

MEMORIA TÉCNICA

XIV SIMPOSIO COLOMBIANO DE CATÁLISIS



Pasto 2025
Hacia un futuro
sostenible

Luis Alejandro Galeano
Helir Joseph Muñoz
Nathaly Alejandra Mora
Diana Sofía Chaves
Editores



Pasto **7 al 10**
de octubre de 2025



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

ISSN: 2619-6042 (En línea)



MEMORIAS XIV SIMPOSIO COLOMBIANO DE CATÁLISIS

Editores:

Luis Alejandro Galeano

Helir Joseph Muñoz Alvear

Nathaly Alejandra Mora Mora

Diana Sofía Chaves Riascos

Departamento de Química, Universidad de Nariño; calle 18 carrera 50, Campus Torobajo, 520002

Pasto, Nariño, Colombia. Teléfono: +57 6027244309 ext. 1915

Primer editor, Tunja: Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia,

URL: <http://virtual.uptc.edu.co/memorias/index.php/catalasis/catalasis>

Año: 2017

Segundo editor, Popayán: Universidad del Cauca,

Medio impreso

Año: 2019

Tercer editor, Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander,

Publicado a través de medios electrónicos

Año: 2021

Cuarto editor, Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander,

Publicado a través de medios electrónicos

Año: 2023

Último editor, Pasto: Universidad de Nariño

URL: <https://www.udenar.edu.co/congresos-y-seminarios/xiv-simposio-colombiano-de-catalisis-pasto-2025/>

Año: 2025

ISSN: 2619-6042 (En línea)

©2025 Universidad de Nariño. Todos los derechos reservados.

Está prohibida su reproducción total o parcial por cualquier medio sin permiso del Editor.

La información reunida en estas memorias ha sido suministrada por los autores y es de su exclusiva responsabilidad.

Publicado a través de medios electrónicos en Pasto, Colombia.

15 de diciembre de 2025

Memorias XIV Simposio Colombiano de Catálisis

Escuela Colombiana de Catálisis (ECC)

Adsorción y Catálisis

Pasto, Colombia

7 de octubre de 2025

XIV Simposio Colombiano de Catálisis (SiCCat)

Hacia un futuro sostenible

Pasto, Colombia

8 al 10 de octubre de 2025

Organización XIV SiCCat



❖ Comité Organizador

Luis Alejandro Galeano, Universidad de Nariño, Colombia.
José Herney Ramírez, Universidad Nacional de Colombia
Sonia Ximena Delgado, Universidad de Nariño, Colombia
Alfredo Calderón Cárdenas, Universidad de Nariño, Colombia.
Helir Joseph Muñoz Alvear, Universidad Pública de Navarra, España.

❖ Comité Científico

Antonio Gil Bravo, Universidad Pública de Navarra, España.
Luís Miguel Madeira, Universidad de Oporto, Portugal.
Françoise Maugé, Universidad de Caen, ENSICAEN, 14050 CAEN, Francia.
Marc Pera-Titus, Universidad de Cardiff
Hamilton Varela, Universidad de São Paulo, Brasil.
Roger Solano, Universidad EIA, Colombia.
Hugo Alfonso Rojas, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Colombia.
Aída Luz Villa Holguín, Universidad de Antioquia, Colombia.
Diana Patricia López López, Universidad de Antioquia, Colombia.
José Gregorio Carriazo, Universidad Nacional de Colombia, Colombia.
Víctor Gabriel Baldovino Medrano, Universidad Industrial de Santander, Colombia.
César Augusto Jaramillo Páez, Universidad del Tolima, Colombia.
José Herney Ramírez, Universidad Nacional de Colombia, Colombia.
Luis Alejandro Galeano, Universidad de Nariño, Colombia.
William Hernando Lizcano Valbuena, Universidad del Valle, Colombia.
Alfonso Ramírez, Universidad del Cauca, Colombia.
Gina Marcela Hincapié Triviño, Universidad Nacional de Colombia, Colombia.
Claudia Patricia Castañeda, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Colombia.
Alfredo Calderón Cárdenas, Universidad de Nariño, Colombia.
Alba Nelly Ardila Arias, Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid.
Cristian David Miranda Muñoz, Universidad del Cauca, Colombia.
Ana María García Mora, Universidad de Nariño, Colombia.
Aida Liliana Barbosa, Universidad de Cartagena, Colombia.
Helir Joseph Muñoz Alvear, Universidad Pública de Navarra, España.
Sonia Ximena Delgado, Universidad de Nariño, Colombia.

❖ **Comité Logístico (Universidad de Nariño)**

Carlos Jhoiner Arciniegas Almeida
Omar David Benavides Bastidas
Paulo César Cabrera Moncayo
Bayron Edilberto Cárdenas Fuertes
Thalia Estefany Criollo Andrade
Diana Sofía Chaves Riascos
Juan Esteban Chaves Leiton
Diana Fernanda Córdoba Chávez
Jhon Bayron Cuastumal Anrango
Diana Alejandra Insandar Vallejos
Nathaly Alejandra Mora Mora
Daira Melany Noguera Cuaycal

Patrocinadores

Nivel Rh



Nivel Ir



Nivel Pd



Generales



Prefacio

El Simposio Colombiano de Catálisis (SiCCat) es un evento académico y científico promovido por la Sociedad Colombiana de Catálisis (SoCCat), miembro de la Federación Iberoamericana de Sociedades de Catálisis (FISOCat). Desde sus primeras ediciones, el SiCCat se ha consolidado como un espacio de referencia en Colombia y la región iberoamericana, facilitando la socialización de los avances en investigación, innovación y aplicación de la catálisis, tanto a nivel nacional como internacional.

El XIV Simposio Colombiano de Catálisis: Hacia un futuro sostenible, se celebró en la ciudad de San Juan de Pasto del 7 al 10 de octubre de 2025, con la organización del Grupo de Investigación en Materiales Funcionales y Catálisis (GIMFC) de la Universidad de Nariño, en colaboración con el Grupo de Investigación en Físicoquímica Básica y Aplicada (GIFBA) y el Grupo de Investigación en Materiales, Catálisis y Medio Ambiente de la Universidad Nacional de Colombia.

Este encuentro tuvo como objetivos principales:

1. Fomentar el desarrollo y la aplicación de la catálisis en soluciones sostenibles e innovadoras.
2. Brindar una plataforma para la presentación de investigaciones científicas nacionales en catálisis.
3. Capacitar a investigadores y estudiantes en las últimas tendencias y avances en catálisis a través de la Escuela de Catálisis.

La Escuela de Catálisis, realizada el 7 de octubre, contó con destacados expertos nacionales e internacionales que ofrecieron conferencias especializadas:

- *Evaluación de las propiedades texturales de sólidos porosos mediante adsorción física de gases, Prof. Andoni Gil.*
- *Ingeniería de las reacciones químicas – reactores y sus fenómenos, Prof. José Herney Ramírez.*
- *Aplicación de la técnica de quimisorción en la caracterización de catalizadores, Dr. Simón Yunes.*
- *Métodos de caracterización de la acidez superficial en catalizadores: técnicas y aplicaciones, Prof. Roger Solano.*

Los ejes temáticos abordados en el XIV SiCCat fueron:

- T1: Diseño, síntesis y caracterización de catalizadores.
- T2: Análisis cinético de procesos catalíticos.
- T3: Catálisis ambiental.
- T4: Catálisis y energía.
- T5: Aplicaciones misceláneas en adsorción y catálisis.

En esta edición se presentaron 131 trabajos de investigación, distribuidos en ponencias orales, keynotes y sesiones de póster. La mayor participación se concentró en los ejes de Catálisis ambiental (40) y Diseño, síntesis y caracterización de catalizadores (42), seguidos de Catálisis y energía (20), Aplicaciones misceláneas en adsorción y catálisis (17) y Análisis cinético de procesos catalíticos (12), reflejando la diversidad y vitalidad de la investigación en catálisis en Colombia.

Finalmente, es importante reconocer el valioso respaldo de las instituciones patrocinadoras, cuyo apoyo hizo posible la realización de este evento y contribuyó al fortalecimiento de la comunidad científica de catálisis en Colombia y la región.

ÍNDICE

Prefacio	1
ÍNDICE	2
PROGRAMA	7
ESCUELA COLOMBIANA DE CATÁLISIS	7
XIV Simposio Colombiano de Catálisis (SiCCat)	8
PLENARIAS INVITADAS	9
PLENARISTAS	9
Andoni Gil Bravo	10
Luis Miguel Madeira	11
Françoise Maugé	12
Marc Pera-Titus	13
Hamilton Varela	14
RESÚMENES PLENARIAS	15
Residuos industriales: una fuente de producción de materiales con propiedades adsorbentes y catalíticas de interés energético y medioambiental	15
Multifunctional Reactors – Some Perspectives on their Applications and Potential	17
Arcillas pilarizadas como plataforma en la preparación de catalizadores	19
KEYNOTES	21
CO ₂ capture from flue gas and biogas and conversion to CH ₄ – process intensification	22
Premio Mejor trabajo derivado de tesis de maestría (Colombia)	24
Exploración de alternativas catalíticas para reacciones de valorización de hidrocarburos con catalizadores de NiMo/zeolitaboehmita	24
Nuevos horizontes en fotocatalisis con CO ₂ supercrítico y O ₂ : Una alianza verde para la oxidación selectiva con O ₂	26
Premio Mejor trabajo derivado de tesis de doctorado (Colombia)	28
Isomerización de epóxidos de monoterpenos sobre zeolitas dendríticas del tipo ZSM-5.	28
Premio Mejor Trabajo Derivado de Tesis de Doctorado de Colombiano(a) en el extranjero	30
Síntesis y aplicación de perovskitas de aluminato de lantano obtenidas a partir de escorias salinas de aluminio como catalizadores para el reformado seco de metano y otros usos ambientales	30
PONENCIAS ORALES	33
Valorización de residuos de pilas alcalinas para la síntesis de electrocatalizadores NiCo aplicados a la generación sostenible de hidrógeno	33
Efecto de la temperatura en la dinámica oscilatoria de reacciones electrocatalíticas	34
Síntesis y caracterización de MOF con Zr y Zr/Ce obtenidos por microondas para la cicloadición de CO ₂ con óxido de ciclohexeno	36
Zeolita dendrítica basada en ZSM-5 libre de metales como catalizador para la isomerización del epóxido de β-pineno: influencia de la temperatura, la concentración inicial y la cantidad de catalizador.	38
Análisis operando-DRIFTS del comportamiento de un catalizador Ni/Al ₂ O ₃ -SiO ₂ en la reacción de hidrogenación de CO ₂	40
Cómo determinar la existencia de limitaciones de transferencia de masa para una reacción catalítica en fase líquida en un reactor por lotes isotérmico.	42
Licuefacción catalítica de carbón. Análisis de fracciones	44
Aprovechamiento de la cascarilla de café: Un enfoque catalítico en química circular	46
Captura de CO ₂ sobre MOFs de Lantano: método solvotérmico vs microondas	48
Estudio de las especies reactivas de oxígeno en la peroxidación catalítica húmeda de contaminantes orgánicos en presencia de un catalizador Al/Fe-PILC	50
Análisis de la hidrogenación simultánea de heteroarenos bajo diferentes condiciones de reacción	52
Estudio de la cinética de formación de compuestos plataforma durante la Hidropirólisis Catalítica de Roble Chileno (<i>Nothofagus obliqua</i>)	54
Carburo de tungsteno en la transición energética: Diseño de catalizador para captura de hidrógeno y CO ₂	56

<i>Coprecipitación asistida por ultrasonido de nanopartículas de magnetita (Fe_3O_4) y funcionalización de $\text{Fe}_3\text{O}_4@/\text{SiO}_2\text{-NH}_2$ para potenciar la imagenología por resonancia magnética</i>	<i>58</i>
<i>Fotooxidación aeróbica de monoterpenos catalizada por un oligo-fenilenvinileno inmovilizado en nanotubos de TiO_2</i>	<i>60</i>
<i>Cobalto y manganeso sobre óxido de grafeno: catalizadores eficientes para la oxidación verde del alcohol bencílico</i>	<i>62</i>
<i>Degradación de resinas epóxicas de bisfenol A mediante procesos foto-Fenton homogéneo y heterogéneo.</i>	<i>64</i>
<i>Comportamiento del sistema catalítico $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{-ZrO}_2$ para combustión de metano: influencia del método de preparación</i>	<i>66</i>
<i>Análisis de la reactividad de CO_2 con isopropanol en fase gas a presión atmosférica usando catalizadores basados en Ni</i>	<i>68</i>
<i>Diseño y síntesis de nanopartículas de oro como catalizador obtenidas a partir de <i>Eugenia stipitata</i> con potencial aplicación catalítica</i>	<i>70</i>
<i>Estudio DRIFTS in situ de la oxidación selectiva de glicerol sobre un catalizador de magnetita-maghemita</i>	<i>72</i>
<i>Recuperación de oro mediante la degradación fotocatalítica de complejos Au-CN en medio acuoso empleando compositos $\text{TiO}_2\text{-C}_3\text{N}_4$</i>	<i>74</i>
<i>Reacción de Desplazamiento de Gas de Agua como etapa clave en la producción de biohidrógeno: resultados de evaluación catalítica</i>	<i>76</i>
<i>Conversión de biomasa y plástico por co-hidropirólisis sobre catalizadores metálicos soportados en zeolita natural: producción selectiva de hidrocarburos monoaromáticos</i>	<i>78</i>
<i>Síntesis y caracterización de catalizadores derivados de residuos de baterías de ion litio: relación estructura-actividad en la reacción WGS</i>	<i>80</i>
<i>¿Está usted evaluando la cinética química de su catalizador o la cinética del reactor?</i>	<i>82</i>
<i>Estudios cinéticos de adsorción de CO_2 y metanación para la producción de metano en un proceso en dos etapas sobre materiales de función dual (DFM)</i>	<i>83</i>
<i>Evaluación del efecto de los sitios ácidos de Lewis y Brønsted dispersos en un soporte carbonoso derivado del raquis de palma de aceite en la conversión de glucosa a 5-hidroximetilfurfural (5-HMF)</i>	<i>85</i>
<i>Partículas de óxido mixto de Cu-Co y Ag soportadas en $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ multiramificado como catalizadores heterogéneos tipo Fenton</i>	<i>87</i>
<i>Estimación cuantitativa de la actividad catalítica individual de fases cristalinas en catalizadores de MnO_x reciclados</i>	<i>89</i>
<i>Aprovechamiento del raquis de la palma de aceite para el desarrollo de catalizadores monolíticos recubiertos de carbono en la obtención de compuestos plataforma</i>	<i>91</i>
<i>Evaluación de un residuo siderúrgico y un óxido de hierro sintetizado como catalizadores en la degradación de amoxicilina mediante el proceso Foto-Fenton heterogéneo</i>	<i>93</i>
<i>Catalizadores sostenibles y eficientes en la oxidación de fenol, a partir de sílice de cascarilla de arroz</i>	<i>95</i>
<i>Catalizadores mesoporosos modificados con Bario para transformación one-pot selectiva de R-(+)-limoneno</i>	<i>97</i>
<i>Síntesis y evaluación de VW/SiO_2 como catalizador en la obtención de furfural a partir de xilosa mediante un sistema cosolvente</i>	<i>99</i>
<i>Módulo computacional para evaluación de semiconductores en aplicaciones de fotocatalisis solar heterogénea a gran escala</i>	<i>101</i>
<i>Evaluación de óxidos de Cu-Co soportados en metacaolinita y dopados con Ce para la oxidación catalítica de tolueno</i>	<i>103</i>
<i>Evaluación de óxidos mixtos de Ni-Co en monolitos de FeCrAlloy para el reformado oxidativo de etanol (OSRE)</i>	<i>105</i>
<i>Relación Estructura-Rendimiento en Zeolitas H-ZSM-5 Dopadas con Cerio para la Síntesis de Bioetileno</i>	<i>107</i>
<i>Superficies fotocatalíticas autolimpiables basadas en WO_3 y TiO_2 para la eliminación de contaminantes orgánicos y bacterias entéricas</i>	<i>109</i>
<i>Espectroscopía fotoelectrónica de rayos-X (EFR-X) con sentido químico: mitos y realidades de la superficie de las alúminas</i>	<i>111</i>

<i>Mejora de la estabilidad de catalizadores Cu-Ni mediante la modificación de la carga metálica en la hidrogenación en fase vapor del ácido levulínico.....</i>	<i>113</i>
<i>Evaluación de óxidos mixtos derivados de hidrotalcitas como catalizadores para la producción de 1-butanol</i>	<i>115</i>
<i>Fotodegradación de microplásticos de tereftalato de polietileno (PET) empleando fotocatalizadores basados en TiO₂ soportado en óxidos de grafeno</i>	<i>117</i>
<i>Control estereoselectivo de atropisómeros C(sp²)-C(sp³) conformacionalmente estables mediante organocatálisis.....</i>	<i>119</i>
PRESENTACIÓN PÓSTER	121
<i>Modification of a Bentonite with Co-Ni for the Catalytic Hydrogenation of Citral.....</i>	<i>122</i>
<i>Oscilaciones de corriente durante una reacción electrocatalítica</i>	<i>124</i>
<i>Síntesis y Evaluación de Membranas Catalíticas de PDMS-Hidrotalcitas Aplicadas en la Condensación Aldólica de Furfural</i>	<i>126</i>
<i>Co-hidropirólisis catalítica de biomasa/plástico: Influencia de la modificación ácida de la Zeolita Natural Chilena e impregnación de metales (Ni y Co) sobre la distribución de compuestos químicos mediante Py-GC-MS.</i>	<i>128</i>
<i>Estudio del tratamiento combinado PCFH – (coagulación/floculación) en la degradación de materia orgánica natural presente en aguas superficiales</i>	<i>130</i>
<i>Óxidos de Fe y Ni soportados en bentonita modificada y su comportamiento en el reformado de metano vía Chemical Looping.....</i>	<i>132</i>
<i>Simulación Monte Carlo de la oxidación electrocatalítica de CO</i>	<i>134</i>
<i>Análisis del efecto del orden de impregnación de Ni y TiO₂ en las propiedades fisicoquímicas y catalíticas de un catalizador soportado en alúmina para la reacción de metanación de CO₂</i>	<i>136</i>
<i>Síntesis por autocombustión de nuevos materiales tipo de Fe-Ce-La y su aplicación en la eliminación de contaminantes emergentes en medios acuosos.</i>	<i>138</i>
<i>Actividad catalítica de la electro-oxidación de metanol modulada mediante pulsos de potencial eléctrico.</i>	<i>140</i>
<i>Valorización de residuos para la obtención de oxalatos mixtos Fe-Zn, como precursores de catalizadores para Síntesis Fischer-Tropsch a base de Fe promovidos con Zn</i>	<i>142</i>
<i>Comparación de Pretratamientos Alcalinos y Ácidos para Sacarificación de Aserrín de Eucalyptus Grandis</i>	<i>144</i>
<i>Efecto de la carga de níquel sobre la formación de fases y la actividad fotocatalítica de materiales basados en WO₃ sintetizados por impregnación húmeda</i>	<i>146</i>
<i>Estudio del desempeño fotocatalítico de hidróxidos dobles laminares de MgFe, CoFe y CuFe en la degradación de 4-clorofenol.....</i>	<i>148</i>
<i>Desarrollo de transportadores sólidos de oxígeno (TSO) basados en Ni a partir del mineral bauxita para la producción de hidrógeno vía chemical looping reforming de metano.....</i>	<i>150</i>
<i>Producción de hidrógeno vía descomposición catalítica de metano con catalizadores de NZVI y NZVI soportados.....</i>	<i>152</i>
<i>Estudio de la oxidación de etanol sobre nanotubos de haloisita</i>	<i>1544</i>
<i>Diseño y funcionalización de MIL-125 con ácido L-glutámico para la formación de un sistema catalítico quiral.....</i>	<i>1566</i>
<i>Obtención de nanohilos de metales de transición: cobre, níquel, cobalto y plata.....</i>	<i>1588</i>
<i>Análisis de la reconstrucción de óxidos metálicos mixtos Mg-Al debidos a procesos de captura de CO₂ ..</i>	<i>1600</i>
<i>Estudio de la degradación de contaminantes orgánicos usando como fotocatalizador el óxido Zn_{1-x}Bi_xO.</i>	<i>1622</i>
<i>Estudio de las propiedades químicas, fisicoquímicas, tecnológicas y antioxidantes de la almendra del mararay (Aiphanes horrida)</i>	<i>1644</i>
<i>Síntesis de MnO_x a partir de baterías alcalinas gastadas y su aplicación como catalizadores en procesos de oxidación avanzada</i>	<i>1666</i>
<i>Modelamiento y simulación microcinética del stripping de CO sobre Pt(100)</i>	<i>1688</i>
<i>Reutilización eficiente de H₃PW₁₂O₄₀ mediante solventes eutécticos profundos en la esterificación de ácido levulínico.....</i>	<i>1700</i>

<i>Materiales carbonosos como soportes de NiFe para la hidrodesoxigenación selectiva de guaiacol a ciclohexanol.....</i>	<i>1722</i>
<i>Preparación de catalizadores a base de una bentonita modificada con Co, Cu y/o Ni para la hidrogenación catalítica de moléculas derivadas de biomasa vegetal</i>	<i>1744</i>
<i>Preparación de un catalizador a base de hierro obtenido a partir de un precursor MIL-88B (Fe) mediante una síntesis más verde.....</i>	<i>1766</i>
<i>Síntesis asistida por microondas de benzo[b]furan-2-carboxamidas con potencial actividad antiproliferativa en líneas celulares de cáncer de mama.....</i>	<i>1788</i>
<i>Transformación de residuos agroindustriales en materiales porosos funcionales con actividad antimicrobiana.....</i>	<i>1800</i>
<i>Biocatalizadores heterogéneos de la lipasa industrial de Thermomyces lanuginosus inmovilizada en soportes glioxil-agarosa bifuncional: caracterización y obtención de biodiésel.</i>	<i>1822</i>
<i>Estudio de catalizadores Ni⁰/MOF-derivados para la producción de BTEX vía co-hidropirólisis de celulosa/LDPE: efecto de la termólisis y carga metálica en la selectividad</i>	<i>1844</i>
<i>Síntesis de óxidos de tipo perovskita LaMnO₃ no estequiométricas para la oxidación catalítica de BTX</i>	<i>1866</i>
<i>Obtención de aceite de lignina de la biomasa de la mazorca de cacao usando un proceso de biorrefinería con Ni/γAl₂O₃</i>	<i>1888</i>
<i>Remoción de contaminantes emergentes empleando estructuras metal-orgánicas de Circonio: Efecto del método de síntesis en la capacidad de adsorción</i>	<i>1900</i>
<i>Modificación de las propiedades superficiales de una sílice biogénica mediante tratamiento con ácido oxálico.....</i>	<i>192</i>
<i>Oxidación de limoneno con catalizadores de materiales carbonosos obtenidos de cáscara de naranja</i>	<i>194</i>
<i>Estudio de la oxidación de alcohol bencílico catalizada por óxidos mixtos de Ru/MgAl: Explorando la síntesis con Agar.</i>	<i>196</i>
<i>Desarrollo de catalizadores para la Síntesis de Fischer Tropsch a partir de un caolín colombiano.....</i>	<i>198</i>
<i>Tierra diatomácea: caracterización, modificación térmica y su aplicación en la remoción del colorante azul de metileno.....</i>	<i>200</i>
<i>Degradación del verde de malaquita mediante hidroxiapatita obtenida de escamas de pescado y modificada con Fe⁰</i>	<i>202</i>
<i>Simulación CFD de los pasos de adsorción de CO₂ y metanación para la producción de gas natural renovable</i>	<i>204</i>
<i>Aprovechamiento de Residuos de la Producción de Panela para la Obtención de Puntos Cuánticos de Carbono (CQDs) y su Prometedora Aplicación en la Electrocatálisis.....</i>	<i>206</i>
<i>Valorización de guaiacol y bioaceite mediante hidrodesoxigenación catalítica con Ni-Mo soportados en nanozeolita Y.....</i>	<i>208</i>
<i>Síntesis de material carbonoso a partir de cáscara de cacao y orina como activantes de PMS para la remoción de acetaminofén en agua.....</i>	<i>210</i>
<i>Producción de hidrógeno mediante la reacción Water Splitting (fotodivisión del agua) utilizando hidróxidos dobles laminares de Zn/Al y Ni/Al como fotocatalizadores</i>	<i>212</i>
<i>Biocarbón Activado y Perovskitas: Una Alianza Eficiente contra la Contaminación por Fármacos</i>	<i>214</i>
<i>Explorando la posibilidad de emplear baterías posconsumo desechadas como precursores para la síntesis de electrocatalizadores.....</i>	<i>216</i>
<i>Aplicación de la catálisis bifuncional en la síntesis de 3-ciano-2(1H)-piridonas con importante actividad antiproliferativa</i>	<i>217</i>
<i>Síntesis hidrotermal de puntos cuánticos derivados de biocarbón de la cascarilla de café para aplicaciones electrocatalíticas.....</i>	<i>219</i>
<i>Adsorbentes híbridos tipo MOF/Zeolita para la captura de CO₂ en motor diésel.</i>	<i>221</i>
<i>Functionalization of Bentonite with Cu-Ni for the Catalytic Hydrogenation of Citral.....</i>	<i>223</i>
<i>Síntesis de CQDs a partir de fibra de coco para la preparación de un electrocatalizador de Bi/Pt/CQD/CGE empleado en la electrooxidación de metanol.</i>	<i>225</i>
<i>Influencia del Pr como promotor en catalizadores Ni-Mg-Al(O) para la metanación de CO₂: Aportes mediante espectroscopía IR in situ</i>	<i>227</i>

