 25 de mayo de 2025;10.

Potencial de Zeolitas Modificadas con Estaño para la Obtención Selectiva de Aldehídos desde Epóxidos Biorenovables

Luis F. Valencia^a, Lic A. Perea-Cuestaa, Daniel Moreno-Carvajala, Nataliya Scherbanb, Aída L. Villaa, Julián E. Sánchez-Velandiac*.

^aGrupo de investigación Catálisis Ambiental, Departamento de Ingeniería Química, Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.

^b L.V. Pisarzhevsky Institute of Physical Chemistry, National Academy of Sciences of Ukraine, 31 pr. Nauky, Kyiv, 03028, Ukraine

^cSustainable and supramolecular research group, Departamento de Química Inorgánica y Orgánica, Universidad Jaume I, Av. Sos Baynat s/n, Castellón, Castellón, 12071, Spain

E-mail: luis.valenciad@udea.edu.co

En la química fina se obtienen moléculas utilizadas como precursoras de fragancias, productos farmacéuticos, y medicamentos; una de las materias primas utilizadas en esta industria corresponde a los terpenos, compuestos que pueden ser transformados mediante diversas reacciones. Por ejemplo, de la epoxidación se obtienen compuestos que se caracterizan por un anillo de oxirano con alta reactividad y que son útiles en la industria de los polímeros y en la síntesis química en general. Tradicionalmente se han sintetizado epóxidos derivados de productos petroquímicos, para aplicaciones en la industria textil, electrónica y embalaje. Sin embargo, existe una demanda creciente de desarrollo de estrategias alternativas que aprovechen la biomasa residual como materia prima. Mediante la isomerización de epóxidos se obtiene aldehídos y alcoholes; los aldehídos son compuestos orgánicos potencialmente reactivos, debido al doble enlace polarizado carbono-oxígeno presente en su estructura¹. De la isomerización del epóxido del monoterpreno β -pineno, se obtiene compuestos de alto valor agregado como mirtanal, mirtenol y alcohol perílico, dependiendo de la acidez del medio de reacción². El mirtanal presenta potenciales aplicaciones en la industria farmacéutica y de fragancias³. En esta investigación se sintetizó zeolita Beta jerárquica modificada con estaño mezclando hidróxido de tetraetilamonio y tetraetilortosilicato, adicionando gota a gota

$\text{SnCl}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (Si/Sn = 90), posteriormente se añadió ácido fluorhídrico; el tratamiento hidrotérmico se realizó durante 7-26 días a 150 °C (Tabla 1). El catalizador se caracterizó mediante espectroscopía de resonancia magnética nuclear (RMN) de ^{29}Si y ^{119}Sn , análisis elemental, adsorción y desorción de nitrógeno, reflectancia difusa y Py-FTIR. El material presentó (Fig. 1) un área de 520 m²/g, diámetro de poro de 4.10 nm, volumen de microporos y mesoporos de 0.19 y 0.11 cm³/g, respectivamente; solo se identificaron sitios ácidos Lewis y la presencia de Sn⁴⁺ en coordinación tetraédrica y octaédrica. Las reacciones de isomerización de epóxido de β -pineno se realizaron en viales de 2 mL y en una placa de calentamiento Radley tech a 27 °C y 80 °C con agitación magnética a 750 rpm por 2 h; se utilizaron 0.5 mmol de epóxido de β -pineno, 0.5 mL de dimetil carbonato y hexano como solvente, 20 mL de decano y 5 mg de catalizador. En la isomerización del epóxido de β -pineno se obtuvo, a 15 minutos de reacción, 97 % de conversión y una selectividad del 97 % hacia mirtanal. A 27 °C, la conversión fue del 40 % a 1 h de reacción, y la selectividad hacia mirtanal no se afectó con la temperatura. Se estimaron parámetros cinéticos usando el método de velocidades iniciales a 27 °C, obteniéndose una velocidad inicial de reacción de 2.93 $\mu\text{mol}/(\text{mL} \cdot \text{min})$. Los resultados de síntesis de mirtanal son promisorios para aplicaciones en flujo continuo.

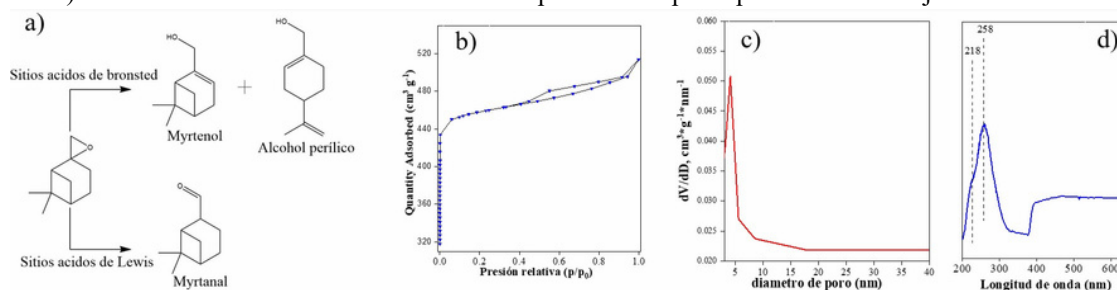


Fig. 1. a) Distribución de productos de la isomerización del epóxido de β -pineno, b) isothermas de adsorción y desorción de nitrógeno, c) distribución de tamaño de poro, d) análisis UV-Vis.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Universidad de Antioquia por apoyo en la financiación de esta investigación. L.A.P.C. agradece beca doctoral a Minciencias, convocatoria 933.

Referencias

1. A. Catalano, A. Mariconda, A. D'Amato, D. Iacopetta, J. Ceramella, M. Marra, and P. Longo. *Org.*, 2024, 5(4), 395-428.
2. 4. L.F. Valencia, I. Agudelo, J. Badano, M. Quiroga, C. Betti, C. Lederhos, and A.L. Villa. **Mol. Catal.**, 2025, 578, 115012.
3. E. Salminen, L. Rujana, P. Mäki-Arvela, P. Virtanen, T. Salmi, and J.P. Mikkola. **Catal. Today.**, 2015, 257, 318-321.

Síntesis de Carbón Activado a partir de Residuos de Cáscaras de Naranja para su Aplicación como Soporte Catalítico en la Transformación de Monoterpenos

Jaime Andrés Becerra,¹ Aida L Villa,¹ Päivi Mäki Arvela,² Atte Aho,² Olha Yevdokimova,² Mark Martinez Klimov,² Anssi Peuronen,³ Mika Lastusaari,³ Dmitry Yu. Murzin,² Julián E. Sánchez Velandia,⁴ Lic Amiris Perea Cuesta¹

¹Grupo de investigación Catálisis Ambiental, Departamento de Ingeniería Química, Facultad de Ingeniería, Universidad de Antioquia UdeA, Calle 70 No. 52-21, Medellín, Colombia

²Laboratory of Industrial Chemistry, Process Chemistry Centre, 20500, Åbo Akademi University, Turku, Finland

³Department of Chemistry, University of Turku, Turku, FI 20014, Finland

⁴Supramolecular and sustainable research group, Inorganic and Organic department, Universidad Jaume I, Castelló de la Plana, Spain
E-mail: lic.perea@udea.edu.co

La creciente demanda de cítricos, especialmente naranjas, genera grandes cantidades de residuos de cáscaras. Sin embargo, los métodos de desecho actuales, como la incineración o el compostaje, no ofrecen soluciones a largo plazo ni tampoco productos de alto valor agregado. Es por ello por lo que recientemente se ha reportado la transformación de estos residuos, ricos en compuestos bioactivos, en productos útiles, reduciendo así su impacto ambiental¹. En este trabajo, se utilizaron residuos de cáscaras de naranja, para preparar carbón activado utilizando H₃PO₄ o KOH como agentes activantes (OPAC-P45 ó OPAC-K74, respectivamente), y ulteriormente modificados con Fe o Cu con la finalidad de ser utilizado como soporte catalítico en la oxidación del α -pineno (Fig. 1a). La confirmación de su porosidad y de sus propiedades texturales fueron evaluadas usando las isothermas de adsorción-desorción de nitrógeno, así como microscopía electrónica de barrido (SEM) (Fig. 1b), las cuales mostraron la presencia de nanopartículas (< 20 nm) bien dispersas en el soporte del carbono, así como la formación de meso porosidad con ultra microporos en su estructura. La presencia de sitios ácidos (fuertes, principalmente) fue confirmada usando los termogramas de Desorción Programada de Amoníaco (TPD-NH₃) sugiriendo que, una vez incorporada la fase metálica, la acidez del material incrementa siendo crítica tanto el tipo de metal como la cantidad impregnada. Los materiales mostraron ser activos para la síntesis de verbenona, compuesto potencial para la síntesis de biopolímeros y agente terapéutico², desde la oxidación de α -pineno, principal componente del aceite de trementina, bajo condiciones suaves de reacción (70°C y acetonitrilo como disolvente). Con este método, se logra una estrategia robusta y ecosostenible para producir verbenona con rendimientos cercanos del 80% y un TOF de 33 h⁻¹ usando el material con cobre.