<i>Estudio de la decoloración de efluentes del teñido de paja toquilla a través de foto-fenton usando catalizadores de óxido de hierro.....</i>	<i>229</i>
<i>Innovación en la conversión de semillas de vitabosa (Mucuna deerigiana) en un recubrimiento biodegradable para la industria de empaques de alimentos.....</i>	<i>231</i>
<i>Recuperación de licores metálicos a partir de baterías de ion-litio desgastadas para la síntesis de catalizadores multicomponente: evaluación técnica, económica y ambiental.....</i>	<i>233</i>
Índice de Autores	235
BASES DEL CONCURSO PARA LA SELECCIÓN DE LOS MEJORES TRABAJOS DERIVADOS DE DOCUMENTO FINAL DE MAESTRÍA Y DE TESIS DE DOCTORADO EN CATÁLISIS(2025) E INFORME DE RESULTADOS	241
CONCURSO AL MEJOR PÓSTER EN EL MARCO DEL XIV SIMPOSIO COLOMBIANO DE CATÁLISIS (XIV SICCAT)	245
REGISTRO FOTOGRÁFICO	248

PROGRAMA

ESCUELA COLOMBIANA DE CATÁLISIS

Auditorio Luis Santander, Universidad de Nariño, Sede Torobajo		
XIV Simposio Colombiano de Catálisis - Pasto 2025: Hacia un futuro sostenible		
Escuela Colombiana de Catálisis 2025: Adsorción y Catálisis		
7 de Octubre de 2025		
Hora	Temática	Conferencista
7:30 - 8:00 AM	Registro	
8:00 - 8:30 AM	Apertura	
8:30 - 10:30 AM	Evaluación de las propiedades texturales de sólidos porosos mediante adsorción física de gases	Andoni Gil. Profesor Catedrático en Ingeniería Química. Universidad Pública de Navarra, Pamplona, España.
10:30 - 11:00 AM	Coffee break	
11:00 - 12:00 M	Ingeniería de las reacciones químicas - reactores y sus fenómenos	José Herney Ramírez. Profesor Titular Departamento de Ingeniería Química, Universidad Nacional de Colombia,
12:00 - 2:00 PM	Almuerzo libre	
2:00 - 3:30 PM	Aplicación de la técnica de quimisorción en la caracterización de catalizadores.	Simón Yunes. Científico Senior de Aplicaciones, Micromeritics Instrument Corporation. Norcross, GA 30093, USA.
3:30 - 4:00 PM	Coffee break	
4:00 - 5:00 PM	Métodos de caracterización de la acidez superficial en catalizadores: técnicas y aplicaciones.	Roger Solano. Profesor de Ingeniería Biotecnológica, Universidad EIA, Medellín, Colombia
5:15 PM	Foto Grupal ECC	

PROGRAMA
XIV Simposio Colombiano de Catálisis (SiCCat)

Programación XIV SiCCat - Pasto 2025: Hacia un futuro sostenible											
Hora	Escuela Colombiana de Catálisis	Simposio Colombiano de Catálisis									
	Martes 7 de octubre	Miércoles 8 de octubre	Jueves 9 de octubre		Viernes 10 de octubre						
7:00 a. m.	Registro	Registro	Registro								
7:30 a. m.											
8:00 a. m.	Acto de Apertura	Acto de Apertura	Plenaria 3 Luis Miguel Madeira		Plenaria 5 Marc Pera-Titus						
8:15 a. m.											
8:30 a. m.	Evaluación de las propiedades texturales de sólidos porosos mediante adsorción física de gases Andoni Gil	Plenaria 1 Andoni Gil						Charla técnica revista ION			
8:45 a. m.											
9:00 a. m.		KN-6 (T3)	KN-7 (T1+T3)	KN-5 (T3)	KN-8 (T3)						
9:15 a. m.		Charla técnica (video) CPQ		O-37	O-30						
9:30 a. m.		KN-1 (T1+T3)	KN-2 (T2+T4)	O-38	O-35	O-22	O-25				
9:45 a. m.				O-43	O-40	O-51	O-48				
10:00 a. m.		O-41	O-32	O-44	O-47	O-53	O-52				
10:15 a. m.		Coffee-Break	Coffee-Break								
10:30 a. m.											
10:45 a. m.	Ingeniería de las reacciones químicas - reactores y sus fenómenos José Herney Ramírez	O-03	O-05	KN-9 (T5)	O-20	Plenaria 6 Hamilton Varela					
11:00 a. m.		O-04	O-06		O-23						
11:15 a. m.		O-12	O-14	O-56	O-27						
11:30 a. m.		O-13	O-15	O-33	O-42						
11:45 a. m.	Almuerzo libre						Clausura				
12:00 p. m.							Tiempo libre. Actividades sociales				
12:30 p. m.											
1:00 p. m.											
2:00 p. m.	Aplicación de la técnica de quimisorción en la caracterización de catalizadores Simón Yunes	Plenaria 2 Luis Alejandro Galeano		Plenaria 4 Françoise Maugé							
2:15 p. m.											
2:30 p. m.		KN-4 (T1)	KN-3 (T2+T4)	Charla técnica MNT							
2:45 p. m.		Coffee-Break	O-07		O-01	Exhibición de Pósteres					
3:00 p. m.	O-10		O-24								
3:15 p. m.	Métodos de caracterización de la acidez superficial en catalizadores: técnicas y aplicaciones Roger Solano	Coffee-Break		Asamblea General Sociedad Colombiana de Catálisis SoCCat							
3:30 p. m.		O-11							O-28		
3:45 p. m.		O-16						O-29			
4:00 p. m.		Foto Grupal ECC	O-19					O-31			
4:15 p. m.	O-26		O-34								
4:30 p. m.	O-39		O-46								
4:45 p. m.	O-49		O-02								
5:00 p. m.			Cena								
5:15 p. m.											
5:30 p. m.											
5:45 p. m.											
7:00 p. m.											
Plenarias: Auditorio Luis Santander Benavides		Sesión 1 orales: Auditorio Bloque 1-sur			Sesión 2 orales: Auditorio Bloque Tecnológico						
T1	Diseño, síntesis y caracterización de catalizadores		Club Colombia Cl 16A #40-66, Pasto, Nariño		T3	Catálisis ambiental					
T2	Análisis cinético de procesos catalíticos				T4	Catálisis y energía					
T5	Aplicaciones misceláneas en adsorción y catálisis				KN: Conferencia Keynote						
					PL: Conferencia Plenaria						

**XIV SIMPOSIO
COLOMBIANO
DE CATÁLISIS**



Pasto 2025
Hacia un futuro
sostenible



PLENARIAS INVITADAS



Andoni Gil Bravo

Departamento de Ciencias, Universidad Pública de Navarra,
Campus de Arrosadía – Pamplona, Navarra – España

Formación. El Dr. Gil Bravo obtuvo su Licenciatura en Química en la Universidad del País Vasco, donde también realizó su Máster en Química y su Doctorado en Ciencias Químicas. Posteriormente, llevó a cabo una estancia postdoctoral en la Université Catholique de Louvain (Bélgica), especializándose en la caracterización de sólidos porosos y su aplicación en procesos catalíticos.

Área de actuación. Su principal área de actuación es la Ingeniería Química, con énfasis en catálisis heterogénea aplicada a la resolución de problemas medioambientales y energéticos. Ha desarrollado investigaciones en procesos de adsorción, tecnologías de oxidación avanzada y valorización de residuos industriales. Transversalmente, ha trabajado intensivamente en la aplicación de distintas técnicas de caracterización de materiales, como la adsorción física y química, difracción de rayos X, análisis termogravimétrico, etc. Ha publicado 350 artículos en revistas científicas, 10 patentes y ha presentado más de 350 contribuciones en congresos internacionales, además, es autor de dos libros y co-editor de ocho. Su impacto en la comunidad científica se refleja en su h-index (53, Scopus).

Premios y reconocimientos. En su carrera ha recibido varios premios a su labor investigadora como el premio al conjunto de su trayectoria investigadora personal en 2011, el Accésit en el premio de Investigación Universidad Pública de Navarra-Caja Navarra en 2003 y a las mejores contribuciones científicas realizadas en 2005 y en 2009, todos ellos en el Área de Ciencias Exactas, Biológicas, Médicas y Tecnológicas. Desde 2017 es beneficiario del Programa de Intensificación de la Investigación subvencionado por el Banco Santander. En 2021 recibió Medalla de Oro en los Stair Awards dentro de la categoría "Life Time Research Award". En 2022 fué distinguido dentro de las Inso Awards.

Comités Científicos. Ha sido miembro del comité científico de más de 20 congresos nacionales e internacionales. Además, ha formado parte del panel editorial de 19 revistas internacionales.

Comités administrativos. Ha desempeñado diversas responsabilidades académicas en la Universidad Pública de Navarra, incluyendo la dirección académica del título propio en Ingeniería y Gestión Medioambiental, la dirección académica del Máster en Nanociencia y la responsabilidad académica del Máster Interuniversitario en Nanotecnología Medioambiental. También es responsable de movilidad de estudiantes en la ETSIIyT con la Université Catholique de Louvain (ERASMUS) y la Universidad de Franca (Palafox). Ha tramitado convenios/acuerdos de cooperación académica, científica y cultural con las universidades de Franca y Maringá (Brasil), San Carlos (Guatemala), Nariño (Colombia), Hassan II Mohamedia-Casablanca (Marruecos), Tecnológica del Centro de Veracruz (México), Nacional de San Luis (Argentina) y catholique de Louvain. Ha trabajado en 49 proyectos de investigación nacionales e internacionales (23 como IP), 3 proyectos europeos (1 como IP) y en 19 contratos de investigación (todos como IP).

[Google Scholar](#)

[ResearchGate](#)

[Scopus](#): h-index 56



Luis Miguel Madeira

Full Professor in Chemical Engineering
Faculty of Engineering – University of Porto, Portugal

Background. L.M. Madeira graduated in Chemical Engineering (1993) and received his PhD (1998) from the Technical University of Lisbon (IST, Portugal) in Chemical Engineering – heterogeneous catalysis. He joined the Faculty of Engineering – University of Porto (FEUP) in 1999 where is presently Full Professor in the Department of Chemical and Biological Engineering.

Areas of action and research interests. L.M. Madeira is the Scientific Coordinator of the research unit LEPABE (Laboratory for Process Engineering, Environment, Biotechnology and Energy), with over 250 researchers. He is member of the Working Party on Chemical Reaction Engineering (WP-CRE) from the European Federation of Chemical Engineering (EFCE). His main research interests include multifunctional reactors (adsorptive-based, membrane-based, etc.) for CO₂ capture and valorisation (e.g., CO₂ methanation), H₂ production and purification technologies (e.g., reforming, water gas shift), and the use of Advanced Oxidation Processes for the treatment of gases and water/wastewater. L.M. Madeira has been the Director of Studies of the Bachelor and Master in Chemical Engineering at FEUP (2012-2023), where he teaches mostly distinct Reaction Engineering subjects.

Scientific career. L.M. Madeira authored/co-authored 1 book on *Sorption Enhanced Reaction Processes* (World Scientific, 2017), 12 book chapters, ca. 240 articles in peer reviewed international journals, about 280 communications in conferences and 4 patents. He has participated in ca. 40 research projects, either as a coordinator or as a member of the team, including national and EU funding projects.

He was/is the advisor/co-advisor of 17 postdoc level researchers, 30 PhD students (24 theses already completed, 5 of them in companies) and ca. 60 dissertations of master students.

Awards and recognitions. L.M. Madeira was the winner of the Air Liquide Scientific Challenge 2023, in the topic “Energy storage using essential small molecules”, with the idea entitled “CYCON - Cyclic device for continuous CO₂ capture and conversion into CH₄”. He was awarded the “Pedagogical Excellence Prize” in 2015/16 and the “Scientific Excellence Prize” in 2020, both by FEUP, among several other scientific prizes. Since 2019, he was always considered in the *Stanford University ranking* for the top 2% of researchers worldwide, both in terms of most cited authors and in the list of authors with outstanding careers.

[Página personal](#)

[ResearchGate](#)

[Scopus](#) (h-index 54)



Françoise Mauge

Laboratoire Catalyse et Spectrochimie, University of Caen Normandy, ENSICAEN, 14050 CAEN, France.

Formation. Dr. Françoise MAUGE is graduated from the Institut National des Sciences Appliquées de Lyon. She obtained a PhD in Physics and Chemistry from the University of Lyon in 1984 for investigations carried out at IRCELYON, and the Research Supervision Qualification (HDR) from University of Caen in 1989. In 1985, she joined the CNRS as research fellow and further senior research fellow. Since October 2024, she is Director of Research Emeritus at CNRS.

Research expertise and production. Her research focuses on the structure-activity relationships of catalytic materials through *in situ* and operando IR studies for reactions linked to sustainable development and biomass recovery. She is the author of 150 articles, 3 book chapters and 2 patents (WoS, H=42). She has presented 60 plenaries, key notes and invited lectures, and contributed to 250 conference presentations. She has supervised 28 PhD students.

Scientific management and recognition. She has been involved in over 30 projects with academic and industrial partners, as coordinator or member. She organized 18 national and international conferences as main organizer (Spectrocat 2024, MACS 2019, etc.) or member of the COPIL or COMEX (ICC 2024). She has been member of scientific committees and review panels for various institutions: CNRS, University of Caen, ENSICAEN. From 2011-2014, she was the director of the ENSICAEN research center (650 people). In 2025, she was named Distinguished Fellow of the *Société Chimique de France*.

[Página personal](#)

[Google Scholar](#)

[Scopus](#): h-index 42



Marc Pera-Titus

Professor & Chair in Sustainable Catalytic Chemistry
Director of International (DoI) Cardiff Catalysis Institute,
School of Chemistry Cardiff University

Marc Pera-Titus es catedrático en Química Catalítica Sostenible en la Universidad de Cardiff (Gales, Reino Unido). Marc obtuvo una doble licenciatura en Ingeniería Química (2001) y Química Física (2002), y un doctorado (2006) por la Universidad de Barcelona (Cataluña, España). En 2007, se incorporó a Ircelyon/CNRS (Francia) como investigador postdoctoral y fue nombrado miembro del CNRS en 2008. De 2011 a 2020, Marc fue jefe de proyectos, experto y director adjunto del laboratorio mixto E2P2L CNRS-Solvay en Shanghái (China), combinando investigación industrial y académica. Marc es autor de 150 artículos e inventor de 19 patentes en los campos de membranas, adsorción, catálisis y ecodiseño de procesos. Marc ha recibido numerosos premios, entre ellos el Premio de la Fundación Ródano-Alpes (2007), el Premio Elsevier al autor más citado en Catalysis (2009), las Medallas de Plata y Oro de la Academia China de Invencciones (2016, 2017), el premio DivCat de la Sociedad Francesa de Química (2017), dos becas de investigación ERC Consolidator (2018) y Proof of Concept (2023), y una beca industrial de la Royal Academy of Engineering (RAEng). Desde 2021, es miembro (Fellow) de la Royal Society of Chemistry.

[Página personal](#)

[Google Scholar](#)

[ResearchGate](#)

[Scopus](#): h-index 39



Hamilton Varela

Instituto de Química de São Carlos, Universidade de São Paulo,
Trabalhador São-carlense 400 - São Carlos, SP - Brasil

Formación. El profesor Varela es Ingeniero Químico graduado de la *Universidade Federal do Rio Grande do Norte*, con Maestría en Fisicoquímica de la *Universidade de São Paulo* y doctorado del *Instituto Fritz Haber* de la Sociedad Max Planck con tesis defendida en la *Freie Universität Berlin*. Realizó varias estancias posdoctorales en Alemania y Brasil entre 2003 y 2014 y actualmente es Profesor Titular adscrito al Departamento de Fisicoquímica del *Instituto de Química de São Carlos* (IQSC) de la *Universidade de São Paulo* (USP).

Área de actuación. Su principal área de actuación es la Fisicoquímica con énfasis en Sistemas Complejos, Dinámica no lineal en electrocatálisis. Ha publicado más de 160 artículos en revistas científicas con árbitro, 5 capítulos de libro y más de 200 contribuciones en eventos científicos. Su impacto en la comunidad científica se refleja en su h-index (34, Scopus).

Premios y reconocimientos. Recibió el *Skinner Prize* de la *Royal Society of Chemistry* (RSC) en 2001 y el *Ertl Prize* en su primera edición del 2012; Actualmente está incluido en la lista del 2% de los científicos más influyentes del mundo en el área de energía (*Updated science-wide author databases of standardized citation indicators*).

Comités Científicos. Es miembro fundador y director científico del *Ertl Center for Electrochemistry and Catalysis* en la ciudad de Gwangju, Corea del Sur (desde noviembre de 2010); Miembro electo en 2019 de la Academia Brasileira de Ciencias (2010-2014); Miembro titular da Academia de Ciencias del Estado de São Paulo (ACIESP) y de la *Royal Society of Chemistry*.

Comités administrativos. Fue miembro del Comité Asesor de Química del *Consejo Nacional de Desenvolvimento Científico* (CNPq) entre 2020 y 2023; Asesor del Gabinete de la Pro-rectoría de investigación de la USP entre 2015 y 2018; director ejecutivo de la ACIESP entre 2015 y 2019; Asesor Senior del Rector de la USP en 2022; Vice-director del IQSC-USP entre 2018 y 2022; y actual director del IQSC-USP desde 2022.

[Página personal](#)

[Google Scholar](#)

[ResearchGate](#)

[Scopus](#): h-index 35

RESÚMENES PLENARIAS

Residuos industriales: una fuente de producción de materiales con propiedades adsorbentes y catalíticas de interés energético y medioambiental

Antonio Gil^{1,*}, Aziza Imene Boulahbal¹, Leticia Santamaria¹, Yaneth Cardona¹, Jonathan J. Torrez-Herrera¹, Helir Joseph Muñoz¹, Alejandro Jiménez², Raquel Trujillano², Miguel Ángel Vicente² y Sophia A. Korili¹

¹ INAMAT, Departamento de Ciencias, Universidad Pública de Navarra, Pamplona – España.

² GIR-QUESCAT, Departamento de Química Inorgánica, Universidad de Salamanca, Salamanca – España.

Palabras clave: escorias salinas de aluminio; hidróxidos dobles laminares, arcilla pilareada; hexaaluminato, perovskita.

Resumen

Este trabajo presenta la valorización de residuos peligrosos generados durante los procesos de fundición secundaria de aluminio, escorias salinas, mediante la síntesis de materiales como hidróxidos dobles lamelares (*LDH*), arcillas pilareadas (*PILC*), hexaaluminatos y perovskitas como catalizadores para el tratamiento de la degradación de contaminantes orgánicos en agua y la recuperación de CO₂ mediante reformado seco de metano. La composición de las escorias salinas es muy heterogénea, incluyendo fracciones de productos no metálicos (20 a 50 % en peso de diversos óxidos), aluminio metálico y sales fundentes, lo que restringe sus posibles aplicaciones. Estudios previos en nuestro grupo de investigación nos han permitido conocer las condiciones de extracción de una fracción del aluminio presente en las escorias y utilizar esta solución como reactivo de partida para la síntesis de otros materiales. Así, la extracción alcalina permite obtener las condiciones de partida para la síntesis de *LDH*; mientras que la extracción ácida permite obtener hexaaluminatos y materiales derivados de su estructura. *Al-PILCs* pueden sintetizarse con ambas disoluciones. Los *LDH* y las arcillas pilareadas se han utilizado como catalizadores o soportes de catalizadores metálicos en la fotodegradación de contaminantes orgánicos, mientras que los hexaaluminatos y óxidos derivados, que requieren altas temperaturas para su síntesis, se utilizan en el reformado seco de metano. En este trabajo se presentarán los principales resultados de la síntesis de estos materiales, su caracterización y sus aplicaciones.

Referencias

- Gil A., Korili S.A. Management and valorization of aluminum saline slags: current status and future trends, *Chem. Eng. J.* 289 (2016) 74-84. DOI: 10.1016/j.cej.2015.12.069.
- Santamaría L., Vicente M.A., Korili S.A., Gil A. Saline slag waste as an aluminum source for the synthesis of Zn-Al-Fe-Ti layered double-hydroxides as catalysts for the photodegradation of emerging contaminants, *J. Alloys Comp.* 843 (2020) 156007. DOI: 10.1016/j.jallcom.2020.156007.
- Torrez-Herrera J.J., Korili S.A., Gil A., Structure and activity of nickel supported on hibonite-type Lahexaaluminates synthesized from aluminum saline slags for the dry reforming of methane, *Chem. Eng. J. Adv.* 5 (2021) 100080. DOI: 10.1016/j.cej.2020.100080.
- Torrez-Herrera J.J., Korili S.A., Gil A. Bimetallic (Pt-Ni) La-hexaaluminate catalysts obtained from aluminum saline slags for the dry reforming of methane, *Chem. Eng. J.* 433 (2022) 133191. DOI: 10.1016/j.cej.2021.133191.

- Cardona Y., Wegrzyn A., Miskowiec P., Korili S.A., Gil A. Catalytic photodegradation of organic compounds using TiO₂/pillared clays synthesized using a nonconventional aluminum source, *CheEng. J.* 446 (2022) 136908. DOI: 10.1016/j.cej.2022.136908.
- Cardona Y., Wegrzyn A., Miskowiec P., Korili S.A., Gil A. Heterogeneous Fenton- and photo-Fentonlike catalytic degradation of emerging pollutants using Fe₂O₃/TiO₂/pillared clays synthesized from aluminum industrial wastes, *J. Water Process Eng.* 52 (2023) 103494. DOI: 10.1016/j.jwpe.2023.103494.
- Muñoz H.J., Korili S.A., Gil A. Surface tuning of a highly crystalline Ni/LaAlO₃ perovskite catalyst obtained from aluminum saline slags using various synthesis methods for the dry reforming of methane, *Catal. Today* 447 (2025) 115158. DOI: 10.1016/j.cattod.2024.115158.4
- Muñoz H.J., Galeano L.A., Vicente M.A., Korili S.A., Gil A. Optimal carbofuran degradation via CWPO in NOM-doped water by a framework Cu-doped aluminate perovskite catalyst derived from aluminum saline slags, *Chem. Eng. J.* 499 (2024) 155971. DOI: 10.1016/j.cej.2024.155971.

Agradecimientos

Los autores agradecen la financiación de este estudio al Ministerio de Ciencia e Innovación (MCIN/AEI/10.13039/501100011033) y al Gobierno de Navarra (Departamento de Desarrollo Rural y Medioambiente, Fondo de Residuos 2023) través de los proyectos PID2023-146935OB-C21, PID2023-146935OB-C22 y 0011-4387-2023-000001. AIB, LS, JJTH y HJM agradecen a la Universidad Pública de Navarra (UPNA) por una ayuda económica a través de un contrato doctoral. YC agradece a la Universidad Pública de Navarra por el contrato doctoral (Iberus Talent, European Union's H2020 research and innovation program under Marie Skłodowska-Curie grant agreement N° 801586).

Autor de Presentación

Antonio Gil Bravo, Doctor en Ciencias Químicas por la Universidad del País Vasco, es Catedrático de Ingeniería Química en la Universidad Pública de Navarra, Pamplona (España). Su investigación se centra en la catálisis heterogénea para resolver problemas medioambientales y energéticos, en procesos de adsorción y en la valorización de residuos industriales, con amplia experiencia en caracterización de materiales. Ha liderado numerosos proyectos nacionales e internacionales, publicado más de 350 artículos científicos y 9 patentes. Destaca su labor editorial, con dos libros publicados y 10 editados, y participación en comités científicos de eventos nacionales e internacionales. Ha recibido múltiples premios por su trayectoria y contribuciones científicas. Además, ha promovido la cooperación internacional y liderado programas de máster en su universidad. Su impacto en la comunidad científica se refleja en su h-index (54, Scopus), con 10.000 citas a sus investigaciones.

Email: andoni@unavarra.es

Multifunctional Reactors – Some Perspectives on their Applications and Potential

Luís Miguel Madeira¹

¹LEPABE and ALICE, Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering – University of Porto, Rua Dr. Roberto Frias, Porto – Portugal.

Keywords: Multifunctional reactors; Water-gas shift; CO₂ capture and conversion; Steam reforming.

Abstract

Process intensification implies, among others, the use of multifunctional reactors, which are, in short, compact units where the reaction is combined with other unit operation(s), in particular with separation processes. Many examples of multifunctional reactors can be provided and discussed. This is the case, for example, of the production/purification of hydrogen in membrane reactors (via the water-gas shift reaction – WGS), or integrated membrane reactors with CO₂ adsorption for H₂ production via reforming processes.

Membrane reactors for hydrogen production

A relevant example of the possible application of membrane reactors (MRs) is the WGS reaction. The WGS is a key stage in the processing of fuels for the production of hydrogen, with several industrial applications. The WGS is a moderately exothermic reversible reaction; consequently, its conversion is limited by equilibrium, particularly at high temperatures.

When using a H₂ perm-selective membrane, this product is extracted from the reaction medium, shifting forward the equilibrium of the WGS reaction. In Figure 1 are illustrated results obtained with a dense metallic permeation tube, obtained from a flat Pd-Ag membrane (Mendes *et al.*, 2010). Hydrogen permeation through the membrane can be improved by increasing the total feed pressure or by decreasing the pressure in the permeate side (e.g. using vacuum or, alternatively, a sweep gas). From a mechanical point of view, the difference between the (total) lumen and external pressure in such types of membranes cannot exceed ~2 bar. Thus, a strategy was designed to achieve higher pressures using a pressurized sweep gas. The performance achieved with the MR, keeping the total pressure difference constant ($\Delta P = P_{\text{feed}} - P_{\text{permeate}}$) at 1 bar, is shown in Figure 1. Increasing the feed pressure from 2.0 to 4.0 bar improved the performance of the MR; under moderate conditions of temperature and pressure a CO conversion very close to 100% was reached (clearly above equilibrium – dashed line) with almost complete recovery of H₂.

Membrane reactors integrated with CO₂ adsorption for H₂ production

The removal of any of the products in complex reaction systems, involving in particular reversible reactions, should improve the overall performance. However, such improvement is expected to be even more significant if more than one product is removed from the medium. For example, in the case of steam reforming of glycerol (a by-product of the biodiesel manufacturing process), the separation of H₂ (with a selective membrane) and/or CO₂ (with an appropriate adsorbent) was analyzed, from a thermodynamic point of view, by Silva *et al.* (2015). It was found that the yield of H₂ should improve either with the incorporation in the catalytic bed of an adsorbent for CO₂ capture (sorption-enhanced reactor, SER), or with the use of a perm-selective membrane towards H₂ (MR). However, compared to the conventional reactor, the best performance should be achieved in a reactor that integrates everything in the same device – the sorption-enhanced membrane reactor (SEMR); in this case, thermodynamic predictions pointed to over 200% improvement in the H₂ yield while also minimizing the occurrence of undesirable parallel reactions, namely methanation and coke formation (Silva *et al.* 2015). Some of these trends have been corroborated by subsequent experimental studies, while high-purity H₂ streams have been obtained. Still, these multifunctional reactor concepts have also been successfully applied not only to glycerol but also to effluents that represent a major concern in Mediterranean countries such as those resulting from the production of olive oil. Thus, not only is an environmental problem solved

(because organic pollutant removals of more than 99.9% were achieved), but H_2 is also produced from renewable sources reforming (Rocha *et al.*, 2022).

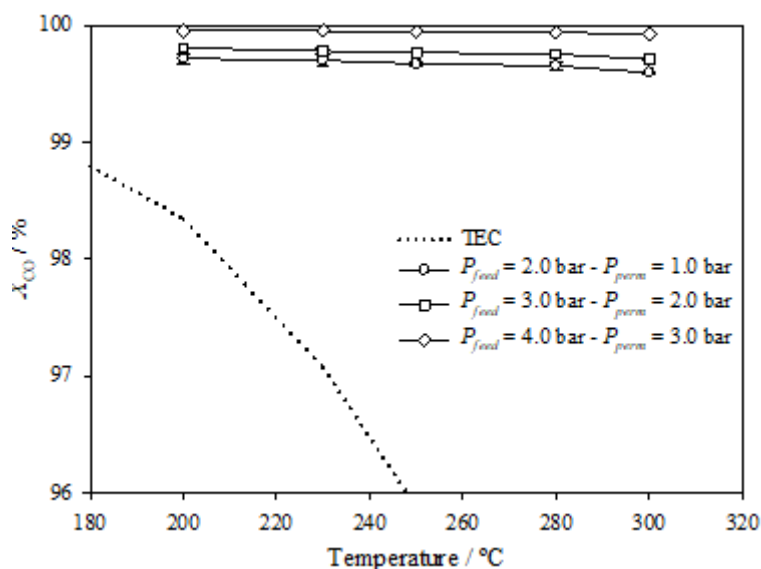


Figure 1. CO conversion as a function of the feed pressure for the WGS reaction at different temperatures in a Pd-Ag MR (N_2 flow rate used as sweep gas = $1000 \text{ mL}_N \text{ min}^{-1}$, GHSV = $1200 \text{ L}_N \text{ kg}_{\text{cat}}^{-1} \text{ h}^{-1}$, feed composition: 4.70% CO, 34.78% H_2O , 28.70% H_2 , 10.16% CO_2 in N_2); TEC – thermodynamic equilibrium conversion. Source: (Mendes *et al.*, 2010).

In the talk, other examples of multifunctional reactors will be given, with application in areas ranging from CO_2 capture and its valorization, to gases treatment by using advanced oxidation processes.

Acknowledgments

LMM acknowledges financial support by FCT/MCTES (PIDDAC), under the projects: LEPABE, UIDB/00511/2020 and UIDP/00511/2020 and ALiCE, LA/P/0045/2020.

References

- Rocha C., Soria M.A., Madeira L.M., Steam reforming of olive oil mill wastewater with in situ hydrogen and carbon dioxide separation – thermodynamic analysis, *Fuel* 2017, 207, 449-460. DOI: 10.1016/j.fuel.2017.06.111
- Mendes D., Chibante V., Zheng J.-M., Tosti S., Borgognoni F., Mendes A., Madeira L.M., Enhancing the production of hydrogen via water-gas shift reaction using Pd-based membrane reactors, *Int. J. Hydrogen Energ.* 2010, 35, 12596–12608. DOI: 10.1016/j.ijhydene.2010.07.159
- Silva J.M., Soria M.A., Madeira L.M., Thermodynamic analysis of glycerol steam reforming for hydrogen production with in situ hydrogen and carbon dioxide separation, *J. Power Sources* 2015, 273, 423-430. DOI: 10.1016/j.jpowsour.2014.09.093

Presenting author

Luis M. Madeira is full professor in Chemical Engineering at the Faculty of Engineering – University of Porto, Portugal. He is the scientific coordinator of the research unit LEPABE, with over 250 researchers. His main research interests include multifunctional reactors for CO_2 capture and valorisation, H_2 production and purification technologies, and the use of Advanced Oxidation Processes for the treatment of gases and water/wastewater. Email: mmadeira@fe.up.pt

Arcillas pilarizadas como plataforma en la preparación de catalizadores

Luis-Alejandro Galeano^{1,*}

¹ Grupo de Investigación en Materiales Funcionales y Catálisis (GIMFC), Departamento de Química, Universidad de Nariño, Pasto – Colombia.

Palabras clave: Arcilla pilarizada; catalizador; intercalación; propiedades texturales.

Resumen

La pilarización de arcillas es una herramienta de química suave que permite la obtención de materiales nanoestructurados, a partir de aluminosilicatos expansibles, naturales o sintéticos, con excelentes propiedades catalíticas y adsorbentes. La intercalación de arcillas de tipo esmectita es una estrategia sencilla que se puede llevar a cabo mediante procedimientos simples de intercambio iónico, aprovechando la capacidad de intercambio catiónico (CIC), que caracteriza esta familia de minerales muy abundantes y de bajo costo. Esto cumple dos propósitos fundamentales, y de manera simultánea: (i) optimizar las propiedades texturales, principalmente el área superficial específica y el volumen de microporos, brindando mayor accesibilidad a reactivos para transformaciones catalíticas en superficie, y (ii) ofrecer sitios activos de composición y reactividad modulados, en función de la naturaleza de los metales intercalados, su dispersión, estado de oxidación, etc. Subsidiariamente, y no menos importante cuando se piensan para aplicaciones catalíticas a elevada temperatura, las arcillas pilarizadas (PILCs) presentan estabilidad térmica mejorada. Las PILCs más estudiadas sin duda han sido expandidas con policationes de Al. En la preparación de especies policationicas pilarizantes, es fundamental el control de la composición metálica, pues en función de esta puede variar de manera muy significativa la naturaleza química, y no solo elemental, de las especies que queden finalmente depositadas en el material final; en este sentido, la fracción metálica de un segundo metal frente que se puede incorporar en verdaderos policationes a base de aluminio suele ser bastante limitada. La consecuencia directa es que una fracción muy elevada de un segundo metal normalmente empobrece las propiedades texturales del aluminosilicato, así como la estabilidad química de las especies en las que se depositan en superficie. Pero, por otra parte, fracciones bajas del segundo metal conducen a formas químicas del metal de transición (por ej. Fe, Cu, Co, entre otros) más estables química y térmicamente, y con propiedades redox bastante particulares y no totalmente aprovechadas en aplicaciones catalíticas. La segunda variable muy útil en la preparación de estas disoluciones, es la relación de hidrólisis, la cual gobierna en gran medida la condensación de policationicos de gran talla y carga, que son los más útiles en la expansión de este tipo de aluminosilicatos.

En este trabajo se describirán avances recientes logrados en la preparación de policationes multimetálicos a base de Al a partir de disoluciones altamente concentradas, que cambian de manera radical el potencial aplicativo de este tipo de materiales hacia soluciones tecnológicas a escala real. La preparación de Al/Fe-PILCs con esta metodología optimizada ha permitido igualmente el estudio de sus propiedades catalíticas en la degradación Fenton Heterogéneo a escala piloto de moléculas modelo de aguas residuales como fenol y naranja de metilo, así como de materia orgánica natural (MON) para mejorar procesos de potabilización de agua, y disminución del riesgo químico en el mismo tipo de efluentes.

Referencias

- Galeano L.A., Vicente M.Á., and Gil A., Catalytic degradation of organic pollutants in aqueous streams by mixed Al/M-pillared clays (M = Fe, Cu, Mn). Catal. Rev. 2014, 56, 239-287. DOI: 10.1080/01614940.2014.
- Galeano L.A., Gil A., and Vicente M.A., Effect of the atomic active metal ratio in Al/Fe-, Al/Cu- and Al/(Fe-Cu)-intercalating solutions on the physicochemical properties and catalytic activity of pillared clays in the CWPO of methyl orange. Appl. Catal. B, 210, 100, 271-281. DOI: doi: 10.1016/j.apcatb.2010.08.003.
- Tepud-Rodríguez, J.S., Cotazo-Mosquera, O.J., Garcia-Mora, A.M., Hidalgo-Troya, A., Galeano, L.A., Al/Co-pillaring of clays from concentrated precursors and catalytic performance in the phenol degradation by sulfate radicals. R. Soc. Open. Sci. (2025) Aceptado, en prensa.
- Vallejo C.A., Galeano L.A., Trujillano R., Vicente M.A., Gil A., Preparation of Al/Fe-PILC clay catalysts from concentrated precursors: enhanced hydrolysis of pillaring metals and intercalation, RSC Adv. 2020, 10, 40450. DOI: 10.1039/d0ra08948f.
- Muñoz H.J., Vallejo C., Blanco C., Gil A., Vicente M.A., Ramírez J.H., Galeano L.A., 10 kg scaled-up preparation of Al/Fe-pillared clay CWPO catalysts from concentrated precursors, Green Chem., 2018, 20, 5196. DOI: 10.1039/c8gc02445f.
- Cardona Y., Wegrzyn A., Miskowicz P., Korili S.A., Gil A., CWPO Degradation of Methyl Orange at Circumneutral pH: Multi-Response Statistical Optimization, Main Intermediates and by-Products, Front. Chem., 2019, 7, 772. DOI: 10.3389/fchem.2019.00772.
- Garcia-Mora A.M., Portilla-Delgado C.S., Torres-Palma R.A., Hidalgo-Troya A., Galeano L.A., Catalytic wet peroxide oxidation to remove natural organic matter from real surface waters at urban and rural drinking water treatment plants. J. Water Process Eng. 2021, 42, 102136. DOI: 10.1016/j.jwpe.2021.102136.
- Garcia-Mora A.M., Torres-Palma R.A., García H., Hidalgo-Troya A., Galeano L.A., Removal of dissolved natural organic matter by the Al/Fe pillared clay-activated-catalytic wet peroxide oxidation: Statistical multi-response optimization. J. Water Process Eng. 2021, 39, 101755. DOI: 10.1016/j.jwpe.2020.101755.
- Cotazo-Mosquera O.J., Gómez-Obando V.A., Galeano L.A., Torres-Palma R.A., García-Mora A.M., Effect of the degradation of different dissolved NOM fractions by the heterogeneous Fenton treatment on the emergence of trihalomethanes and haloacetic acids at drinking water treatment plants. J. Water Process Eng. 2025, 71, 107335. DOI: 10.1016/j.jwpe.2025.107335.

Agradecimientos

El autor agradece la financiación de este trabajo al Fondo de Ciencia, Tecnología e Innovación del Sistema General de Regalías - Colombia (BPIN: 2014000100020).

Autor de Presentación

Luis Alejandro Galeano, Doctor en Reactividad y Tecnología Químicas por la Universidad de Salamanca, Químico y Magister en Ciencias – Química, por la Universidad Nacional de Colombia. Es desde 2006 profesor de tiempo completo en la Universidad de Nariño, Colombia. Su investigación está enfocada en el desarrollo de nuevos materiales funcionales principalmente en aplicaciones catalíticas para la remediación de la contaminación ambiental, con particular énfasis en la descontaminación y desinfección de aguas. Ha liderado numerosos proyectos con financiación del orden nacional, ha publicado 37 artículos científicos, 2 libros editados, y 1 patente de invención. Ha organizado 2 congresos científicos en el área de materiales y catálisis. Ha presentado más de 100 ponencias en eventos científicos nacionales e internacionales. Acredita casi 1000 citas a sus publicaciones (*h-index* 17, GoogleScholar). Igualmente, ha presidido la Sociedad Colombiana de Catálisis (SoCCat) en el periodo 2023-2025, representando a Colombia ante la FISOCAT hasta el año 2026.

*Email: alejandrogaleano@udenar.edu.co

**XIV SIMPOSIO
COLOMBIANO
DE CATÁLISIS**



Pasto 2025
Hacia un futuro
sostenible



KEYNOTES

CO₂ capture from flue gas and biogas and conversion to CH₄ – process intensification

Luis Miguel Madeira^{1,2*}, Joana Andrade Martins^{1,2}, Alírio Egídio Rodrigues^{2,3}

¹ LEPABE, Faculty of Engineering of the University of Porto – Portugal.

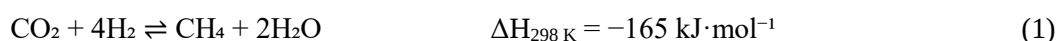
² ALiCE, Faculty of Engineering of the University of Porto – Portugal

³ LSRE-LCM, Faculty of Engineering of the University of Porto – Portugal

Keywords: Carbon Capture and Utilization, Biogas Upgrading, CO₂ Methanation, Synthetic Natural Gas

Abstract

In Power-to-Methane technologies, renewable H₂ and CO₂ can be transformed into methane (synthetic natural gas), a versatile energy carrier suitable for storage and distribution. This conversion occurs via the Sabatier (or methanation) reaction (Eq. 1).



CO₂ sources include flue gas (typically 5–30% CO₂ diluted in N₂) and biogas (which generally contains 15–50% CO₂ alongside CH₄). In our group, an adsorptive reactive unit was used to simultaneously capture CO₂ from these streams and convert it into CH₄, under different operating conditions. To this end, a column was packed with a commercial K-promoted hydrotalcite (the CO₂ adsorbent) and Ru/Al₂O₃ (the methanation catalyst), as schematized in Figure 1.

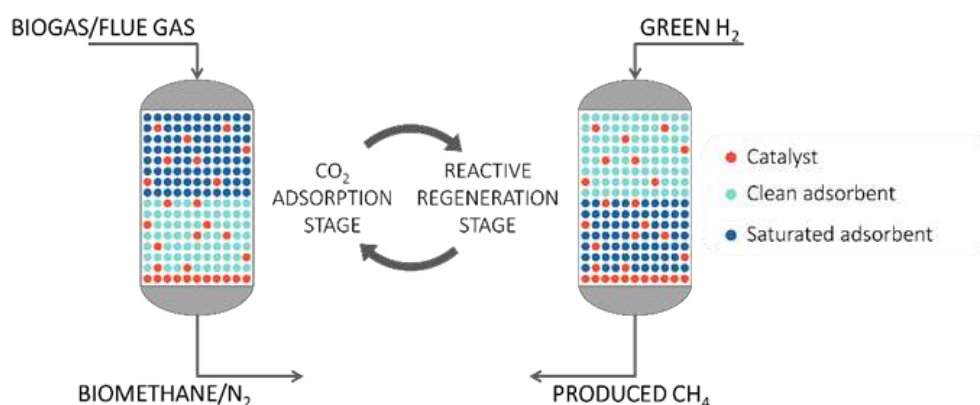


Figure 1. Scheme of the adsorptive reactor in cyclic operation.

As observed in Figure 1, the operation of the adsorptive reactor swings between two stages. During the CO₂ adsorption stage (Figure 1 – left side), the CO₂-containing stream is fed (flue gas or biogas), and the CO₂ is captured by the adsorbent, which becomes progressively saturated. In this stage, the outlet of the column is biomethane, in the case of the biogas inlet, and N₂ when flue gas is fed (apart from minor impurities that can be previously eliminated, if critical). After the adsorption stage, green H₂ starts being fed to the column, and the reactive regeneration stage begins (Figure 1 – right side). During this stage, the CO₂ is released from the adsorbent (which is therefore being regenerated), and as both reactants reach the catalyst particle active sites, CH₄ and H₂O are produced, the latter of which can be condensed.

In our studies, the inlets of the column were switched (typically every 20 minutes), creating sequential adsorption/reactive regeneration cycles, which were performed until a cyclic steady state was achieved. The inlet flow rate during the adsorption stage was CO₂ plus CH₄ in the case of biogas and plus N₂ for flue gas. During the reactive regeneration stage, the inlet stream was pure H₂ for both cases. It was evaluated, among other variables, the effect of temperature, pressure, and adsorbent-to-catalyst mass

ratio. Several process indicators were calculated, from which CH₄ purity and productivity are especially important.

For brevity reasons, this discussion will focus on the effect of pressure variation, using a mass ratio of 5, at 350 °C, and with biogas as the source of CO₂. Table 1 presents the CH₄ productivity (the total amount of CH₄ that exits the system, per catalyst mass and time unit) and purity (outlet fraction of CH₄) obtained at 1, 4, and 7 bar.

Table 1. CH₄ productivity (Prod_{CH₄}) and purity (Pur_{CH₄}) obtained using a mass ratio of 5, at 350 °C, and with biogas as the source of CO₂.

Pressure	Prod _{CH₄} mol·kg _{cat+ads} ⁻¹ ·h ⁻¹	Pur _{CH₄} %
1	0,889	48,3
4	1,035	73,7
7	1,073	82,1

Table 1 shows that the rise in total pressure was favorable for CH₄ productivity, increasing it from 0,889 to 1,073 mol·kg_{cat+ads}⁻¹·h⁻¹ (at 1 and 7 bar, respectively). This is because this increment is beneficial both for the adsorption process (higher partial pressure of CO₂ and improved kinetics) and for the methanation reaction (favored by high pressure both kinetically and thermodynamically). Productivity increased with pressure, which means that the amount of unreacted CO₂ and H₂ exiting the column was reduced. Hence, the CH₄ purity also benefited from operation at higher pressure, as can be confirmed in Table 1. At 1 bar, the outlet fraction of CH₄ was 48,3 % while at 7 bar it was 82,1 %.

In conclusion, the increase in total pressure was overall beneficial for the adsorptive reactive method presented. The study of this and other parameters will allow the optimization of the process for both the biogas and flue gas feed cases.

References

- Ghaib K. and Ben-Fares F. Z. Power-to-Methane: A state-of-the-art review *Renew. Sustain. Energy Rev.* 2018, 81, 433–446. DOI: 10.1016/j.rser.2017.08.004
- Angelidaki I. et al., Biogas upgrading and utilization: Current status and perspectives. *Biotechnol. Adv.* 2018, 36 (2), pp. 452–466. DOI: 10.1016/j.biotechadv.2018.01.011

Premio Mejor Trabajo Derivado de Maestría (Colombia)

Exploración de alternativas catalíticas para reacciones de valorización de hidrocarburos con catalizadores de NiMo/zeolitaboehmita

Luisa F. Acevedo-Córdoba¹, Edgar M. Morales-Valencia¹, David Pérez-Martínez², Víctor G. Baldovino-Medrano^{1,3}

¹Centro de Investigaciones en Catálisis (CICAT) – @CICATUIS, ³Laboratorio Central de Ciencia de Superficies (SurfLab) Escuela de Ingeniería Química – Universidad Industrial de Santander, Colombia

²Centro de Innovación y Tecnología ICP, Piedecuesta, Colombia

Palabras clave: Valorización catalítica, Zeolitas, Hidrocraqueo, Recobro mejorado, Crudo pesado

Resumen

Este trabajo desarrolla una exploración de dos alternativas catalíticas para reacciones de valorización de hidrocarburos con catalizadores de níquel y molibdeno soportados en zeolita y boehmita (NiMo/zeolitaboehmita).

Para la primera alternativa, se sintetizó un catalizador de tipo industrial con forma cilíndrica utilizando una formulación de NiMo/zeolita-boehmita y se evaluó en la valorización de un crudo pesado colombiano bajo ambientes característicos de un proceso de recobro mejorado basado en combustión in-situ. Se determinaron las condiciones de operación (temperatura, masa del catalizador y tamaño de partícula del catalizador) donde se observó una influencia de la actividad catalítica en las reacciones de valorización. Adicionalmente, se determinó la influencia de las concentraciones de CO₂ y CH₄ sobre la actividad del catalizador.