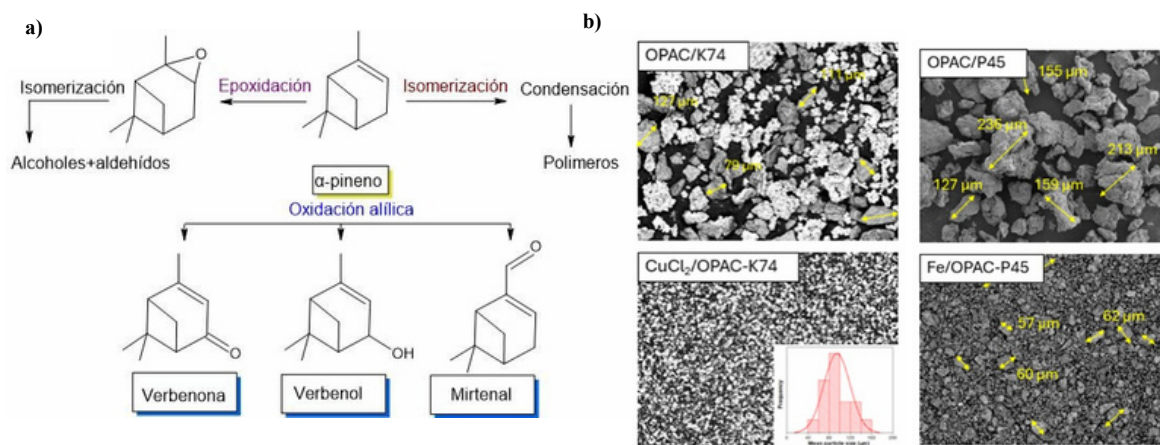


Fig. 1. Productos de oxidación alílica, epoxidación e isomerización de α -pineno (a), microscopía electrónica de barrido de los materiales OPAC-P45 y OPAC-K74 (b).

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Universidad de Antioquia por apoyo en la financiación de esta investigación. L.A.P.C. agradece beca doctoral a Minciencias, convocatoria 933.

Referencias

1. D. Pujol, C. Liu, J. Gominho, M.À. Olivella, N. Fiol, I. Villaescusa and H. Pereira. **Ind. Crops Prod.**, 2013, 423-429.
2. H.Y. Song, S. Jin, S. Lee, A.M.A. Jalin, K.H. Roh, and W.K. Kim. **Int. J. Mol. Sci.**, 2024, 25, 12769.

Comparación del comportamiento catalítico en el proceso de Fenton Heterogéneo de ferrita de níquel sintetizada por un método convencional y uno novedoso

Ayleen Villacrés¹, Ana Belén Lozada², Fernando Rodríguez¹, Paul Vargas Jentzsch¹, Eliana Manangón Perugachi¹

¹ Escuela Politécnica Nacional, Av. Ladrón de Guevara E11-253, Quito, Ecuador

² Universidad Católica de Lovaina, Pl. de l'Université 1, 1348 Ottignies-Louvain-la-Neuve, Bélgica

E-mail: ayleen.villacres@epn.edu.ec

Introducción: El Fenton Heterogéneo (FH) es un proceso de oxidación avanzada (POAs) con ventajas frente a otros POAs como operar en amplio rango de pH, no generar lodos ni subproductos tóxicos y no requerir energía externa. Se basa en el uso de H_2O_2 y un catalizador, tradicionalmente óxidos o hidróxidos de hierro¹. Actualmente se investigan catalizadores más estables y eficientes, destacando las ferritas (MF_2O_4) por su estabilidad, baja toxicidad y propiedades magnéticas. Su desempeño depende del método de síntesis, que puede ser tradicional (coprecipitación, sol-gel, hidrotermal) o no convencional, como la combustión en solución asistida por solventes eutécticos profundos (SCS-DES). El objetivo de este estudio es comparar el comportamiento catalítico de ferritas de níquel en el proceso Fenton heterogéneo, sintetizadas por un método tradicional y uno no convencional.