Para la segunda alternativa, se investigó una ruta no convencional para preparar catalizadores técnicos de NiMo/zeolita-boehmita, donde se minimizaron los efectos negativos de la impregnación húmeda de catalizadores. El estudio se llevó a cabo utilizando una síntesis mecanoquímica en un molino planetario de bolas, que permitió la incorporación de la fase activa sin utilizar solventes. Se evaluó la influencia de la composición del portador y la ruta de impregnación (convencional y libre de solventes) sobre las propiedades del material y la actividad catalítica de los conformados. En la **figura 1** se observa un resumen gráfico que incluye los aspectos más relevantes del estudio

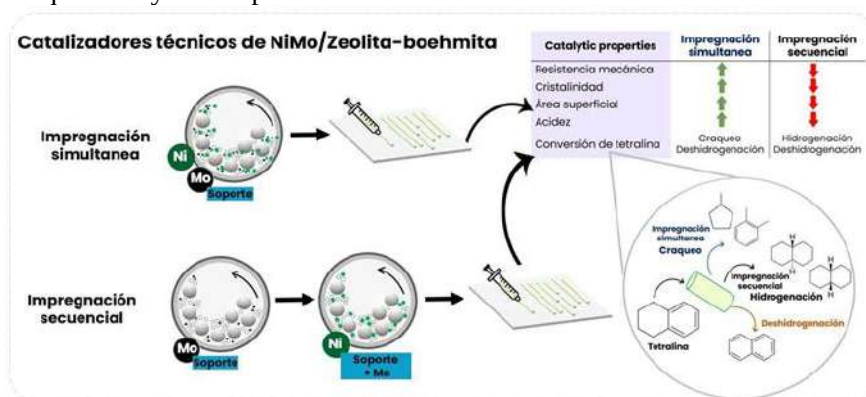


Figura 1. Resumen gráfico de la síntesis de catalizadores técnicos de NiMo/zeolita-boehmita.

Se observó una influencia de la ruta de impregnación en la resistencia mecánica del material; ya que los pellets elaborados después de una impregnación simultánea presentan la mayor resistencia mecánica. Con respecto a las propiedades texturales de los materiales preparados, se evidencio el área

de superficie más alta después de la impregnación simultánea. Los pellets impregnados en pasos secuenciales no mostraron la presencia de microporos. Durante las pruebas catalíticas se obtuvieron conversiones de tetralina inferiores al 12%, se determinó que el método de impregnación influye en la ruta de reacción: los catalizadores impregnados en pasos secuenciales no generaron productos de craqueo, mientras que los impregnados de forma simultánea sí. Adicionalmente, se determinó una relación entre la acidez del material y el rendimiento hacia los productos de hidrogenación y craqueo. Los materiales con menor acidez promueven sólo los productos de hidrogenación. Por el contrario, los catalizadores con mayor acidez promueven el craqueo de las moléculas y reducen la actividad de hidrogenación. Esto se debe a fuertes interacciones entre los centros metálicos y los centros ácidos

Estos resultados demostraron que un protocolo adecuado para la preparación de catalizadores técnicos mediante impregnación mecanoquímica consiste en los siguientes pasos: primero, la preparación del soporte con zeolita Y y boehmita; segundo, la incorporación de Ni y Mo mediante una etapa de molienda simultánea; y finalmente, un proceso de extrusión y calcinación. También se demostró que es posible emplear únicamente agua como agente lubricante. Los resultados completos de esta ruta catalítica se encuentran en una publicación de la revista Catalysis Today.

Referencias

- Acevedo-Córdoba, L. F. Exploración de alternativas catalíticas para la valorización de hidrocarburos con catalizadores tipo NiMo/zeolita-boehmita. *Tesis*, Univ. Ind. Santander, 2024. Disponible en: <https://noesis.uis.edu.co/items/551cf4b2-afc5-4836-8dd7-b9f710c9777c>
- Acevedo-Córdoba, L. F., Vargas-Montañez, O. J., Velasco-Rozo, E. A., et al. Mechanochemical approach for the preparation of technical catalysts. *Catal. Today* 2023, 429, 114474. <https://doi.org/10.1016/j.cattod.2023.11447>

Nuevos horizontes en fotocatalisis con CO₂ supercrítico y O₂: Una alianza verde para la oxidación selectiva con O₂

Henry Martínez Q.¹, Estefany Pájaro¹, Edgar A. Páez M.¹, Fernando Martínez O.¹

¹ Centro de Investigaciones en Catálisis - CICAT, Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga – Colombia.

Palabras clave: CO₂ supercrítico; oxidación selectiva; fotocatalisis; oxígeno molecular.

Resumen

El uso masivo de disolventes orgánicos convencionales en la industria química plantea importantes riesgos ambientales y sanitarios, debido a su toxicidad, volatilidad y origen no renovable. Frente a esta problemática, el dióxido de carbono en estado supercrítico (sc-CO₂) se posiciona como una alternativa verde y eficiente, alineada con los principios de la Química Verde. El sc-CO₂ es un fluido no inflamable, relativamente no tóxico y químicamente inerte, posee un punto crítico moderado (T_c = 304 K, P_c = 7,38 MPa), lo que facilita su implementación en condiciones experimentales y procesos industriales. Además, el sc-CO₂ combina propiedades tanto de gases como de líquidos, presentando baja viscosidad, alta difusividad y gran capacidad de penetración, favoreciendo la transferencia de masa. Estas características lo convierten en un solvente ideal para reacciones catalíticas heterogéneas, especialmente en oxidaciones selectivas con O₂. Su completa miscibilidad con el oxígeno elimina la resistencia interfacial típica del sistema líquido-gas, mejorando tanto la velocidad de reacción como la selectividad. Asimismo, al no generar subproductos derivados del disolvente, se evita la necesidad de etapas adicionales de purificación.

En este trabajo se estudió la oxidación selectiva de α -pineno usando sc-CO₂ como solvente a 8 MPa y 313,15 K, condiciones cercanas al punto crítico, ver Fig. 1. En este caso el sc-CO₂ presenta una densidad inferior (0,28 g/cm³) a la del α -pineno (0,86 g/cm³), lo cual puede limitar el transporte de especies reactivas. También en esta zona se observó la opalescencia crítica, fenómeno asociado a fluctuaciones extremas de densidad. Al aumentar la presión a 14 MPa, se obtuvo un incremento significativo en la conversión y en la selectividad hacia óxido de pineno formado por la Transferencia de Átomo de Oxígeno (TAO) de un complejo de Mo anclado en el TiO₂. Sin embargo, a 18 MPa, aunque la conversión continuó aumentando levemente, se observó un incremento de verbenona, producto formado por vía radicalaria (O₂⁻) debido posiblemente a modificaciones en las propiedades de transporte.

El efecto de la temperatura crítica fue evaluado entre 313,15 y 333,15 K a presión constante (14 MPa), asociada a una disminución de la densidad y viscosidad del sc-CO₂ y un aumento en su coeficiente de difusión. Estos cambios térmicos favorecieron la conversión sin comprometer la selectividad, evidenciando que pequeños ajustes en presión y temperatura críticas permiten modular la reactividad.

En conjunto, los resultados confirman que la variación de presión y temperatura críticas influye directamente en las propiedades de transporte y solubilidad del CO₂, mejorando tanto la conversión como la selectividad de la oxidación catalítica al usar el O₂ como agente oxidante. Al evaluar la presión entre 140 y 180 bar y temperaturas superiores al punto crítico del CO₂, se observó una reducción en las limitaciones difusionales, especialmente con velocidades de agitación de 100 rpm. Este proceso TAO catalítico foto-estimulado usando sc-CO₂ como solvente representa una estrategia eficaz y sostenible para valorizar materias primas renovables como aceites esenciales o trementina comercial.

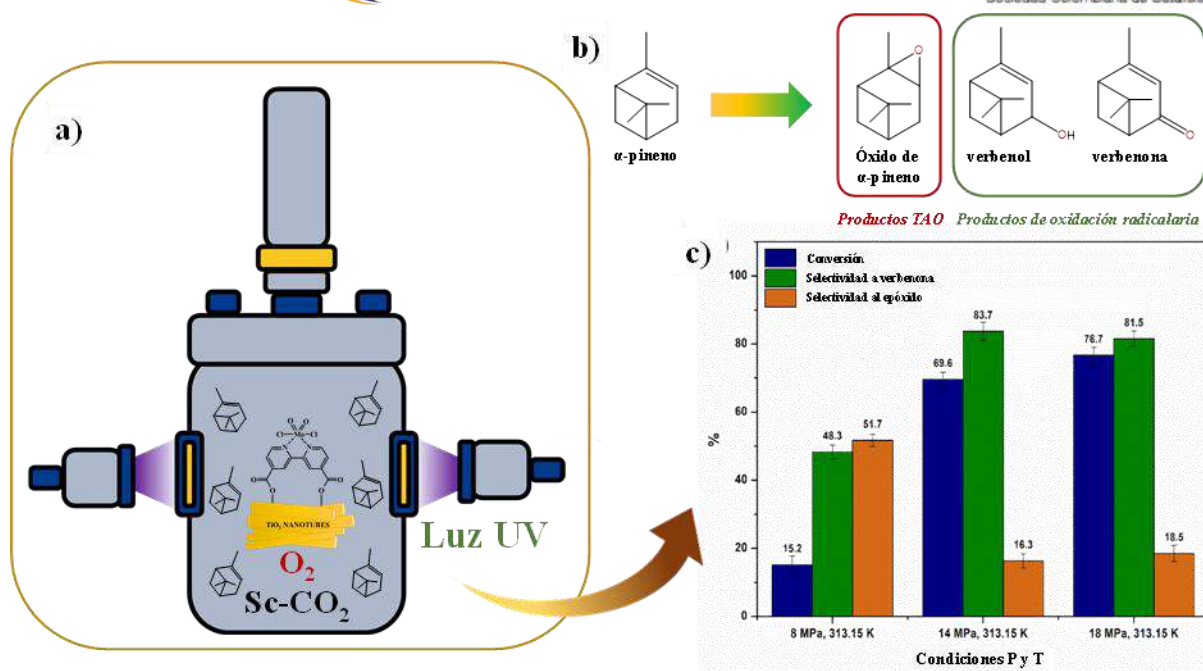


Figura 1. a) Esquema general del reactor de sc-CO₂, b) principales productos de oxidación del α-pineno y c) foto-conversión y selectividad en la oxidación selectiva de α-pineno usando sc-CO₂, luz, O₂ y MoO₂Cl₂Bpy/TiO₂-NT como catalizador.

Referencias

- Beckman E.J. Supercritical and near-critical CO₂ in green chemical synthesis and processing. *J. Supercrit. Fluid.* 2004, 28, 121–191. DOI: 10.1016/S0896-8446(03)00029-9
- Han X., Poliakoff M. Continuous reactions in supercritical carbon dioxide: Problems, solutions and possible ways forward. *Chem. Soc. Rev.* 2012, 41, 1428-1436. DOI: 10.1039/c2cs15314a
- Martínez H., Pájaro E., Páez-Mozo E.A. Supercritical CO₂ as sustainable solvent for selective photo-oxidation of monoterpenes with dioxo-Mo complex/TiO₂-nanotubes. *Catalysis Today* 2025, 455, 115305. DOI: 10.1016/j.cattod.2025.115305.

Autor de Presentación

Fernando Martínez O. es Químico, Magister en Química de la Universidad Industrial de Santander y doctor en Química por la Université de Poitiers, Ecole Supérieure D'Ingenieurs de Poitiers, Francia. Es miembro corresponsal de la Academia Colombiana de Ciencias Físicas Exactas y Naturales, ACCEFyN. Ha sido investigador del Centro de Investigación en Catálisis de la Universidad Industrial de Santander desde hace más de dos décadas, realizando varias publicaciones de artículos científicos (>80) en el área de la catálisis relacionados con procesos de oxidación avanzada, fotocatalisis, química fina, sistemas catalíticos para interfases líquidas, así como procesos de fotoquímicos en sistemas biológicos.

Email: fmartine@uis.edu.co

Premio Mejor Trabajo Derivado de Tesis de Doctorado (Colombia)

Isomerización de epóxidos de monoterpenos sobre zeolitas dendríticas del tipo ZSM-5.

Marta Mediavilla^{1,2}, Luis A. Gallego-Villada³, Jennifer Cueto⁴, María del Mar Alonso Doncel⁴, Edwin Alarcón¹, David P. Serrano⁴

¹ Grupo Catálisis Ambiental, Departamento de Ingeniería Química, Universidad de Antioquia, Medellín – Colombia.

² Grupo de Catálisis Heterogénea, Facultad de Ingeniería, Universidad Central de Venezuela, Caracas – Venezuela.

³ Grupo de investigación Química Industrial e Ingeniería de las Reacciones, Universidad Åbo Akademi, Turku/Åbo–Finlandia

⁴ Unidad de Procesos Termoquímicos, Instituto IMDEA Energía, Móstoles, Madrid – España

Palabras clave: Isomerización; Aldehído canfolénico; ZSM-5; Dendrítica.

Resumen

Un sólido del tipo ZSM-5 (Si/Al = 42) con estructura dendrítica previamente sintetizado y caracterizado, fue utilizado en la reacción de isomerización en fase líquida de epóxido de α -pineno hacia aldehído canfolénico. El sólido dendrítico mostró estructura cristalina característica de las zeolitas tipo ZSM-5 con porcentaje de mesoporosidad de 79,5%. Se evaluó la reacción de isomerización de epóxido de α -pineno en intervalos de temperatura, masa de catalizador y concentración inicial de epóxido entre 40-70 °C; 7-16 mg y 0,25-0,50 M, respectivamente. La figura 1 muestra las gráficas de conversión en función del tiempo y selectividad a los productos mayoritarios para las diferentes temperaturas.

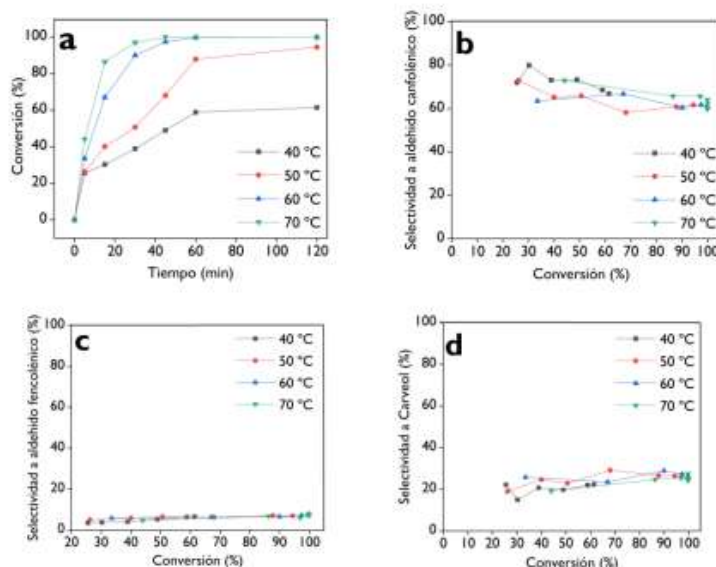


Figura 1. Efecto de la temperatura para la isomerización de epóxido de α -pineno sobre zeolita dendrítica tipo ZSM-5. (a) Conversión; (b) selectividad a aldehído canfolénico, (c) selectividad a aldehído fencolenico, (d) selectividad a carveol. Co epóxido = 0,25 M ,750 rpm, 10 mg catalizador.

En la figura 1a se muestra que el catalizador resultó ser muy activo dado que mostró casi 100 % de conversión en 1 hora para temperaturas de 60 °C y 70 °C. Este resultado puede ser explicado considerando la naturaleza mesopora del sólido en estudio, que promueve la disminución de

limitaciones difusionales. Por su parte, la estructura dendrítica podría promover mejor acceso de los reactivos a los sitios activos para la reacción de interés. Esto representa una ventaja en comparación los sólidos reportados en la literatura. Por su parte, los productos mayoritarios obtenidos bajo las condiciones de reacción utilizadas con el sólido ZSM-5 dendrítico, fueron: aldehído canfolénico (60-73%), trans-carveol (19-27%) y aldehído fencolénico (4-8%) (Figura 1b-d), resultando además ser alrededor de 2 veces más selectivo hacia el aldehído canfolénico que el catalizador MoO₃-Zeolita Beta (37%) y que el sólido ZSM5 (40%). La Figura 2 muestra el esquema de reacción propuesto para la formación de los diferentes productos de reacción. De acuerdo al esquema, la formación de aldehído canfolénico se ve favorecida por la presencia de sitios ácidos Lewis en el sólido, mientras que el carveol se forma principalmente a partir de sitios ácidos Brønsted. La zeolita ZSM-5 objeto de estudio presenta una alta concentración de sitios ácidos de Lewis que sumado a la accesibilidad de los reactivos, debido a la estructura dendrítica, favorece la formación de aldehído canfolénico en altas concentraciones. De forma que, los resultados obtenidos demuestran la alta potencialidad de este tipo de sólidos en la reacción de isomerización de epóxido de α -pineno.

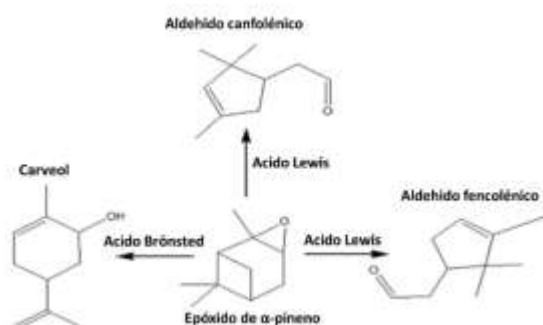


Figura 2. Esquema de reacción propuesto para la formación de los productos de reacción.

Referencias

- Gallego-Villada L, Cueto J., Alonso-Doncel M., *et al.* Dendritic ZSM-5 zeolites as highly active catalysts for the valorization of monoterpene epoxides. *Green Chemistry*, 2024, 26(20) 10512-10528. DOI: 10.1039/D4GC04003A
- Shcherban N.D., Barakov R.Y., Mäki-Arvela, *et al.* Isomerization of α -pinene oxide over ZSM-5 based micro-mesoporous materials. *Applied Catalysis A: General*, 2018, 560, 236-247. DOI: 10.1016/j.apcata.2018.05.007.
- Vrbková E., Vyskočilová M., Lhotka *et al.* Solvent influence on selectivity in α -pinene oxide isomerization using MoO₃-Modified Zeolite BETA. *Catalysts* 2020, 10(11), 1244; DOI: 10.3390/catal10111244

Premio Mejor Trabajo Derivado de Tesis de Doctorado de Colombiano(a) en el Extranjero

Síntesis y aplicación de perovskitas de aluminato de lantano obtenidas a partir de escorias salinas de aluminio como catalizadores para el reformado seco de metano y otros usos ambientales

Helir-Joseph Muñoz¹, Sofía Korili¹, Antonio Gil¹.

¹Departamento de Ciencias - INAMAT², Universidad Pública de Navarra, Pamplona – España.

Palabras clave: Escorias salinas de aluminio; aluminato de lantano, metal-organic framework; reformado seco de metano; peroxidación catalítica en fase húmeda.

Resumen

En este trabajo, el aluminio fue extraído sucesivamente de escorias salinas en condiciones ácidas (HCl o ácido cítrico). Las disoluciones de aluminio resultantes se emplearon como precursores en la síntesis de soportes de perovskita de aluminato de lantano (LaAlO_3), evaluando distintos métodos de síntesis como el precursor tipo MOF-gel, el método Pechini y el citrato modificado. Se estudiaron los parámetros involucrados en la síntesis y se caracterizaron las propiedades fisicoquímicas de los materiales obtenidos, con el fin de optimizar el proceso y seleccionar los materiales más prometedores. Los materiales seleccionados fueron evaluados como catalizadores o como soportes catalíticos en dos aplicaciones ambientales: el reformado seco de metano (RSM) y la degradación de carbofurano (CBF) en agua dopada con materia orgánica natural sintética (MON). El comportamiento catalítico fue comparado con catalizadores preparados por métodos convencionales empleando sal de aluminio comercial como referencia. La tesis de doctorado se estructura en seis capítulos. Los dos primeros están dedicados a la revisión de la literatura técnica existente. El Capítulo I aborda la perovskita de aluminato de lantano, sus propiedades fisicoquímicas, métodos de síntesis y aplicaciones. Se presenta una revisión de estudios de los últimos diez años sobre los distintos métodos utilizados para sintetizar LaAlO_3 , discutiendo retos sintéticos, ventajas, limitaciones y aplicaciones catalíticas relevantes. El Capítulo II se enfoca en catalizadores basados en perovskitas de níquel (Ni) aplicados al reformado seco de metano. Se analizan aspectos termodinámicos y cinéticos del RSM, resaltando cómo las características de los centros metálicos A y B en la estructura perovskita afectan el comportamiento catalítico. Se presentan avances recientes en la sustitución del catión B para generar efectos sinérgicos y mejorar la eficiencia, así como el efecto de la sustitución del catión A sobre las propiedades ácido-base y la formación de coque. También se revisan estrategias para mejorar las propiedades texturales de las perovskitas, ya sea de forma directa o mediante su deposición sobre un soporte. Finalmente, se exponen nuevas líneas de investigación que buscan suavizar las condiciones del RSM y promover el proceso a temperaturas más bajas. Los capítulos III al V están dedicados a la parte experimental. El Capítulo III describe una estrategia novedosa y sencilla para sintetizar LaAlO_3 en fase pura mediante la calcinación de un gel precursor tipo MOF seco y altamente poroso, preparado con precursores comerciales. Se demostró que las propiedades texturales pueden controlarse variando el tiempo de tratamiento solvotermal. Se identificaron los principales factores que influyen en el desempeño catalítico del sistema Ni/ LaAlO_3 en el RSM. El Capítulo IV presenta la primera síntesis de catalizadores Ni/ LaAlO_3 empleando aluminio extraído de escoria salina. Se compararon tres métodos de preparación (Pechini, citrato modificado y gel metalorgánico), observando variaciones según la metodología. Los materiales más prometedores se evaluaron como soportes para centros activos de Ni en el RSM, y su eficiencia catalítica se comparó con la de un catalizador de referencia preparado a partir de sal de aluminio comercial. El Capítulo V corresponde a la primera síntesis de catalizadores tipo perovskita $\text{La}_y\text{Al}_{1-x}\text{Cu}_x\text{O}_{3-\delta}$ utilizando aluminio extraído del residuo de escoria salina (previamente tratado con HCl). Este estudio investiga el efecto de

parámetros como la relación molar La/Al durante el proceso de síntesis. El mejor catalizador se empleó para optimizar la degradación de carbofurano (CBF) en agua dopada con materia orgánica natural disuelta sintética (MON), utilizando el proceso Fenton heterogéneo tipo PCFH (Peroxidación Catalítica en Fase Húmeda). Finalmente, se investigaron las condiciones óptimas para maximizar la degradación y mineralización del pesticida, así como la reutilización del catalizador empleado. El último capítulo presenta las conclusiones generales del estudio. Como resultado de esta investigación, se publicaron seis artículos científicos, se registró una patente (Tabla 1), y se participó en nueve congresos internacionales y tres nacionales. La tesis fue reconocida con la mención internacional de cum laude.

Tabla 1. Resultados de divulgación científica generados a partir de la presente investigación

No	Tipo de publicación	Referencia	DOI/Número de solicitud
1	Artículo	H.J. Muñoz, S.A. Korili, A. Gil. Materials (Basel). 15 (2022) 3288.	https://doi.org/10.3390/ma15093288
2	Artículo	H.J. Muñoz, S.A. Korili, A. Gil. Catal. Today. 429 (2024) 114487	https://doi.org/10.1016/j.cattod.2023.114487
3	Artículo	H.J. Muñoz, S.A. Korili, A. Catal. Rev. (2024) 1–53.	https://doi.org/10.1080/01614940.2024.2401570
4	Artículo	H.J. Muñoz, L.A. Galeano, M.A. Vicente, S.A. Korili, A. Gil. Chem. Eng. J. 499 (2024)	https://doi.org/10.1016/j.cej.2024.155971
5	Artículo	H.J. Muñoz, S.A. Korili, A. Gil. Catal. Today. 447 (2025) 115158.	https://doi.org/10.1016/j.cattod.2024.115158
6	Artículo	H.J. Muñoz, M.A. Vicente, S.A. Korili, A. Gil. Chem. Eng. J. 519 (2025) 164973.	https://doi.org/10.1016/j.cej.2025.164973
7	Patente	H.J. Muñoz, S.A. Korili, A. Gil. Patente en trámite de examen sustantivo ante la OEPM (España).	Nº de solicitud: P202330640.

Referencias

- Gil A., Korili S.A. Management and valorization of aluminum saline slags: Current status and future trends. Chem. Eng. J. 2016, 289, 74–84. DOI: 10.1016/j.cej.2015.12.069.



PONENCIAS ORALES

Valorización de residuos de pilas alcalinas para la síntesis de electrocatalizadores NiCo aplicados a la generación sostenible de hidrógeno

Sergio Blanco¹, Tatiana Alonso¹, Pedro Delvasto²

¹ Grupo de Investigación en Bioquímica y Microbiología - GIBIM, Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga-Colombia.

² Grupo de Investigación en Química Estructural – GIQUE, Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga-Colombia.

Palabras clave: Electrocatalizadores NiCo, electrólisis alcalina de agua, hidrógeno verde.

Resumen

La valorización de residuos peligrosos como las pilas alcalinas gastadas representa una estrategia clave en el marco de la economía circular. En este trabajo se presenta un enfoque innovador para la recuperación de metales presentes en estos residuos y su aplicación en la síntesis de electrocatalizadores bimetalicos de níquel-cobalto (NiCo), con potencial aplicación en la generación de hidrógeno mediante electrólisis alcalina del agua. El proceso de obtención de los electrocatalizadores incluyó la separación física de los componentes de las pilas, la lixiviación de los polvos activos anódicos en medio ácido, y la electrodeposición galvanostática de los metales sobre electrodos de cobre de alta pureza. Las condiciones de electrodeposición fueron optimizadas para obtener recubrimientos homogéneos y adherentes, ricos en Ni y Co. La caracterización electroquímica de los electrocatalizadores se realizó en medio alcalino (KOH 1 M) mediante voltametría cíclica (CV), voltametría lineal de barrido (LSV), reducción galvanostática del agua (HER), y espectroscopía de impedancia electroquímica (EIS). Los resultados revelaron una actividad catalítica significativa hacia la evolución de hidrógeno, con sobrepotenciales similares a los obtenidos utilizando electrocatalizadores de níquel de alta pureza sintetizados utilizando reactivos comerciales y buena estabilidad operativa durante la reducción galvanostática de hidrógeno durante 12 horas continuas. Además, se llevó a cabo la caracterización físico-química de los recubrimientos mediante microscopía electrónica de barrido (SEM) y espectroscopía de fotoelectrones inducidos por rayos X (XPS), confirmando la presencia de especies activas de Ni y Co distribuidas uniformemente sobre la superficie. Este estudio demuestra el potencial de transformar un residuo contaminante en un material funcional para tecnologías energéticas limpias, destacando una ruta viable para la producción sostenible de hidrógeno con base en principios de economía circular.

Referencias

- Rueda H., Arenas M., Vargas-Balda R., *et al.* Production of a nickel-based catalyst for urea electrooxidation using spent batteries as raw material: Electrochemical synthesis and implications from a circular economy stand-point. *Sustain Mater Technol.* 2021, 29, e00296. DOI:10.1016/j.susmat.2021.e00296
- Blanco S., Orta-Rodriguez R., Delvasto P. Influence of Na⁺, K⁺, Mn²⁺, Fe²⁺ and Zn²⁺ ions on the electrodeposition of Ni-Co alloys: Implications for the recycling of Ni-MH batteries. *J Phys Conf Ser.* 2017, 786(1), 012033. DOI:10.1088/1742-6596/786/1/012033

Autor de Presentación

Sergio Blanco es doctor en ingeniería de la Universidad Simón Bolívar, Caracas-Venezuela. Desde mayo de 2016, es profesor en la Escuela de Ingeniería Metalúrgica y Ciencia de los Materiales en la Universidad Industrial de Santander, donde lidera el Semillero de Investigación en Recubrimientos Multifuncionales - GIBIM. Su investigación se enfoca en el desarrollo de recubrimientos anticorrosivos y electrocatalizadores para la producción de hidrógeno. Es coautor de más de 30 publicaciones y 50 ponencias. Email: siblanco@uis.edu.co

Efecto de la temperatura en la dinámica oscilatoria de reacciones electrocatalíticas

Alfredo Calderón-Cárdenas¹, Enrique A. Paredes-Salazar^{1,2}, Cesar A. Mujica Martinez¹, Hamilton Varela³

¹ Grupo de Investigación en Fisicoquímica Básica y Aplicada, Universidad de Nariño, Pasto – Colombia.

² Facultad de Educación, Universidad CESMAG, Pasto – Colombia.

³ Instituto de Química de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, SP – Brasil.

Palabras clave: Electrocatalisis; Oscilaciones electroquímicas; Análisis microcinético; Efecto de la temperatura; Simulaciones numéricas.

Resumen

Las reacciones de electro-oxidación de moléculas orgánicas de baja masa molecular, como metanol, etanol o ácido fórmico, entre otras, tienen un particular interés en dispositivos de conversión de energía donde usualmente se usan catalizadores basados en *Pt*. Estas reacciones presentan mecanismos complejos de reacción con formación de intermedios que actúan como venenos catalíticos disminuyendo la velocidad de transferencia de carga bajo condiciones convencionales. No obstante, en condiciones paramétricas adecuadas, es posible la emergencia de fenómenos oscilatorios que tienen gran interés tanto en estudios fundamentales como en trabajos que buscan aplicaciones prácticas. En cualquier caso, el entendimiento de la dinámica electroquímica oscilatoria y la correlación con los factores experimentales que la afectan, aún resulta un campo de investigación que brinda diversas oportunidades para explorar.

Por otro lado, en diversos sistemas químicos y electroquímicos, las características oscilatorias cambian con la variación de distintos factores experimentales, entre ellos la temperatura T . En este contexto, conviene tratar el proceso de oscilación química de forma análoga a una “reacción monomolecular” de primer orden, en este caso con energía de activación oscilatoria $E_{osc}^{\#}$ definida en términos de la frecuencia de oscilación ω :

$$E_{osc}^{\#} = R T^2 \frac{d \ln \ln \omega}{dT}$$

Si se considera que $E_{osc}^{\#} > 0$, es de esperarse que la frecuencia incremente con la temperatura. Sin embargo, fenómenos de compensación también son usuales en estos sistemas, donde la frecuencia prácticamente no cambia con el aumento de temperatura e incluso puede disminuir, en cuyo caso, el fenómeno se denomina sobrecompensación. Estos comportamientos han sido explicados considerando el llamado *balance antagónico* propuesto por Ruoff en el que los pasos de reacción se clasifican en dos grupos, uno conformado por las etapas que incrementan la frecuencia y otro grupo de pasos de reacción que la disminuyen.

En diversas reacciones electrocatalíticas, como es el caso de la electro-oxidación de ácido fórmico sobre *Pt* se han reportado observaciones experimentales de compensación y sobrecompensación por temperatura. Sin embargo, la complejidad de los mecanismos de reacción hace difícil la clasificación experimental de acuerdo al balance antagónico, por lo que análisis microcinéticos a través de simulaciones numéricas pueden ser provechosas.

En este trabajo, se presenta un enfoque teórico en el que se puede relacionar la $E_{osc}^{\#}$ con la energía de activación oscilatoria asociada a cada paso de reacción $E_{osc,i}^{\#}$, haciendo posible su clasificación según contribuya al aumento o disminución de la frecuencia. Se presentan resultados obtenidos para el caso de la reacción de electro-oxidación de ácido fórmico para el cual se propuso un modelo microcinético en un trabajo previo y con el cual fue posible explicar la dinámica oscilatoria experimental en función de la temperatura.

Estos resultados destacan la importancia de complementar las observaciones experimentales con enfoques computacionales en los que modelos microcinéticos pueden aportar valiosa información sobre la dinámica de las reacciones tanto en regímenes convencionales como oscilatorios.

Referencias

- Calderón-Cárdenas A., Paredez-Salazar E.A., Mujica-Martinez, C.A. *et al.* Thorough analysis of the effect of temperature on the electro-oxidation of formic acid. *J. Phys. Chem. C.* 2020, 124, 24259-24270. DOI: 10.1021/acs.jpcc.0c08059
- Calderón-Cárdenas A., Paredez-Salazar E.A., Varela H. A microkinetic description of electrocatalytic reactions: the role of self-organized phenomena. *New J. Chem.* 2022, 46, 6837-6846. DOI: 10.1039/d2nj00758d
- Ruoff P. Introducing temperature-compensation in any reaction kinetic oscillator model. *J. Interdisciplinary Cycle Res.* 1992, 23, 92–99. DOI: 10.1080/09291019209360133

Autor de Presentación

Alfredo Calderón Cárdenas es docente adscrito al Departamento de Química de la Universidad de Nariño en el área de Fisicoquímica y director del Grupo de Investigación en Fisicoquímica Básica y Aplicada. Su principal línea de investigación es la electroquímica física en la que ha desarrollado varios proyectos que versan sobre el entendimiento de fenómenos catalíticos en la oxidación de moléculas orgánicas de baja masa molecular.

<https://scholar.google.com/citations?user=Co8C4MMAAAAJ&hl=es>.

Email: alfredocalderon@udenar.edu.co

Síntesis y caracterización de MOF con Zr y Zr/Ce obtenidos por microondas para la cicloadición de CO₂ con óxido de ciclohexeno

Luis Alejandro Mojica¹, Carlos Daza¹, Carolina Blanco¹

¹Departamento de Química, Universidad Nacional de Colombia, Grupo de Investigación Estado Sólido y Catálisis Ambiental ESCA, Bogotá D.C. – Colombia.

Palabras clave: Red metalorgánica; Microondas; Cerio; Cicloadición; Dióxido de carbono; Epóxido.

Resumen

Se sintetizaron redes metalorgánicas (MOFs) basadas en zirconio mediante un método asistido por microondas, lo que permitió reducir significativamente el tiempo de reacción a 30 minutos en comparación con la síntesis solvotérmica convencional. La estructura cristalina tipo MOF de los sólidos, compuestos de ácido bifenilo-4,4-dicarboxílico (H₂BPDC) como ligando orgánico, fue corroborada por difracción de rayos X.

Adicionalmente, se estudió la sustitución isoestructural parcial de Zr⁴⁺ por Ce⁴⁺ mediante la variación de las proporciones de los metales durante la síntesis, con el objetivo de integrar propiedades del metal sobre la estructura, como su mayor radio iónico y comportamiento redox reversible. La incorporación del cerio en la estructura fue confirmada mediante espectroscopía XPS.

Tabla 1. Relación de proporciones atómicas de Zr y Ce determinados por XPS para los MOFs Ce/Zr-BPDC.

MOF	Zr-BPDC	Ce/Zr- BPDC 10%*	Ce/Zr- BPDC 20%*	Ce/Zr- BPDC 30%*	Ce/Zr- BPDC 40%*
Ce/Zr (%)	-	2,4	1,6	4,6	3,6

*Los porcentajes indicados hacen referencia a la proporción molar Ce/Zr utilizada durante la síntesis.

Aunque no se observó una tendencia clara entre la cantidad de cerio agregada y su incorporación efectiva en el sólido, se encontró una pérdida progresiva de la cristalinidad a mayor contenido de Ce. Los análisis termogravimétricos evidenciaron un incremento en el número de defectos de coordinación del ligando orgánico, mientras que el análisis por sortometría de N₂ mostró una disminución del área superficial y la microporosidad, asociadas con dichos defectos estructurales inducidos por la adición de cerio durante la síntesis.

El desempeño catalítico se evaluó en la reacción de cicloadición de CO₂ con óxido de ciclohexeno bajo condiciones moderadas, para esto se realizaron ensayos preliminares con el MOF Zr-BPDC como modelo, los cuales permitirán definir las condiciones de reacción para la posterior evaluación del efecto del Ce⁴⁺ sobre la actividad catalítica. El Zr-BPDC alcanzó una conversión del epóxido del 70,2 % y una selectividad del 95,1 % hacia el carbonato cíclico a 100 °C y 30 bar de CO₂. (Tabla 2)

Tabla 2. Resultados de conversión (C) y selectividad (S) hacia la formación del carbonato cíclico, de ensayos catalíticos modificando la presión y temperatura del sistema.*Condiciones de reacción: 50 mg Zr-BPDC, 8 mg TBAB, 2,5 mL OCH, 24 h.

Temperatura (°C)	Presión CO ₂ (bar)	Conv. %	Select. %
30	10	2,6 ± 0,1	51,5 ± 0,9
30	30	4,0 ± 0,1	51,9 ± 0,9
60	10	12,7 ± 0,1	36,8 ± 0,4
60	30	21,0 ± 0,3	57,7 ± 0,3
100	10	48,9 ± 0,5	73,7 ± 2,4
100	30	70,2 ± 0,7	95,1 ± 1,3

Referencias

- Maia R. A., Louis B., Gao W., Wang Q. CO₂ adsorption mechanisms on MOFs: a case study of open metal sites, ultra-microporosity and flexible framework. *React. Chem. Eng.* 2021, 6(7), 1118–1133. DOI: 10.1039/D1RE00090J
- Grebenyuk D., Shaulskaya M., Shevchenko A., *et al.* Tuning the Cerium-Based Metal-Organic Framework Formation by Template Effect and Precursor Selection. *ACS Omega.* 2023, 8(50), 48394–48404. DOI:10.1021/acsomega.3c07906
- Tinjacá L., Daza, C., Blanco, C. High-performance Zn-Zr-Al(O) mixed oxides catalysts for CO₂ sustainable cycloaddition with cyclohexene oxide. *J. Environ. Chem. Eng.* 2025, 13(2), 15838. DOI: 10.1016/J.JECE.2025.115838

Autor de Presentación

Luis Alejandro Mojica es químico de la Universidad Nacional de Colombia y estudiante de maestría en el grupo de Estado Sólido y Catálisis Ambiental (ESCA). Su investigación se centra en el desarrollo de redes metalorgánicas (MOF) como catalizadores para reacciones de valorización del CO₂. Ha sido auxiliar docente en la UNAL y ha presentado dos ponencias relacionadas con su trabajo de tesis en eventos académicos nacionales.

Email: lmojicas@unal.edu.co

Zeolita dendrítica basada en ZSM-5 libre de metales como catalizador para la isomerización del epóxido de β -pineno: influencia de la temperatura, la concentración inicial y la cantidad de catalizador.

Carina Mosquera¹, Luis A. Gallego-Villada², Jennifer Cueto³, Edwin Alarcón¹, David P. Serrano^{3,4}

¹ Grupo de Investigación Catálisis Ambiental, Facultad de Ingeniería Química, Universidad de Antioquia, Medellín – Colombia.

² Laboratorio de Química Industrial e Ingeniería de Reacciones, Centro de Química de Procesos Johan Gadolin, Universidad Åbo Akademi, Turku/Åbo – Finlandia.

³ Unidad de Procesos Termoquímicos, Instituto IMDEA Energía, Móstoles, Madrid – España.

⁴ Grupo de Ingeniería Química y Ambiental, Universidad Rey Juan Carlos, Móstoles, Madrid – España.

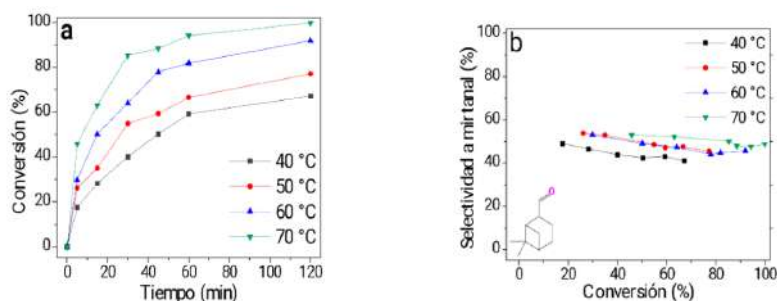
Palabras clave: isomerización, Zeolita dendrítica libre de metales, catálisis heterogénea, mirtanal, alcohol perílico.

Resumen

Se evaluó una zeolita dendrítica basada en ZSM-5 (d-ZSM-5) en la isomerización del epóxido de β -pineno, destacándose por su estructura jerárquica que combina microporos y mesoporos, con alta área superficial y elevada interconectividad. Estas propiedades favorecen la difusión y accesibilidad de reactivos a los sitios activos. Las propiedades texturales y ácido-base han sido reportadas recientemente, destacando su alta mesoporosidad y una acidez considerable, favorable para la isomerización de epóxidos de monoterpenos.

La zeolita d-ZSM-5 facilitó la isomerización eficiente del epóxido de β -pineno, donde los principales productos de reacción son diastereoisómeros de mirtanal (cis + trans), alcohol perílico y mirtenol con una selectividad conjunta superior al 75 %.

Se estudiaron los efectos de la temperatura de reacción (Figura 1), la concentración inicial de epóxido y la cantidad de catalizador con la zeolita dendrítica d-ZSM-5. Al evaluar el efecto de la temperatura, se observó que la conversión del epóxido (Figura 1a) al igual que la selectividad hacia los isómeros cis- y trans-mirtanal aumentó (Figura 1b). Mientras que la selectividad hacia mirtenol (Figura 1c) y alcohol perílico permaneció constante (Figura 1d).



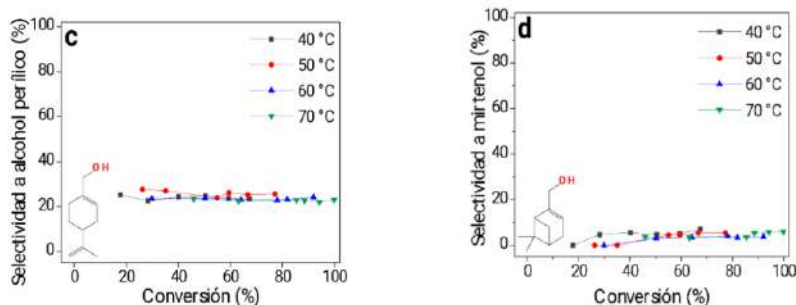


Figura 1. Efecto de la temperatura en la isomerización del epóxido de β -pineno sobre zeolita dendrítica. **(a)** Conversión del epóxido de β -pineno vs tiempo de reacción, **(b)** selectividad a mirtanal, **(c)** selectividad a alcohol perílico, **(d)** selectividad a mirtenol, en función de la conversión.

Condiciones de reacción: $C_{BPO,0} = 0,25 \text{ mol L}^{-1}$, acetato de etilo como disolvente, 10 mg de catalizador, 750 rpm

Al evaluar el efecto de la concentración inicial del epóxido de β -pineno, se observó que la conversión del epóxido disminuye con el aumento en la concentración del sustrato. La selectividad hacia los isómeros cis- y trans-mirtanal aumenta, mientras que la selectividad hacia mirtenol se mantiene constante. En contraste, la selectividad hacia alcohol perílico disminuye, lo que podría asociarse a la saturación de sitios activos en el catalizador y a rutas competitivas. Los resultados obtenidos al variar la cantidad de catalizador muestran un aumento en la conversión del epóxido con un aumento de la cantidad de catalizador, mientras que la selectividad hacia los isómeros cis- y trans-mirtanal, en contraste con el aumento en la selectividad hacia mirtenol y alcohol perílico. Esto podría explicarse por el aumento de sitios ácidos Brønsted que podrían estar favoreciendo rutas secundarias.

Se logró con éxito la isomerización del epóxido de β -pineno utilizando zeolita ZSM-5 dendrítica sin presencia de especies metálicas y bajo condiciones suaves de reacción, alcanzando altas conversiones (99.81 %) y selectividades hacia productos oxigenados valiosos. Esta reacción de isomerización se vio favorecida hacia altas selectividades de cis- y trans-mirtanal debido a las propiedades mesoporosas (área superficial de $553 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$, volumen de microporos de $0,14 \text{ cm}^3 \text{ g}^{-1}$ y mesoporosidad de 79,5 %) y ácidas (relación BA/LA: 1,52; acidez Brønsted (BA) y acidez Lewis (LA)) de la zeolita, que facilitaron la apertura del anillo y el reordenamiento sin el uso de metales, resaltando su potencialidad como ruta sostenible y eficiente utilizando catálisis heterogénea, contribuyendo con los principios de la Química verde.

Referencias

- Alonso-Doncel, M. D. M., Giner, E. A., de la Calle, D., *et al.* Synthesis of dendritic ZSM-5 zeolite through micellar templating controlled by the amphiphilic organosilane chain length. *Crystal Growth & Design*. 2023, 23 (8), 5658-5670. DOI:10.1021/acs.cgd.3c00326.
- Gallego-Villada, L. A., Cueto, J., del Mar Alonso-Doncel, M., *et al.* Dendritic ZSM-5 zeolites as highly active catalysts for the valorization of monoterpene epoxides. *Green Chemistry*. 2024, 26, 20, 10512-10528. DOI: 10.1039/D4GC04003A.

Autor de Presentación

Edwin Alexis Alarcón es doctor en Ciencias Químicas por la Universidad de Antioquia, donde actualmente se desempeña como profesor del programa de Ingeniería Química. Su investigación se centra en la catálisis heterogénea aplicada a la valorización de recursos renovables como terpenos y derivados de la trementina, con especial énfasis en reacciones de epoxidación, isomerización y síntesis selectiva. Es autor y coautor de diversas publicaciones científicas en revistas especializadas y ha participado activamente en congresos nacionales e internacionales. Forma parte del Grupo de Catálisis Ambiental de la Universidad de Antioquia, contribuyendo a proyectos de desarrollo sostenible y aprovechamiento de biomasa. Email: edwin.alarcon@udea.edu.co

Análisis operando-DRIFTS del comportamiento de un catalizador Ni/Al₂O₃-SiO₂ en la reacción de hidrogenación de CO₂

Melissa Barragan¹, Juan-Diego Márquez¹, Julieth García^{1,2}, Rodrigo Valderrama-Zapata¹, Víctor Baldovino^{1,2}

¹ Centro de Investigación en Catálisis (CICAT), Universidad Industrial de Santander, Piedecuesta – Colombia.

² Laboratorio Central de Ciencia de Superficies (SurfLab), Universidad Industrial de Santander, Piedecuesta – Colombia.

Palabras clave: Metanación, CO₂, Ni/Al₂O₃-SiO₂, operando-DRIFTS, mecanismo disociativo.

Resumen

Los catalizadores del tipo Ni/Al₂O₃ han sido ampliamente estudiados para la reacción de metanación. Sin embargo, su alta concentración de sitios ácidos de Lewis puede favorecer la formación de coque. Por ende, para reducir la acidez del soporte, se sintetizó un catalizador modificado con media monocapa de sílice (Ni/Al₂O₃-SiO₂) e impregnado con Ni. Razón por la cual, se evaluó si la modificación del soporte podía modificar cómo sucede la reacción en catalizadores del tipo Ni/Al₂O₃. Para ello, se analizó cómo se comportaba este catalizador en función de cambios en la temperatura; 200, 250 y 300 °C, y tres combinaciones distintas de presiones parciales de H₂ y CO₂: 5,07 kPa de H₂ con 5,07 kPa de CO₂, 7,09 kPa de H₂ con 3,05 kPa de CO₂, y 8,11 kPa de H₂ con 2,03 kPa de CO₂, manteniendo constante la velocidad espacial (9000 mL/gcat). Los análisis se hicieron usando espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier de reflectancia difusa en modo *in operando* (*in operando*-DRIFTS). Durante las pruebas catalíticas, se monitorearon en tiempo real las especies adsorbidas en la superficie del catalizador y los productos gaseosos generados.

Actualmente, se han identificado dos mecanismos principales para la reacción de metanación: el disociativo y el asociativo. En el mecanismo asociativo, la vía involucra la formación de especies de formiato como intermediarios clave, que se transforman directamente en metano mediante hidrogenación directa en la superficie del catalizador. En contraste, el CO₂ se convierte inicialmente en CO en el mecanismo disociativo, el cual posteriormente se hidrogena para formar metano. Según la literatura, el catalizador Ni/Al₂O₃ sigue la ruta disociativa. En este trabajo, a través de estudios *in operando*-DRIFTS, se evidenció que la modificación del soporte con sílice no alteró esta ruta. Esto se confirmó mediante la observación de la desaparición de señales asociadas al CO adsorbido (CO*), seguida de la aparición de bandas correspondientes al CH₄ gaseoso en los espectros DRIFTS. Sin embargo, a través del espectrómetro de masas se observó la formación una alta formación de CO respecto al observado para el catalizador de Ni/Al₂O₃, lo cual indica que el soporte si modifica la selectividad del catalizador. Adicionalmente, se observó la formación de especies formiato que actúan como especies espectadoras en la reacción. La Figura 1 presenta un posible mecanismo de metanación sobre Ni/Al₂O₃-SiO₂ donde, el CO₂ se disocia en CO* y O* sobre la superficie del catalizador y el H₂ se activa formando H*. Posteriormente, el CO* se convierte en C* y O*, este último reacciona con H* para formar y desorber H₂O. Finalmente, el C* es hidrogenado en pasos sucesivos hasta generar CH₄, el cual se desorbe como producto final.