Experimental: El material NiF-HT se obtuvo por síntesis hidrotermal a partir de nitratos de hierro y níquel (2:1), ajustando el pH a 12 con NaOH. La mezcla se trató a 180 °C por 24 h, y el sólido resultante fue lavado, secado (110 °C, 2 h) y calcinado (350 °C, 3 h). El material NiF-SCS se sintetizó por un método de combustión en solución asistido por solventes eutécticos profundos desarrollado por nuestro grupo que será publicado próximamente. La caracterización estructural se realizó mediante Difracción de rayos X utilizando un equipo Bruker D8 ADVANCE con radiación $Cu K\alpha$ ($\lambda = 1,54 \text{ \AA}$). Las propiedades texturales se evaluaron con un equipo Quantachrome Instruments Nova4200e. La actividad catalítica de las ferritas se evaluó en la remoción de AM mediante adsorción, oxidación directa y Fenton heterogéneo (FH). En adsorción se usaron 60 mL de AM (10 mg/L) con 1 g/L de catalizador, a temperatura ambiente y 300 rpm, tomando alícuotas durante 5 h para análisis UV-VIS. En la oxidación directa se aplicaron las mismas condiciones, sin catalizador y con H_2O_2 (4 concentraciones). En FH se emplearon las condiciones previas con catalizador y oxidante; primero se optimizó la concentración de H_2O_2 con NiF-SCS, y luego se compararon ambos catalizadores en las condiciones óptimas.

Resultados y discusión: El análisis por difracción de rayos X confirmó que ambos materiales presentan como fase principal la ferrita de níquel ($NiFe_2O_4$), correspondiente al patrón de referencia JCPDS No. 01-086-2267. Sin embargo, se identificaron fases secundarias: NiF-HT con 15% de hematita ($\alpha\text{-Fe}_2O_3$) y NiF-SCS con 2% de níquel metálico (Ni). Los tamaños de cristalito según la ecuación de Scherrer de NiF-HT y NiF-SCS fueron de 31 y 41 nm, respectivamente. La superficie específica determinada mediante el método BET, fue de 32 m^2/g para NiF-HT y 22 m^2/g para NiF-SCS, lo cual es coherente con los resultados de DRX, donde NiF-HT presentó un menor tamaño de cristalito y mayor amorfismo relativo. En los ensayos de optimización de H_2O_2 (Tabla 1), se determinó que la concentración de 0,08 M es la más adecuada para el proceso FH, al alcanzar la mayor eficiencia en la degradación de AM. La combinación de H_2O_2 con el catalizador NiF-SCS evidenció una marcada sinergia catalítica, atribuida a la interacción entre los sitios superficiales $\equiv Fe(III)$ y el oxidante, lo que resultó en mayores porcentajes de remoción frente al uso exclusivo de H_2O_2 . La comparación del desempeño catalítico (Tabla 2) mostró que NiF-SCS superó a NiF-HT tanto en adsorción como en FH, lo que se relaciona con su mayor cristalinidad y pureza de fase, pese a contar con menor área superficial. En conjunto, ambos materiales mejoraron significativamente la remoción bajo condiciones de FH; no obstante, en las condiciones óptimas (0,08 M H_2O_2), NiF-SCS alcanzó una remoción del 91%, mostrándose como el material más eficiente. En los ensayos de Fenton heterogéneo, la lixiviación fue mínima. Para NiF-HT se registraron valores de 0,11% de Ni y <0,01% de Fe, mientras que en NiF-SCS la lixiviación de Ni fue de 0,09% y la de Fe resultó indetectable, confirmando que Ni-SCS posee mayor estabilidad química respecto a su homólogo sintetizado por vía hidrotermal.

Tabla 1. Optimización de H_2O_2 al emplear NiF-SCS

	Concentración de H_2O_2 (M)	0,02	0,04	0,08	0,16
Mecanismo estudiado	Oxidación directo	8	10	12	15
	Fenton Heterogéneo	64	84	91	91

Tabla 2. Comparación entre NiF-HT y NiF-SCS

	Ni_FT	NiF_SCS
Adsorción	10	23
Fenton Heterogéneo	31	91

Conclusiones: La $NiFe_2O_4$ se sintetizó con éxito mediante el método hidrotermal y el método de combustión en solución modificado. Ambos materiales demostraron comportarse como catalizadores heterogéneos en el proceso de Fenton Heterogéneo para la remoción del azul de metileno. El NiF-SCS a pesar de tener la menor superficie específica (22 m^2/g) fue el más activo catalíticamente, alcanzando una eliminación del 91 % de AM en presencia de una concentración de H_2O_2 de 0,08 M. NiF-SCS presentó mayor estabilidad química que NiF-HT, evidenciada por su menor lixiviación de níquel y hierro, la cual fue menor al 0,1% en todos los casos. Las propiedades magnéticas de los catalizadores facilitaron su separación del medio de reacción.

Referencias

1. N. Thomas, D. D. Dionysiou and S. C. Pillai, J. **Hazard. Mater.**, 2021, 404, 124082



II SIMPOSIO DE QUÍMICA UDEMEDELLÍN

Cien años entendiendo lo invisible:
el poder de la química en todas sus formas
2025



**Universidad[®]
de Medellín**
Ciencia y Libertad



MAT & MPAC
UNIVERSITY OF MEDILLIN