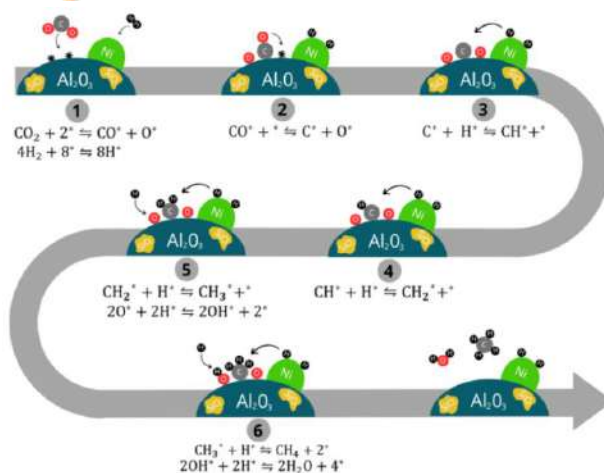


Figura 1. Mecanismo de la reacción de hidrogenación de CO_2 planteado para el catalizador $\text{Ni}/\text{Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$.

Finalmente, se estableció que el aumento de la temperatura favorece la desorción de especies CO^* , aumentando la selectividad hacia metano. Por otro lado, el aumento de la relación H_2/CO_2 mejoró la hidrogenación de las especies CO^* , reafirmando su rol como intermediario clave en la reacción.

Referencias

- Karelovic A., Ruiz P. Mechanistic study of low temperature CO_2 methanation over Rh/TiO_2 catalysts. *J. Catal.*, 2013; 301, 141– 153. DOI:10.1016/j.jcat.2013.02.009
- González-Castaño M., González-Arias J., Bobadilla, *et al.* In-situ DRIFTS steady-state study of CO_2 and CO methanation over Ni-promoted catalysts. *Fuel*, 2023; 338, 127241. DOI:10.1016/j.fuel.2022.127241
- Redondo R. Síntesis de catalizadores NiCu para HDO de guayacol usando como soporte alúmina y alúmina modificada con óxido de silicio. UIS. 2017

Autor de Presentación

Melissa Barragán es una estudiante de ingeniería química de la Universidad Industrial de Santander. Desde 2023 hace parte del Centro de Investigaciones en Catálisis (CICAT). Su investigación para el trabajo de grado se centró en el estudio de mecanismos de reacción en catalizadores sólidos. Siendo parte del semillero de investigación del CICAT, participó en la organización del XIII Simposio Colombiano de Catálisis.

Email: memabasi08@gmail.com

Cómo determinar la existencia de limitaciones de transferencia de masa para una reacción catalítica en fase líquida en un reactor por lotes isotérmico.

Luis-Camilo Sanabria¹, Diego-Alejandro Rojas¹, Edwin-Alexis Alarcón³, Aída-Luz Villa³, Marcos-Fernando Carrillo¹, Rodrigo Valderrama¹, Víctor-Gabriel Baldovino^{1,2}.

¹Centro de Investigaciones en Catálisis (CICAT)

²Laboratorio Central de Ciencia de Superficies (SurfLab)

1 & 2, Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga – Colombia.

³Grupo de Investigación en Catálisis Ambiental, Universidad de Antioquia, Medellín – Colombia.

Palabras clave: Reactor catalítico por lotes, Fase líquida, Transporte de masa, Factor de efectividad

Resumen

Una etapa importante del diseño de reactores heterogéneos es la selección adecuada del sólido catalítico, la cual inicia comparando el comportamiento de diversos catalizadores desde el punto de vista químico. Para ello, se realizan ensayos catalíticos donde sea posible evaluar la cinética química del proceso catalítico. Para poder evaluar esta última, se tiene que asegurar que las condiciones de operación del reactor sean tales que los resultados no estén influenciados por la presencia de gradientes de concentración (limitaciones difusionales externas y/o internas) y temperatura (limitaciones de transporte de calor) dentro del mismo. Aunque la literatura ha presentado modelos y métodos para evaluar los efectos antes mencionados, no es posible encontrar, hasta donde los presentes autores saben, una metodología clara y de directa implementación para diagnosticar limitaciones de transferencia de masa en pruebas de sólidos catalíticos en reactores por lotes en fase líquida, en los cuales, la concentración no solo cambia en el espacio sino también en el tiempo. En este sentido, este trabajo propone una metodología para calcular la evolución del factor de efectividad en el tiempo; métrica idónea para identificar la posible existencia de gradientes de concentración, y con esto, determinar la existencia o no de limitaciones de transferencia de masa externas e internas en un reactor por lotes, agitado e isotérmico. La Figura 1 muestra el algoritmo general desarrollado para la estimación del factor de efectividad.

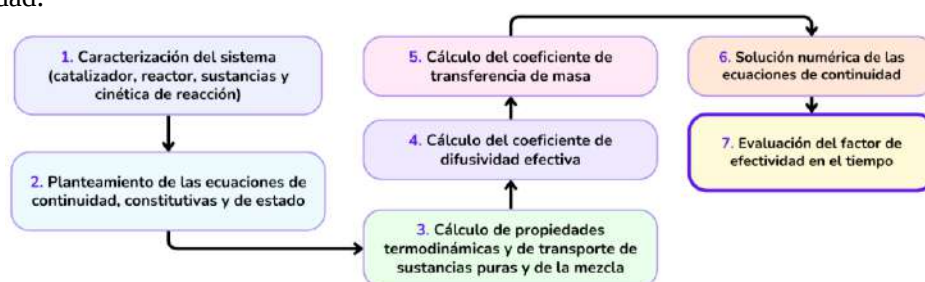


Figura 1. Algoritmo general propuesto para evaluar teóricamente la existencia de limitaciones de transferencia de masa en una reacción catalítica en fase líquida en un reactor por lotes, agitado e isotérmico.

El algoritmo presentado se tradujo en una rutina de cálculo usando Google Colab Python 3. Como ejemplo de su aplicación, se hicieron cálculos para una reacción de eterificación de glicerol con tert-butanol a una temperatura de 338,15 K en un reactor por lotes agitado a 1200 rpm, a lo largo de la película estancada externa a una partícula de catalizador (Amberlita-15) de tamaño promedio de 0,3 cm y en la red porosa del mismo, tomado de Pico et al (2012) y establecido como caso de estudio. Como resultado, en la Figura 2.a se muestra la evolución en el tiempo del factor de efectividad externo e interno.

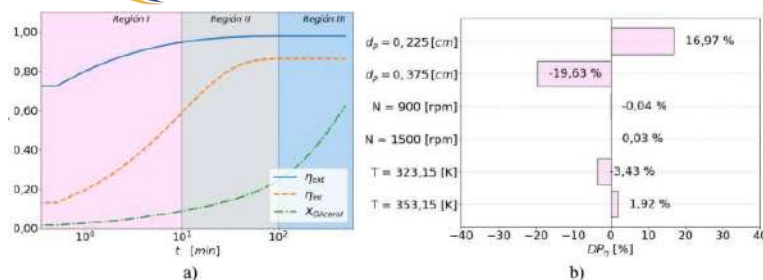


Figura 2. a) Evolución en el tiempo del factor de efectividad externo η_{ext} e interno η_{int} la conversión de glicerol $X_{Glicerol}$ b) Variaciones relativas respecto al caso de estudio del factor de efectividad interno frente a cambios en el tamaño de partícula d_p , velocidad de agitación N y temperatura T .

El gráfico presenta tres regiones características para los factores de efectividad. La Región I (crecimiento) corresponde a la etapa inicial donde el reactivo accede a la red porosa del catalizador, siendo esta fase de corta duración (10 min) y sin relevancia práctica para el análisis. La Región II (decaimiento) refleja la evolución de la velocidad global del proceso, que combina la velocidad de reacción química con los fenómenos de transporte de masa, hasta alcanzar el estado estacionario en la Región III a los 100 min. Para el análisis de posibles efectos de transporte de masa sobre la velocidad de reacción, desde el punto de vista práctico debería de considerarse específicamente la Región III, donde los factores de efectividad se estabilizan. En este caso, el estado estacionario se alcanza cuando la conversión del reactivo (Glicerol) es 0,24 con factores de efectividad externo e interno de 0,97 y 0,84, respectivamente. Estos factores de efectividad, aseguran que el sistema se encuentra libre de limitaciones de transferencia de masa externas, sin embargo, aún está limitado por la transferencia de masa interna por lo que, se deben ajustar las condiciones de operación del proceso.

Por lo tanto, para garantizar que en este caso el factor de efectividad interno aumente y sea lo más próximo a 1,0 se realizó el análisis de sensibilidad mostrado en la Figura 2.b, pronosticando bajo qué condiciones de operación el factor de efectividad interno aumenta a lo largo de las tres regiones mencionadas, indicando que optar por tamaños de partícula menores a 0,225 cm, junto con un aumento de la temperatura de reacción a 353,15 K se mejora el factor de efectividad interno un 18,89%, en cuanto a incrementar la velocidad de agitación a 1500 rpm, su efecto no es significativo mejorándolo tan solo un 0,03%, indicando que bajo estas condiciones la velocidad de agitación está en su valor óptimo. Estas modificaciones permitirían ajustar el sistema hacia condiciones donde las limitaciones de transferencia de masa externas e internas resulten despreciables y que efectivamente la velocidad global del proceso esté controlada únicamente por la reacción química.

Referencias

- Chaudhari R.V., Ramachandran P. A. Three phase slurry reactors. *AIChE J.* 1980, 26(2), 177-201. DOI:10.1002/aic.690260202
- Klaewkla R., Arend M., Hoelderich F. W. In *A Review of Mass Transfer Controlling the Reaction Rate in Heterogeneous Catalytic Systems*; Nakajima, H. Ed.; InTech eBooks. 2011. DOI:10.5772/22962
- Pico M.P., Romero A., Rodríguez S., Santos A. Etherification of glycerol by tert-butyl alcohol: Kinetic model. *Ind. Eng. Chem. Res.* 2012, 51(28). DOI:10.1021/ie300481d

Autor de Presentación

Luis Camilo Sanabria Ardila es Ingeniero Químico egresado de la Universidad Industrial de Santander (UIS) desde junio de 2025. Fue miembro activo del semillero de investigación CICAT y participó como expositor en la sesión de pósters del XIII Simposio Colombiano de Catálisis, realizado en la UIS, donde también formó parte del comité logístico. Sus principales áreas de interés incluyen la dinámica de fluidos computacional (CFD) y el diseño de reactores catalíticos.

Email: luisamilosanabria@gmail.com ; vicbaldo@uis.edu.co

Licuefacción catalítica de carbón. Análisis de fracciones

Yazmin Agámez-Pertuz¹, Eduard Romero-Malagon¹, Luis Rodríguez-Varela^{1,2}

¹Laboratorio de investigación en combustibles y energía LICE, Departamento de Química, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá, Bogotá – Colombia.

² Grupo de investigación en procesos químicos y bioquímicos, Departamento de Ingeniería Química, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá, Bogotá – Colombia.

Palabras clave: carbón bituminoso, macerales, catalizador, aceites, asfaltenos y preasfaltenos.

Resumen

El proceso de licuefacción directa de carbones (LDC) es una solución alternativa de obtención de combustibles líquidos. Este utiliza como materia prima el carbón el cual se hidrogena en condiciones altas de presión y temperatura en presencia de catalizadores para facilitar la transformación de la estructura compleja del carbón. Se sometió un carbón bituminoso alto volátil (CBav) a licuefacción directa usando un catalizador polimetálico a 683 y 723 K en presencia de tetralina como solvente y a una presión de hidrógeno de 8,0 MPa durante 1 hora. Al carbón se le determinó la composición elemental y se le realizó el análisis próximo y petrográfico preparando las probetas según la norma ASTM, D-2797 y empleando un microscopio Leitz® Orthoplan® según la norma ASTM, D-2799. El material polimetálico se caracterizó por DRX equipo X'Pert pro MDP PANALITICAL entre 10 a 90, °2θ, un barrido de 0,03367 °/s. Su composición química se analizó por FRX en un equipo Siemens SR3000 y las características texturales por adsorción de nitrógeno a 77K en un equipo Micromeritics Gemini 2375 V5.01. Los productos de licuefacción obtenidos se separaron con solventes en tres fracciones: aceites (O), asfaltenos (A) y preasfaltenos (PA); posteriormente se caracterizaron por análisis elemental.

La Tabla 1 muestra las características del carbón usado para licuar donde se evidencian su clasificación como bituminoso alto volátil A, según la norma ASTM D 388-99.

Tabla 1. Propiedades fisicoquímicas del carbón a Calculado por diferencia; bscl: base seca y libre de ceniza

Carbón	Análisis próximo, %p/p (bs)			Análisis elemental (p/p bscl)				
	Carbon o fijo	Cenizas	Materia Volátil	C	H	N	O ^a	S
CBva	60,7	5,0	34,3	86,3	5,6	2,1	4,8	1,2

Los macerales presentes en el carbón en la que %lipt.=5; %vitrit=75 y %Inert=20, inciden en su reactividad; puede afirmarse que está dada en orden decreciente donde liptinita > vitritinita > inertinita. De otro lado, la composición química del catalizador que se presenta en la Tabla 2 con un alto contenido de oxígeno (31,05%) permite confirmar que predominan óxidos de metales de transición tales como magnetita, goetita, hematita, etc. También se presentan pequeñas cantidades de S, Co, Ca y Ti que incrementan el efecto catalítico del mineral.

Tabla 2. Composición química del catalizador polimetálico

Elemento	Fe	O	Si	Al	Ni	Cr	Mg	Mn	Co	S	Zn	Ca	Ti
% p/p	52,77	31,05	6,83	2,38	2,24	1,63	1,54	1,02	0,29	0,07	0,07	0,07	0,04

La caracterización textural realizada generó la isoterma de adsorción-desorción física de nitrógeno a 77K que se muestra en la Figura 1. Este resultado muestra que la isoterma es de tipo IV, característica de sólidos mesoporosos y con una histéresis cerrada representativa de estructuras complejas con redes de poros interconectados. El área específica calculada por BET es de 140,8 m²/g.

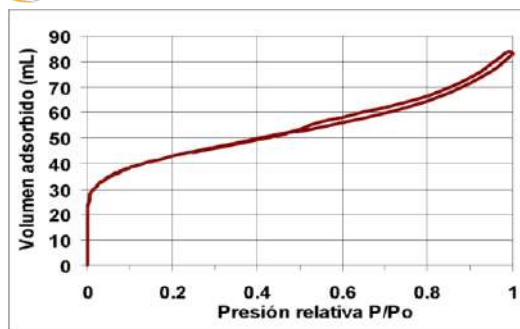


Figura 1. Isoterma de adsorción-desorción física de nitrógeno a 77 K del catalizador CPmet.

Los resultados de la LDC permiten afirmar que la mejor temperatura para la conversión es 683 K, sin embargo, el mejor rendimiento a la fracción de aceites se encuentra a 723 K. Aunque existe una disminución de 1,7% en la conversión por efecto de la temperatura, el rendimiento hacia aceites aumenta desde 43,7 hasta 67,0%, por lo que se considera que la mejor temperatura para los casos ensayados corresponde a 723 K. Además, se presenta una disminución en el rendimiento a las fracciones pesadas (asfaltenos y preasfaltenos) y un incremento en el rendimiento a los aceites a medida que la temperatura de licuefacción aumenta. Este resultado puede deberse a que, incrementando la energía de reacción, se produce mayor rompimiento de compuestos de peso molecular más alto. El análisis de las fracciones de aceites muestra las mayores relaciones atómicas H/C lo cual expresa un mayor grado de hidrogenación en los ensayos que emplearon catalizador e indica una posible disminución en el grado de aromaticidad. Lo anterior puede explicarse ya que cuando el carbón es sometido a condiciones de licuefacción en atmósfera reductora estos anillos se rompen produciendo mayor cantidad de estructuras alifáticas.

Referencias

- Comolli G. A., Lee T., Popper G., Zhou P. The Shenhua coal direct liquefaction plant. *Fuel Process. Technol.* 1999. 59 (1), 207-215. DOI: 10.1016/S0378-3820(99)00016-8
- Chen J., Li W., Bai Z., Guo Z., Kong L., Bai J., Li W., Study on the characteristics and role of the soluble fractions during direct liquefaction in two low-rank coals. Part II: Characteristics and thermal behavior of extraction residues. *Fuel*. 2025, 387, 134149, ISSN 0016-2361, DOI:10.1016/j.fuel.2024.134149
- Vasireddy S., Morreale B., Cugini A., Song C., Spivey J.J. Clean liquid fuels from direct coal liquefaction: chemistry, catalysis, technological status and challenges. *Energ. Environ. Sci.* 2011, 4(2), 311–45. DOI:10.1039/c0ee00097c.

Autor de Presentación

El profesor Alfonso Ramírez Sanabria es doctor en Química Aplicada por la Université de Poitiers (Francia) y profesor titular en la Universidad del Cauca, donde lidera el Grupo de Catálisis. Ha realizado estancias posdoctorales en Bélgica y Brasil, y cuenta con una destacada trayectoria investigativa reflejada en más de 40 publicaciones científicas, dos libros y una patente. Su obra “Catálisis Heterogénea” ha sido clave en el ámbito académico nacional. Además, ha ejercido como presidente y vicepresidente de la Sociedad Colombiana de Catálisis, y es miembro activo de FISOCat. Ha sido profesor invitado en universidades de Colombia y Europa. También promueve la divulgación científica mediante conferencias y proyectos como el podcast “La Química de las Decisiones”.

Email: aramirez@unicauca.edu.co

Aprovechamiento de la cascarilla de café: Un enfoque catalítico en química circular

Alfonso Enrique Ramírez¹, Jancarlo Quevedo¹, Cristian David Miranda¹.

¹Departamento de Química, Grupo de investigación en Catálisis, Universidad del Cauca, Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y de la Educación, Popayán, Colombia.

Palabras clave: Cascarilla de café; Carbón sulfatado; Glucosa; Biorrefinación; Hidrólisis.

Resumen

El café es uno de los productos más importantes de la economía colombiana, con una producción anual de aproximadamente 14 millones de sacos. Esta industria genera una gran cantidad de residuos entre los que se encuentra la cascarilla de café la cual representa el 10% del grano y se constituye principalmente de lignocelulosa. En esta investigación se empleó cascarilla de café como materia prima para la obtención de: i) un sólido ácido y ii) glucosa, con el fin de re valorizar este residuo agroindustrial reincorporándolo a cadenas productivas.

La cascarilla de café fue caracterizada siguiendo las normas TAPPI, con el fin de conocer su contenido de celulosa, lignina y hemicelulosa, obteniendo los datos que se muestran en la Tabla 1. El contenido de lignina y celulosa resultaron prometedores para la obtención de biocarbón y glucosa respectivamente, puesto que la lignina al contener un gran número de átomos de carbono en su estructura contribuye en gran medida a la formación de estructuras carbonosas; por otro lado, la celulosa es un polímero constituido de monómeros de glucosa, que pueden separarse mediante hidrólisis. Esto hace que la cascarilla de café sea una materia prima prometedora para la obtención de biocarbón y monosacáridos.

Tabla 1. Composición porcentual de lignina, celulosa y hemicelulosa de la cascarilla de café.

Muestra	%Extractivos	%Hemicelulosa	%Lignina	%Celulosa
1	11,8	32,09	10,64	45,47
2	11,8	31,91	11,09	45,20
Promedio	11,8	32,00	10,865	45,34

El sólido ácido se obtuvo a partir de la funcionalización del biocarbón procedente de la cascarilla de café, el cual se obtuvo mediante un proceso de pirólisis; la funcionalización consistió en la inserción de grupos SO_3H mediante sulfonación directa con ácido sulfúrico concentrado. El análisis BET arrojó un valor de área superficial de $8,3623 \text{ m}^2/\text{g}$, con una distribución de poros concentrada a valores cercanos o mayores a 2 nm lo que indica la prevalencia de mesoporos en la estructura. El análisis por espectroscopia IR, permitió observar la presencia de grupos OH, C=O, C-H, C-O-C propias de los materiales carbonosos, por otro lado, también se observó la presencia de grupos S=O lo que indica que el proceso de funcionalización fue efectivo. Por último, se realizó un análisis XPS, en el cual se encontraron señales correspondientes a S, O y C, además de brindar información acerca de la estructura del sólido permitiendo determinar la presencia de grupos carboxílicos, hidroxilos, aromáticos y sulfónicos, estos últimos unidos mediante enlaces tipo éter al carbono (C-O-S) (Figura 1).

Las características físicas y químicas del carbón sulfatado permitieron que este exhibiera una buena actividad catalítica en la reacción de hidrólisis de celulosa de la cascarilla de café, lo que se refleja en un porcentaje de conversión del 52,4%, el cual resultó ser superior al encontrado cuando se empleó Zeolita β y Y como sólidos ácidos en la reacción de hidrólisis. Respecto a su reúso, se observó que conserva gran parte de su actividad catalítica, encontrando un porcentaje de conversión del 47,8% en un segundo ciclo de reacción. Esto hace que el uso de biocarbón sulfatado sea prometedor en procesos de biorrefinería de segunda generación.

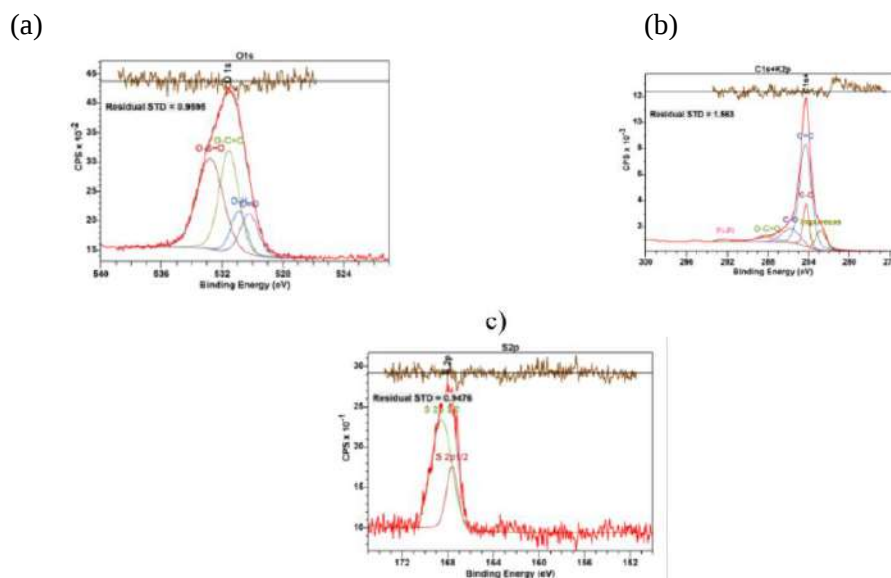


Figura 1. Espectro XPS del carbón sulfatado, (a) Oxígeno, (b) Carbono, (c) Azufre

Referencias

- Al-Hamamre Z., Alnaief M., Yamin J., Altarawneh I., *et al.* Synthesis, characterization, and performance evaluation of different sulfonated lignin-based carbon catalysts for upgrading waste vegetable oil to biodiesel. *Energy Convers. Manag.* 2025, 325, 119381. DOI: 10.1016/j.enconman.2024.119381
- Cabello-Galindo A., Rodríguez-Jasso R.M., Ruiz H.A. Microalgae biomass: a model of a sustainable third-generation of biorefinery concept. In *Green Approach to Alternative Fuel for a Sustainable Future*, Eds., Elsevier: Amsterdam, The Netherlands 2023, 369–379. DOI: 10.1016/B978-0-12-824318-3.00022-9

Autor de Presentación

El profesor Alfonso Ramírez Sanabria es doctor en Química Aplicada por la Université de Poitiers (Francia) y profesor titular en la Universidad del Cauca, donde lidera el Grupo de Catálisis. Ha realizado estancias posdoctorales en Bélgica y Brasil, y cuenta con una destacada trayectoria investigativa reflejada en más de 40 publicaciones científicas, dos libros y una patente. Su obra “Catálisis Heterogénea” ha sido clave en el ámbito académico nacional. Además, ha ejercido como presidente y vicepresidente de la Sociedad Colombiana de Catálisis, y es miembro activo de FISOCat. Ha sido profesor invitado en universidades de Colombia y Europa. También promueve la divulgación científica mediante conferencias y proyectos como el podcast “La Química de las Decisiones”.

Email: aramirez@unicauca.edu.co

Captura de CO₂ sobre MOFs de Lantano: método solvotérmico vs microondas

Mauricio Leon¹, Carlos Daza¹, Carolina Blanco¹

¹ Departamento de Química, Universidad Nacional de Colombia, Grupo de Investigación Estado Sólido y Catálisis Ambiental ESCA, Bogotá D.C. – Colombia.

Palabras clave: Red metalorgánica; Lantano; Microondas; Dióxido de carbono.

Resumen

El CO₂ es el principal gas de efecto invernadero antropogénico y un factor clave en el cambio climático global. Esto resalta la necesidad de implementar procesos de captura de CO₂, que permitan su posterior transformación en productos de valor añadido. La captura de CO₂ mediante adsorbentes porosos emerge como una estrategia viable, destacando las redes metalorgánicas (MOFs, siglas en inglés) por su alta capacidad de adsorción y versatilidad estructural. En este escenario, para este trabajo se sintetizaron MOFs basados en La y ácido Bifenil-4,4-dicarboxílico (BPDC) como linker, empleando los métodos solvotérmico convencional y microondas modulado con ácido fórmico en dimetil formamida (DMF) como solvente. El método con microondas se propone como una ruta que puede disminuir el tiempo de síntesis y el consumo energético, permitiendo a largo plazo la producción a escala de materiales para la mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero. El objetivo fue evaluar el efecto del método de síntesis sobre las propiedades estructurales, morfológicas y térmicas de los MOFs y su desempeño en la captura de CO₂ isobárica a 289 K. Las muestras fueron caracterizadas por Difracción de Rayos X (DRX), análisis termogravimétrico-acoplado a calorimetría diferencial (TGA-DSC) y microscopía electrónica de barrido con espectroscopía de rayos X por dispersión de energía (SEM-EDX). La Figura 1a presenta los perfiles de DRX de los MOFs indicando un 77% de correlación con respecto al patrón CCDC1872355 el cual corresponde al MOF con formula [La(BPDC)₂]⁻[NH₂(CH₃)₂]⁺ (slug-43), en donde el solvente actúa como base de Lewis neutralizando la carga negativa excedente sobre el centro metálico. Los perfiles demuestran que la fase MOF no es pura para ninguno de los dos métodos, encontrándose presentes líneas de fases cristalinas de otras sales. Los tamaños de cristalito son 47 nm para el método solvotérmico y 53 nm para el método con microondas.

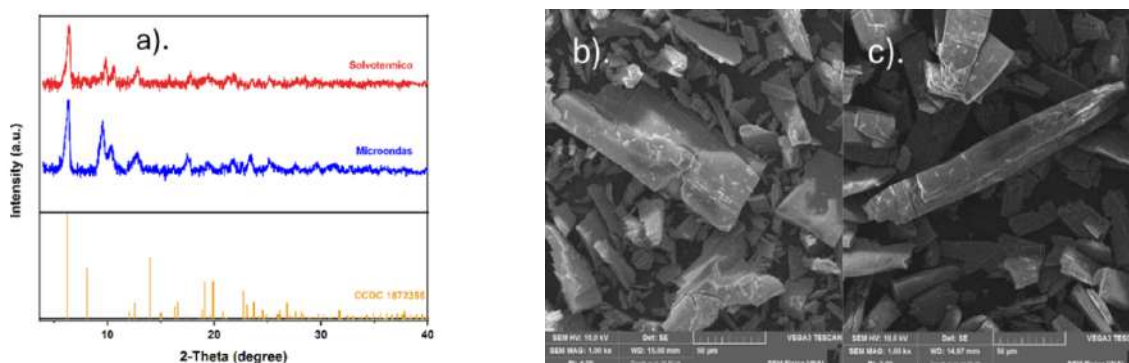


Figura 1. (a) Perfil de DRX de los MOFs sintetizados, imágenes SEM seleccionadas de los MOFs por (b) método solvotérmico y (c) microondas.

Las micrografías SEM (Figuras 1b y 1c) mostraron que por el método de microondas se obtienen agregados cristalinos con morfologías heterogéneas de tamaños que rondan los 50 µm, de la misma manera, el método solvotérmico presentó cristales heterogéneos, pero se evidencian agregados más pequeños que van desde los 10 µm hasta los 50 µm. La heterogeneidad de cristales está en congruencia con las impurezas observadas por DRX. El análisis EDX confirmó la presencia de La de

$1,36 \pm 0,30$ %mol para el método de microondas, en comparación con $1,86 \pm 0,50$ %mol del método solvotérmico. Mediante el análisis TGA-DSC se observó una desorción endotérmica del solvente y agua entre 353 K-423 K, más pronunciada en el método de microondas. Por su parte, la estabilidad térmica del MOF alcanza los 723 K sin verse afectada por la ruta de síntesis. Los ensayos termogravimétricos de captura de CO₂ realizados a 298 K y 75 kpa (Figura 2), evidencian un valor de equilibrio superior de $167 \mu\text{mol}\cdot\text{g}^{-1}$ para el MOF sintetizado por el método microondas y $138 \mu\text{mol}\cdot\text{g}^{-1}$ para el método solvotérmico. Con base en los resultados obtenidos hasta el momento, el método de síntesis asistido por microondas se perfila como una estrategia prometedora; sin embargo, será necesario realizar estudios adicionales, tanto texturales como catalíticos, para confirmar su efectividad en la obtención de materiales basados en MOFs de La con aplicaciones en captura y conversión de CO₂.

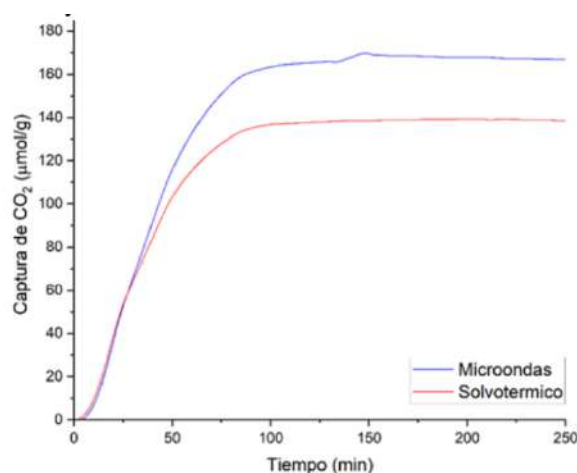


Figura 2. Captura termogravimétrica de CO₂ para redes metalorgánicas de lantano por método solvotérmico (rojo) y microondas (azul) a 298 K y 75 kpa

Referencias

- Jia L.-N., Hou L., Wei L. *et al.* Five sra Topological Ln(III)-MOFs Based on Novel Metal-Carboxylate/Cl Chain: Structure, Near-Infrared Luminescence and Magnetic Properties. *Cryst. Growth Des.* 2013; Volume 13, pp. 1570–1576. DOI: 10.1021/cg301810y
- Yin C., Huang Q., Zhu G. *et al.* High-performance lanthanum-based metal–organic framework with ligand tuning of the microstructures for removal of fluoride from water. *J. Colloid Interface Sci.* 2022; Volume 607, pp. 1762–1775. DOI: 10.1016/j.jcis.2021.09.108
- Chatenever A.R.K., Warne L.R., Matsuoka J.E., *et al.* Isomorphous Lanthanide Metal–Organic Frameworks Based on Biphenyldicarboxylate: Synthesis, Structure, and Photoluminescent Properties. *Cryst. Growth Des.* 2019, 19, 4854–4859. DOI: 10.1021/acs.cgd.9b00840

Autor de Presentación

Carolina Blanco es Química de la Universidad Nacional de Colombia, con Maestría y Doctorado en Química de la Universitat Rovira i Virgili (España). Su formación posdoctoral la realizó en el Instituto Catalán de Investigación Química (ICIQ), participando asimismo en proyectos industriales. Es Profesora Asociada en el Departamento de Química de la Universidad Nacional de Colombia e investigadora del grupo ESCA. Su experiencia incluye síntesis y caracterización de compuestos organometálicos, catálisis homogénea y heterogénea, y transformación de CO₂ en productos de valor agregado. Ha publicado diversos artículos científicos y participado en la formación de estudiantes de pregrado y posgrado. [Email: cblancoj@unal.edu.co](mailto:cblancoj@unal.edu.co)

Estudio de las especies reactivas de oxígeno en la peroxidación catalítica húmeda de contaminantes orgánicos en presencia de un catalizador Al/Fe-PILC

Isabella Tello¹, David Contreras², Victoria Melin², Luis-Alejandro Galeano¹, Ana-María García-Mora¹

¹Grupo de Investigación en Materiales Funcionales y Catálisis, Universidad de Nariño, Pasto – Colombia.

²Laboratorio de Procesos Avanzados de Oxidación y Química Verde, Universidad de Concepción. Concepción – Chile

Palabras clave: hidroxilo, proceso de oxidación avanzada, scavenger, materia orgánica, resonancia paramagnética electrónica.

Resumen

En el presente estudio se determinó la presencia de Especies Reactivas de Oxígeno (ROS) durante el proceso de oxidación avanzada tipo Fenton-Heterogéneo empleando una arcilla pilarizada con aluminio/hierro (Al/Fe-PILC) como catalizador de la denominada Peroxidación Catalítica en Fase Húmeda. Se estudió la influencia del pH, irradiación de luz y naturaleza del contaminante sobre la generación de las especies reactivas de oxígeno. La ROS estudiadas fueron: radical hidroxilo ($HO^\bullet$), anión radical superóxido ($O_2^{\bullet-}$) y oxígeno singlete (1O_2); los ensayos catalíticos se realizaron a valores de pH 3,7 y 7,0; con o sin irradiación de luz visible y con fenol (PhO) y un modelo sintético de materia orgánica natural (MS-MON), como contaminantes modelo.

El seguimiento de las ROS se realizó por dos vías: (i) Indirecta: mediante el uso de captadores específicos (scavengers) para cada ROS y la inhibición en la eficiencia de degradación del contaminante y (ii) Directa: mediante Resonancia Paramagnética Electrónica (EPR). La degradación de los contaminantes se evaluó mediante HPLC-PDA (para fenol) y HPLC-SEC (para MS-MON).

A pH 3,7, el radical hidroxilo fue la principal especie reactiva involucrada, con un porcentaje de inhibición promedio del 60 % para la degradación de fenol y del 90 % para la degradación de MS-MON en presencia de *t*-butanol. Los espectros EPR confirmaron la presencia del radical hidroxilo bajo estas condiciones (Figura 1a). A pH 7,0, la mayor inhibición (68 % para fenol y 83 % para MS-MON) fue observada cuando se empleó alcohol furfurílico como captador; esto indicó que el oxígeno singlete fue la especie predominante bajo tales condiciones de pH, pero el anión radical superóxido también se observó mediante la inhibición con *p*-benzoquinona (24 % para fenol y 43 % para MS-MON). Estos hallazgos fueron igualmente respaldados por los espectros EPR. Adicionalmente, se encontró que la irradiación con luz visible no modifica el tipo de ROS generado, sino que acelera su formación, ya que los máximos en las señales EPR se alcanzaron en tiempos sensiblemente menores bajo este tipo de irradiación.

Finalmente, se encontró que el anión radical superóxido es una de las especies reactivas mayormente involucradas en la degradación de contaminantes cromóforos como MS-MON a pH circunneuro (Figura 1b). A diferencia del fenol (por su característica incolora), la generación de esta ROS podría estar condicionada por la interacción de los cromóforos en la MON con la luz; esto parece permitir al contaminante actuar como fotosensibilizador y promover la formación de radicales reactivos a través de estados tripletes excitados.

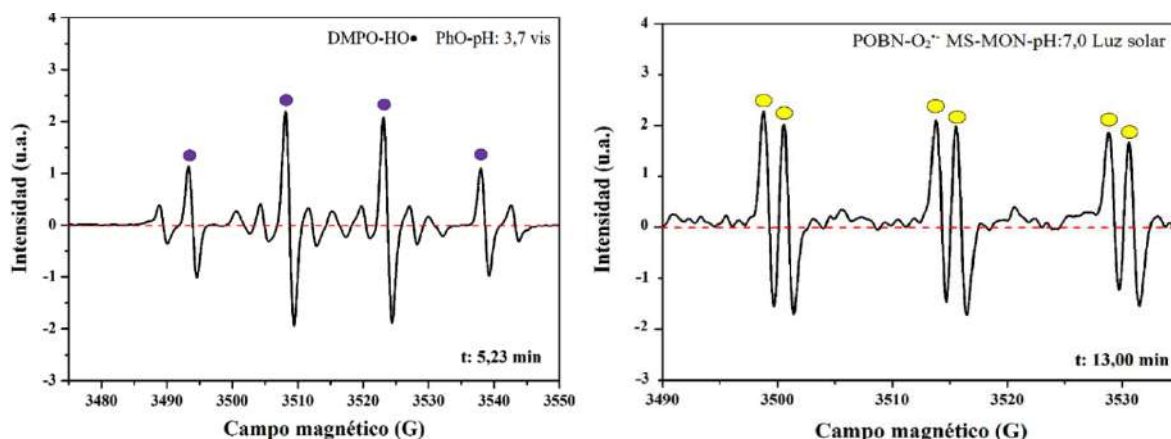


Figura 1. Espectros EPR para la determinación de: (a) radical hidroxilo ($\text{HO}\bullet$) en la degradación *foto*-PCFH de fenol con la sonda DMPO a pH 3,7 y (b) anión radical superóxido ($\text{O}_2\bullet^-$) en la degradación *foto*-PCFH de MS-MON con la sonda POBN a pH 7,0.

Lo anterior demuestra la efectiva generación de especies reactivas de oxígeno en procesos heterogéneos que emplean catalizadores altamente estables, un tema poco estudiado y el potencial de estos procesos en el tratamiento de aguas contaminadas coloreadas y con contaminantes altamente biorefractarios.

Referencias

- Portilla-Delgado C.S., García-Mora A.M., Dappozze F., *et al.* Visible-Light Enhanced Catalytic Wet Peroxide Oxidation of Natural Organic Matter in the Presence of Al/Fe-Pillared Clay. *Catalysts* 2021, 11, 905. DOI: 10.3390/catal11080905
- Li W., Wang Y., Irini A. Effect of pH and H_2O_2 dosage on catechol oxidation in nano- Fe_3O_4 catalyzing UV-Fenton and identification of reactive oxygen species. *Chem. Eng. J.* 2014, 244, 1–8. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cej.2014.01.011>

Autor de Presentación

Ana María García Mora es doctora en Ciencias Químicas por la Universidad de Antioquia (UdeA) con mención *Cum Laude*. Desde marzo de 2024, es investigadora postdoctoral en la Empresa de Potabilización de aguas de la ciudad de Pasto (EMPOPASTO) y en el Grupo de Investigación en Materiales Funcionales y Catálisis de la Universidad de Nariño. Su investigación se enfoca en la combinación de procesos convencionales y procesos avanzados de oxidación para la eliminación de contaminantes en agua. Es coautora de 13 publicaciones, 1 capítulo de libro, 1 patente y varias ponencias en congresos nacionales e internacionales. Es asesora especializada del programa Ondas.

Email: anamariagarcia@udenar.edu.co

Análisis de la hidrogenación simultánea de heteroarenos bajo diferentes condiciones de reacción

Rodrigo Valderrama-Zapata¹, Luz M. Ballesteros-Rueda^{1,2}, Víctor G. Baldovino-Medrano^{1,2}

¹ Centro de Investigaciones en Catálisis (CICAT), Universidad Industrial de Santander, Piedecuesta – Colombia.

² Laboratorio Central de Ciencia de Superficies (SurfLab), Universidad Industrial de Santander, Piedecuesta – Colombia.

Palabras clave: Transporte de masa, transporte de calor, hidrogenación, dibenzotiofeno, indol

Resumen

La hidrogenación de heteroarenos es clave para industrias como la de alimentos, la farmacéutica y la refinación de combustibles. En nuestro grupo hemos presentado evidencia de que es posible incrementar la conversión y eliminación de azufre del dibenzotiofeno (DBT) –compuesto clave en la purificación de combustibles– por hidrogenación a alta presión y mediante la adición de heteroarenos nitrogenados, aromáticos y olefinas. Sin embargo, la causa de este efecto no ha sido establecida. Este trabajo busca pistas acerca del origen del efecto de promoción del indol (IND) sobre la eliminación de azufre del dibenzotiofeno. Para esto se usó un lecho empacado con un catalizador comercial Ni-MoS₂/γ-Al₂O₃ que se diluyó con sólidos inertes en diferentes proporciones. Las pruebas se hicieron a 260, 300, y 320 °C, 5 MPa y con una alimentación compuesta por hidrógeno (3454,9 kPa), DBT (27,0 kPa), IND (1,5 kPa), ciclohexano (1504,8 kPa, solvente) y hexadecano (11,9 kPa, estándar interno).

La Figura 1 muestra la tasa molar de generación de productos normalizada por la cantidad de MoS₂, medido por XPS y designado como los sitios activos del catalizador, en función de la velocidad espacial de cada reactivo para las temperaturas estudiadas. Para el dibenzotiofeno (Figura 1a), en todos los casos se observa que para las velocidades espaciales más bajas (0-375 h⁻¹) la tasa normalizada de generación de productos se incrementa de manera lineal hasta alcanzar una meseta. Esta última región corresponde a una zona de operación del reactor libre de gradientes de concentración y temperatura donde cada tasa de producción obedece directamente el incremento de la temperatura. De este modo, se puede considerar que los valores de las tasas presentadas en la figura son un descriptor adecuado de la velocidad química de reacción del dibenzotiofeno, lo cual permitirá estimar parámetros cinéticos. Por otro lado, las tasas de generación de productos del indol (Figura 1b), siempre aumentaron de manera lineal con la velocidad espacial, independientemente de la temperatura. Este resultado podría interpretarse como una posible limitación de transferencia de masa para la hidrogenación del indol, sin embargo, dado que existen regiones en las que la hidrogenación del DBT se encuentra libre de estos artificios, además que esta molécula es más grande y que se encuentra en mayor proporción que el indol, la posibilidad de la existencia de limitaciones de transporte de materia se hace relativamente insignificante. Por lo tanto, este resultado podría deberse a la posible competencia entre las moléculas y su afinidad con los sitios activos, donde el DBT presenta mayor afinidad y ocupa en mayor medida los sitios activos en comparación con el indol, por ende, al aumentar la velocidad espacial, la tasa de liberación de sitios aumenta debido a que se presenta un menor tiempo de residencia, lo que le permite al indol incrementar su generación de productos de manera lineal.

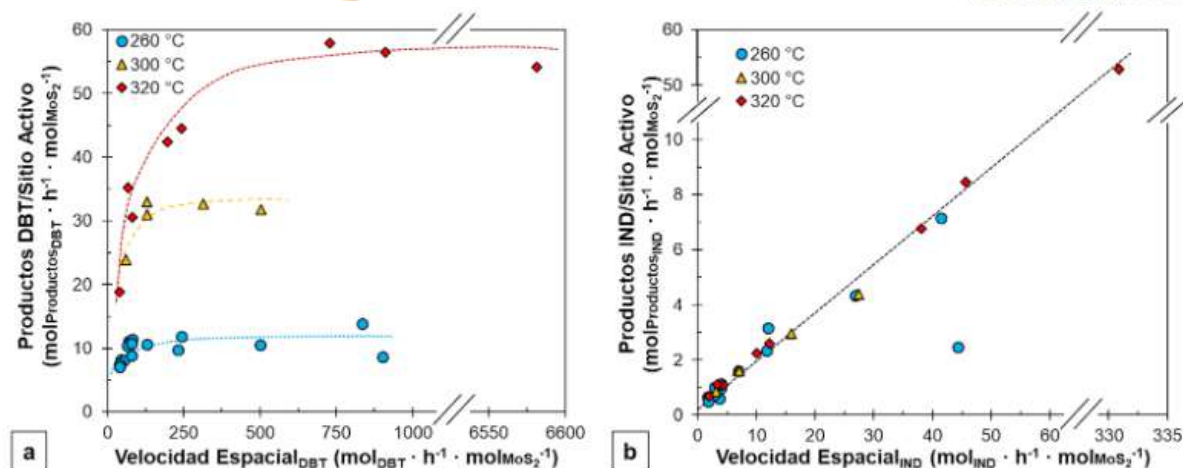


Figura 1. Formación de productos de la hidrogenación simultánea de (a) dibenzotiofeno y (b) indol por cantidad de MoS_2 , en función de la velocidad espacial del DBT e IND, respectivamente.

Referencias

- Morales-Valencia E.M, Vargas-Montañez O.J., Monroy-García P.A., *et al.* Conditions for increasing the hydrodesulfurization of dibenzothiophene when co-feeding naphthalene, quinoline, and indole. *J. Catal.* 2021, 404, 204-209. DOI: 10.1016/j.jcat.2021.09.021
- Koros R.M & Nowak E.J. A diagnostic test of the kinetic regime in a packed bed reactor. *Chem. Eng. Sci.* 1967, 22, 470. DOI: 10.1016/0009-2509(67)80134-9
- Rangarajan S. & Mavrikakis M. DFT Insights into the Competitive Adsorption of Sulfur- and Nitrogen-Containing Compounds and Hydrocarbons on Co-Promoted Molybdenum Sulfide Catalysts. *ACS Catal.* 2016, 6(5), 2904. DOI: 10.1021/acscatal.6b00058

Agradecimientos

Los autores agradecen al profesor Enrique Iglesia (*Purdue University*) por sus comentarios y sugerencias.

Autor de Presentación

Rodrigo Valderrama-Zapata es candidato a doctor en Ingeniería Química en la Universidad Industrial de Santander (UIS). Está vinculado al Centro de Investigaciones en Catálisis (CICAT) desde hace más de 9 años donde actualmente desarrolla su tesis doctoral, la cual consiste en proponer fundamentalmente un modelo cinético que represente comportamientos de promoción en reacciones de hidrotratamiento. En el 2020 se graduó como ingeniero químico (Laureado) de la misma universidad. Actualmente también es coordinador del Semillero de Investigación del CICAT.

Email: rvz04@hotmail.com , vicbaldo@uis.edu.co

Estudio de la cinética de formación de compuestos plataforma durante la Hidropirólisis Catalítica de Roble Chileno (*Nothofagus obliqua*)

Romina Vivallo Valenzuela^{1,2}, Kevin Fernández Andrade^{1,2}, Serguei Alejandro-Martín^{1,2}

¹ Laboratorio de Cromatografía Gaseosa y Pirólisis Analítica, Universidad del Bío-Bío, Concepción – Chile

² Departamento de Ingeniería de Procesos y Bioproductos, Facultad de Ingeniería, Universidad del Bío-Bío, Concepción – Chile

Palabras clave: biomasa, catalizadores, cinética, zeolita natural.

Resumen

La transición hacia procesos amigables con el ambiente ha provocado el auge de la revalorización de residuos lignocelulósicos a través de la hidropirólisis. Dentro de sus limitaciones está el control de la composición del producto líquido para incrementar la selectividad hacia productos deseados. Frente a este escenario, este estudio se centra en la evaluación cinética de la hidropirólisis de Roble Chileno (*Nothofagus obliqua*) utilizando catalizador de zeolita natural modificado.

La zeolita natural fue sometida a intercambio iónico para remover los cationes de compensación y para cargar el galio al 2% y 5% (m/m) sobre la zeolita modificada. Los catalizadores fueron caracterizados mediante Fisisorción de N₂, TPD-NH₃, SEM-EDX, TEM, XPS, DRIFT-Piridina y XRD. Los experimentos cinéticos se realizaron en un equipo de micropirólisis a tres temperaturas diferentes (450, 500, 550°C) y a tiempos discretos de pirólisis (1, 2, 4, 8, 16, 20, 30, 40 segundos). Para modelar la cinética se utilizó el modelo de una etapa basado en la ecuación de Arrhenius y utilizando diferentes modelos de conversión (alfa) como: Avreami-Erofeev y Ley de Potencia, ambos de orden n.

Los gases condensables obtenidos a partir de la hidropirólisis de biomasa a 500°C y 20 s de pirólisis, estuvo compuesto principalmente por fenoles (29%) y ácidos (16%). Con los catalizadores de zeolita modificada sin metales soportados (C1), los ácidos disminuyeron a un 11% e incrementó y se formó un 32% de hidrocarburos. Con los catalizadores de galio al 2% (C2) y 5% (C3), los ácidos disminuyeron hasta el 4% y el contenido de hidrocarburos incrementó al 75% y 56%, respectivamente. Esto fue asociado a las propiedades hidrogenantes que presenta el galio. Dado que hubo presencia de fenoles en todos los experimentos tanto catalíticos como no catalíticos, el ajuste cinético tomó como referencia la formación del fenol, 2,6-dimetoxi (FDM) para la comparación de catalizadores. La Figura 1 muestra las energías de activación calculadas para la formación de FDM a partir de la hidropirólisis no catalítica de la lignina [LIG (S/C)] y del roble (Roble (S/C)), y para la hidropirólisis catalítica de roble frente con zeolita modifica [Roble (C1)], galio al 2% sobre zeolita [Roble (C2)] y galio al 5% sobre zeolita modificada [Roble (C3)]. La energía de activación para LIG (S/C) y Roble (S/C) fue de 218 y 167 kJ mol⁻¹, respectivamente. Con el uso de catalizadores disminuyó hasta 14 kJ mol⁻¹ para el catalizador con galio al 5%, demostrando así participación del catalizador en la formación del fenol. Sin embargo, el hecho de presentar una energía de activación tan baja demuestra la cercanía al equilibrio, lo que puede indicar que posiblemente los fenoles sean los sustratos utilizados para la formación de hidrocarburos, ya que con el aumento de hidrocarburos coincidió con la disminución de los fenoles.

De este modo, la zeolita natural chilena con galio soportado emerge como un catalizador prometedor para revalorizar la biomasa y así obtener combustibles o compuestos plataforma de valor agregado e interés industrial.

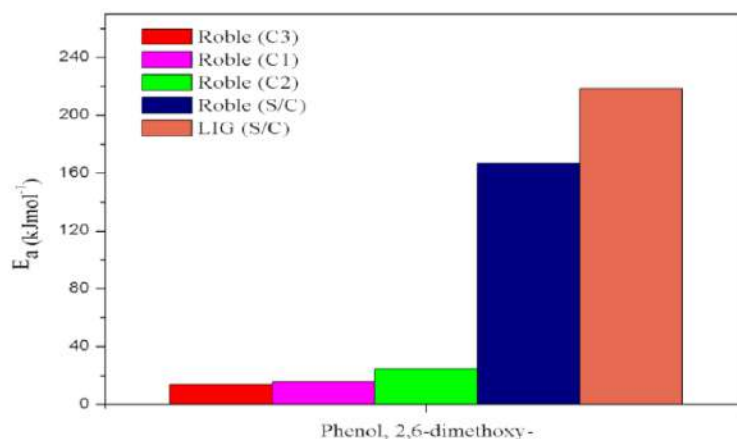


Figura 1. Energía de activación calculada para la formación de fenol, 2,6-dimetoxi frente a catalizadores de zeolita natural chilena.

Referencias

- Zanuttini, M. S., Lago, C. D., Querini, C. A., *et al.* Deoxygenation of m-cresol on Pt/ γ -Al₂O₃ catalysts. *Catal. Today*. 2023, 213, 9–17. DOI: 10.1016/J.CATTOD.2013.04.011
- Zhou, S., Tang, S., Li, G., *et al.* Catalytic fast pyrolysis of herbal medicine wastes over zeolite catalyst for aromatic hydrocarbons production. *Fuel*. 2023, 333, 126311. DOI:10.1016/J.FUEL.2022.126311

Autor de Presentación

Serguei Alejandro-Martín es Doctor en Ciencias de la Ingeniería / Ingeniería Química, Universidad de Concepción, Chile. Es el fundador y coordinador del LCGPA de la Universidad del Bío-Bío, donde es profesor asociado en el Departamento de Ingeniería de Procesos y Biomateriales. Sus líneas de investigación actuales son los procesos de transformación termoquímica (co-hidropirólisis catalítica) de residuos lignocelulósicos y plásticos, con énfasis en la valorización de residuos, el diseño y obtención de catalizadores metálicos soportados en zeolitas naturales y marcos organometálicos, la obtención de compuestos químicos de valor agregado y biocombustibles alternativos.

email: salejandro@ubiobio.cl

Carburo de tungsteno en la transición energética: Diseño de catalizador para captura de hidrógeno y CO₂

Carlos Jimenez-Orozco¹, Elizabeth Florez¹, Jose Rodriguez³

¹ Grupo de Investigación Materiales con Impacto, Instituto de Ciencias Básicas, Universidad de Medellín, Medellín – Colombia.

² Chemistry Division, Brookhaven National Laboratory, Upton, New York. – Estados Unidos.

Palabras clave: DFT; computational chemistry; Surface science; hydrogen; carbon dioxide.

Resumen

Contexto: El carburo de tungsteno (WC) tiene actividad catalítica similar al platino en algunas reacciones, con la ventaja de ser más económico y tener potencial en diferentes aplicaciones. No obstante, la comprensión fundamental de catalizadores a base de WC aún no es clara, lo cual es clave en el diseño racional de catalizadores. Por ende, la modelación computacional de catalizadores a escala atómica adquiere relevancia, pues ello permite modular propiedades deseables y guiar hacia diferentes aplicaciones.

Metodología: Se crearon modelos de la superficie α -WC(0001) del sistema cristalino hexagonal WC, que tiene terminaciones C y W. Se usó la aproximación del slab (2+2), vacío > 20 Å en eje-z y supercelda (4x4). Se usó teoría de funcionales de la densidad (DFT), funcional PBE-D3, malla (3x3x1) y energía-cutoff 415 eV. Sobre este sistema se analizó la disociación de H₂ hasta formar una monocapa de H* atómicos y su termodinámica (energía libre de Gibbs (ΔG)) a diferente presión (P) y temperatura (T). Se analizó la viabilidad para que WC sea soporte de pequeños agregados metálicos (clústers) de cobre y paladio y cómo estos pueden favorecer la captura y disociación de CO₂.

Resultados:

Disociación de H₂:

En diferentes sistemas catalíticos, se debe superar una barrera energética para lograr la disociación de H₂. Sin embargo, esta disociación sobre WC-W y WC-C no tienen barrera energética, es decir, H₂ $\rightarrow$ 2H* ocurre de forma espontánea y a condiciones ambiente (1 atm y 300 K), ver Figura 1. Cada vez que una molécula de H₂ se acerca a la superficie se disocia de forma espontánea y sin barrera hasta alcanzar un cubrimiento completo de la superficie, proceso viable termodinámicamente ($\Delta G < 0$) hasta 500 K y a presión desde 10⁻¹⁰ atm hasta 10 atm. Estos resultados abren caminos para explorar el uso de WC como catalizador en reacciones de hidrogenación catalítica, pues el WC se comporta como una esponja de hidrógeno.

WC como soporte de Cu y Pd y activación de CO₂:

Se exploró miles de conformaciones del cluster tetramérico Cu_xPd_y (x+y=4) mediante búsquedas estocásticas. Los doce sistemas más estables se soportaron sobre WC-W y WC-C. Cuando CO₂ se acerca a los sistemas Cu₄/WC, Cu₃Pd₁/WC, Cu₂Pd₂/WC y Pd₄/WC, se disocia en CO* + O* de forma espontánea y sin barreras, algo que no sucede en superficies solas o en clusters aislados. Por ende, la interfaz cluster-superficie juega un papel importante en la actividad catalítica de la disociación de CO₂. Estos resultados abren caminos hacia el uso de WC como soporte de Cu y Pd altamente dispersos, potencial hacia la captura y disociación de CO₂ de forma espontánea, un comportamiento deseable en evitar emisión de este gas de efecto invernadero, con la ventaja de facilitar la transformación de CO₂ a productos de alto valor agregado como el metanol, donde uno inconveniente es la ruptura de CO₂, algo que se produce de forma espontánea en el sistema Cu_xPd_y/WC.

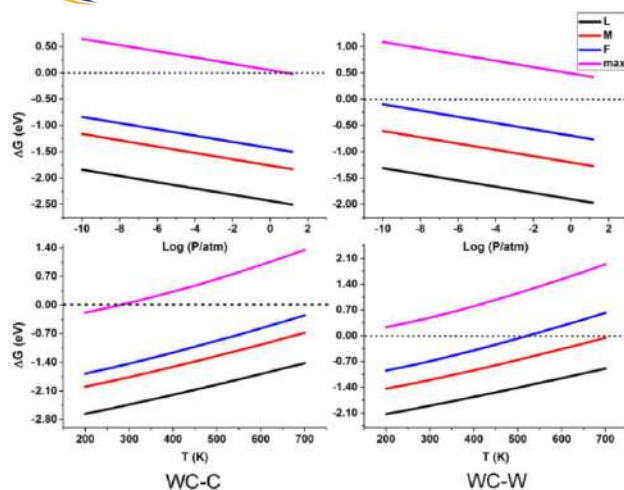


Figura 1. ΔG para disociación $H_2 \rightarrow 2H^*$ sobre terminaciones C y W de superficie α -WC(0001) a diferentes cubrimientos, P y T.

Referencias

- Jimenez-Orozco C., Flórez E., Rodríguez J. The α -WC(0001) Surface as a Hydrogen Sponge: A First Principle Study of H_2 Dissociation and Formation of Low and High Coverages. *ChemCatChem*. 2023, 15, e202300165. DOI: 10.1002/cctc.202300165.
- Jimenez-Orozco C., Flórez E., Rodríguez J. Fundamental interactions of bimetallic Cu_xPd_y ($x+y=4$) clusters supported on a α -WC(0001) surface and their performance for CO_2 adsorption and dissociation. *J. Phys. Chem. C*. 2025, 129, 27, 12362–12373. DOI:10.1021/acs.jpcc.5c03687

Autor de Presentación

Carlos Jimenez-Orozco, profesor tiempo completo e investigador de la Universidad de Medellín desde 2019, en química general, fisicoquímica, química inorgánica y químicas para computación científica, tanto en pregrado como posgrado. Su investigación se enfoca en el diseño computacional de materiales, con aplicaciones en catálisis para la captura y transformación de CO_2 , H_2 , CH_4 e hidrocarburos, y para captura de contaminantes en aguas como metales pesados y medicamentos. Es coautor de 20 publicaciones, 2 capítulos de libro y 6 ponencias. Ha recibido la mención *cum laude* en su doctorado y ha sido postulado al premio Gerhard Ertl Young Investigator Award 2023.

Email: cjimenez@udemedellin.edu.co

Coprecipitación asistida por ultrasonido de nanopartículas de magnetita (Fe_3O_4) y funcionalización de $\text{Fe}_3\text{O}_4@\text{SiO}_2\text{-NH}_2$ para potenciar la imagenología por resonancia magnética

Jahaziel Amaya¹, IM. Saavedra Gaona², CA. Parra Vargas², R.J. Rincón³, L. Martínez⁴, Yves Huttel⁴, D. Llamosa Pérez¹

¹ Grupo de Investigación Fundamental y Aplicada en Materiales, Facultad de ciencias, Universidad Antonio Nariño, Sede Circunvalar, Carrera 1a Este #47A15, CP 110231, Bogotá D.C., Colombia

² Grupo de Física de Materiales, Escuela de Física, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, avenida Central del Norte, 39-115, Tunja, Boyacá, 150003, Colombia

³ Grupo de Investigación en Ciencias Biológicas y Químicas, Facultad de ciencias, Universidad Antonio Nariño, Sede Circunvalar, Carrera 1a Este #47A15, CP 110231, Bogotá D.C., Colombia

⁴ CSIC - Instituto de Ciencia de Materiales de Madrid (ICMM), Madrid, Spain.

Palabras clave: Barrera hematoencefálica; Superparamagnetismo; Cavitación química; Neuroinflamación; Biocompatibilidad.

Resumen

Las lesiones cerebrales traumáticas constituyen un problema de salud pública global debido a su alta incidencia y a su estrecha relación con el desarrollo de enfermedades neurodegenerativas. Alteraciones en la barrera hematoencefálica comprometen la homeostasis del sistema nervioso central, favoreciendo procesos de neuroinflamación y disfunción metabólica que pueden progresar hacia patologías como la enfermedad de Alzheimer, Parkinson o esclerosis múltiple. En este contexto, el diagnóstico temprano y preciso resulta determinante para mejorar el pronóstico clínico. Sin embargo, las técnicas actuales de imagen, aunque avanzadas, presentan limitaciones en sensibilidad, especificidad, costo y accesibilidad, especialmente en la detección de lesiones leves.

La resonancia magnética se ha consolidado como una herramienta clave en la evaluación del daño cerebral, pero su eficacia depende en gran medida del uso de agentes de contraste capaces de amplificar la señal sin generar efectos adversos significativos. Las nanopartículas superparamagnéticas de magnetita (Fe_3O_4), con tamaños inferiores a 20–30 nm, han demostrado un enorme potencial como agentes de contraste debido a su capacidad para acortar los tiempos de relajación T_2/T_2^* , mejorar la resolución espacial y responder de manera eficiente a campos magnéticos externos. No obstante, los métodos de síntesis convencionales (como la coprecipitación tradicional, la síntesis hidrotermal o la descomposición térmica) suelen presentar limitaciones asociadas a tiempos de reacción prolongados, distribución de tamaño heterogénea, aglomeración y riesgo de impurezas.

El presente trabajo propone una estrategia innovadora que integra cavitación química asistida por ultrasonido dentro del proceso de coprecipitación, permitiendo un control más preciso de la nucleación y el crecimiento cristalino. Esta metodología reduce significativamente los tiempos de síntesis (hasta aproximadamente 30 minutos) sin elevar la temperatura por encima de 60 °C, evitando la desestabilización del sistema. Además, se evaluó sistemáticamente la velocidad de adición del agente reductor, demostrando su impacto directo en la cristalinidad, uniformidad y propiedades magnéticas finales de las nanopartículas.

Las nanopartículas obtenidas presentan un tamaño promedio cercano a 7,5 nm y exhiben comportamiento superparamagnético con alta magnetización de saturación, características confirmadas mediante difracción de rayos X, microscopía electrónica de transmisión, magnetometría de muestra vibrante y dispersión dinámica de luz. Posteriormente, fueron recubiertas con una capa de $\text{SiO}_2\text{-NH}_2$ de aproximadamente 1 nm de espesor, que mejora su estabilidad coloidal, reduce la susceptibilidad a la oxidación y minimiza la generación de radicales libres asociados a citotoxicidad. La presencia de grupos amino superficiales facilita la funcionalización con biomarcadores específicos, ampliando su potencial en aplicaciones de imagenología dirigida. Como prueba de concepto, las nanopartículas $\text{Fe}_3\text{O}_4@\text{SiO}_2\text{-NH}_2$

NH₂ fueron funcionalizadas con el biomarcador de neuroinflamación P-88, evaluándose su impacto en la viabilidad celular en una línea epitelial. Los resultados evidencian una adecuada biocompatibilidad, lo que respalda su posible aplicación en entornos biológicos complejos.

Esta propuesta no solo optimiza la eficiencia energética y la escalabilidad del proceso de producción, sino que también establece un modelo tecnológicamente viable para la fabricación reproducible de nanomateriales magnéticos con propiedades altamente controladas. La integración de cavitación química asistida por ultrasonido reduce significativamente los tiempos de síntesis y el consumo energético, favoreciendo su posible transferencia a escala industrial y clínica. Además, la combinación de control estructural preciso, estabilidad química mediante el recubrimiento SiO₂-NH₂ y la posibilidad de funcionalización específica con biomarcadores estratégicos configura una plataforma versátil para el desarrollo de agentes de contraste avanzados e incluso sistemas teranósticos.

Referencias

- Segarra, M.; Aburto, M.R.; Acker-Palmer, A. Blood–Brain Barrier Dynamics to Maintain Brain Homeostasis. *Trends Neurosci.* **2021**, *44*, 393–405. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tins.2020.12.002>.
- Zhao, Y.; Gan, L.; Ren, L.; Lin, Y.; Ma, C.; Lin, X. Factors influencing the blood-brain barrier permeability. *Brain Res.* **2022**, *1788*, 147937. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.brainres.2022.147937>.
- Piantino, M.; Kang, D.-H.; Furihata, T.; Nakatani, N.; Kitamura, K.; Shigemoto-Mogami, Y.; Sato, K.; Matsusaki, M. Development of a three-dimensional blood-brain barrier network with opening capillary structures for drug transport screening assays. *Mater. Today Bio* **2022**, *15*, 100324. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.mtbio.2022.100324>.
- Ullah Khan, A.; Chen, L.; Ge, G. Recent development for biomedical applications of magnetic nanoparticles. *Inorg. Chem. Commun.* **2021**, *134*, 108995. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.inoche.2021.108995>.
- Demin, A.M.; Pershina, A.G.; Minin, A.S.; Mekhaev, A.V.; Ivanov, V.V.; Lezhava, S.P.; Zakharova, A.A.; Byzov, I.V.; Uimin, M.A.; Krasnov, V.P.; et al. PMIDA-Modified Fe₃O₄ Magnetic Nanoparticles: Synthesis and Application for Liver MRI. *Langmuir* **2018**, *34*, 3449–3458. DOI: <https://doi.org/10.1021/acs.langmuir.7b04023>.

Autor de Presentación

El Dr. Jahaziel David Amaya Bayona es químico colombiano y doctor en Ciencias Químicas por la Universidad Nacional de Colombia. Su trayectoria investigativa se centra en la síntesis y caracterización de nanomateriales funcionales, con especial énfasis en nanopartículas magnéticas y óxidos metálicos aplicados en biomedicina, catálisis y remediación ambiental. Ha desarrollado estrategias innovadoras como la coprecipitación asistida por ultrasonido para la obtención de nanopartículas de Fe₃O₄ con propiedades superparamagnéticas, orientadas a su uso como agentes de contraste en resonancia magnética. Su trabajo integra técnicas avanzadas de caracterización estructural y magnética, destacándose por su enfoque interdisciplinario y su contribución al avance de la nanomedicina y la ciencia de materiales con impacto potencial en diagnóstico temprano y sostenibilidad tecnológica.

Email: jamaya47@uan.edu.co

Fotooxidación aeróbica de monoterpenos catalizada por un oligo-fenilenvinileno inmovilizado en nanotubos de TiO₂

Laura M. Valdivieso Zarate¹, Fernando Martínez Ortega², Nelson J. Castellanos³

¹ Centro de Investigación en Catálisis - CICAT, Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga – Colombia.

² Laboratorio de Diseño y Reactividad de Estructuras Sólidas (Lab-DRES, 125), Departamento de Química, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá – Colombia.

Palabras clave: Oligofenilenvinilenos (OPV); Fotocatálisis; Fotooxidación; Nanotubos de TiO₂.

Resumen

Uno de los mayores retos de la industria química moderna es el desarrollo de procesos más limpios y sostenibles que reduzcan el consumo excesivo de combustibles fósiles, la contaminación ambiental, y que utilicen nuevas fuentes de energía como la luz solar (Rodríguez-Padrón et al., 2019). En este sentido, se han propuesto procesos de oxidación selectiva fotocatalítica como una alternativa viable que permite la producción de productos químicos orgánicos de valor añadido en condiciones moderadas y económicas, sustituyendo agentes oxidantes convencionales altamente tóxicos como el dicromato o el permanganato por moléculas inocuas como el peróxido de hidrógeno (H₂O₂), el oxígeno molecular (O₂) o el aire, simplificando la recuperación del producto y haciendo que el proceso de oxidación sea más favorable para el medio ambiente (Riedel & Špaček, 2022; Wen et al., 2022). En este trabajo se logró la inmovilización química de un oligo-fenilenvinileno (OFV) sobre la superficie de nanotubos de TiO₂ empleando una reacción de transesterificación entre los grupos carboxílicos presentes en el sensibilizador orgánico y los grupos hidroxilos superficiales presentes en el TiO₂ previamente modificados por una reacción de sililación. El sistema OFV/TiO₂-NT fue caracterizado por espectroscopía Infrarroja (ATR-IR), UV-Vis en estado sólido, Difracción de Rayos X en polvo (DRXP) y espectroscopía fotoelectrónica de rayos X (XPS) y sus propiedades texturales fueron determinadas por adsorción de N₂, confirmando el proceso de inmovilización química (Figura 1).

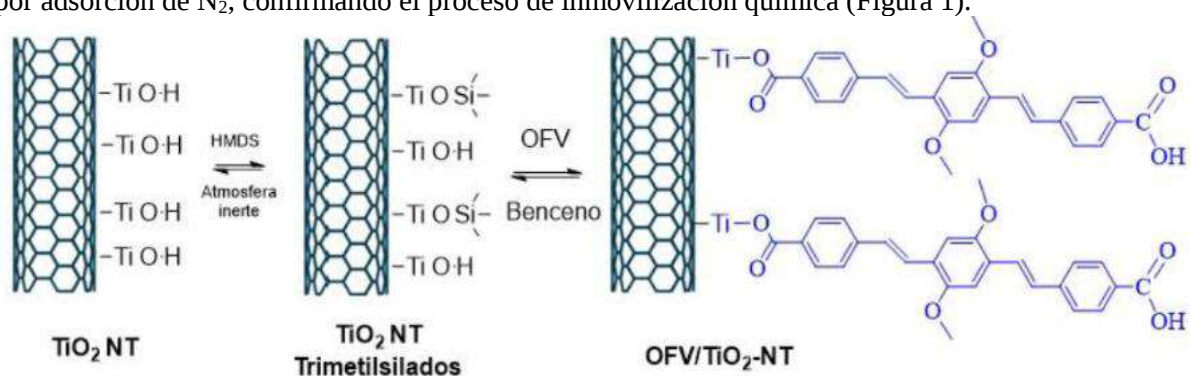


Figura 1. Esquema de la síntesis empleada en la inmovilización química de un oligo-fenilenvinileno (OFV) sobre la superficie de nanotubos de TiO₂ empleando una reacción de transesterificación.

La evaluación de su actividad fotocatalítica se estudió en la oxidación selectiva de monoterpenos utilizando como molécula modelo el α -pineno y la R-Carvona empleando O₂ molecular y los resultados obtenidos son presentados en la **Tabla 1**.

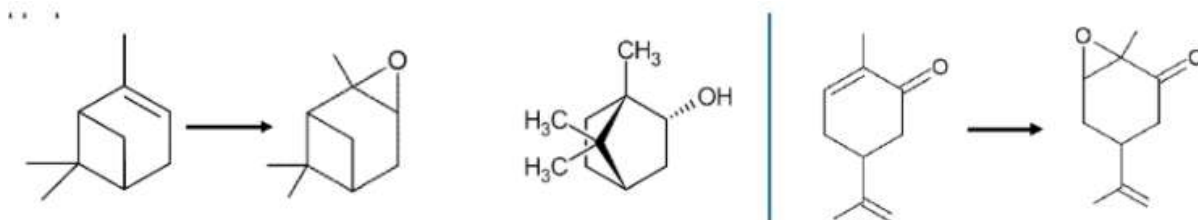


Figura 2. Productos obtenidos en la fotooxidación de monoterpenos catalizada por OFV/TiO₂-NT utilizando como molécula modelo el α -pineno y la R-Carvona en presencia de O₂ molecular.

Tabla 1. Resultados obtenidos en la fotooxidación de monoterpenos catalizada por OFV/TiO₂-NT utilizando como molécula modelo el α -pineno y la R-Carvona en presencia de O₂ molecular.

Entrada	Monoterpeno	Luz (nm)	Atmósfera	Conversión (%)	Selectividad		
					Epóxido	Alcohol	cetona
1	α -pineno	350	N ₂	—	—	—	—
2		350	O ₂	97,8	68,4	31,6	—
3		462	N ₂	—	—	—	—
4		462	O ₂	60,5	66,4	33,6	—
5	R-carvona	350	N ₂	—	—	—	—
6		350	O ₂	64,9	95,2	—	4,8
7		462	N ₂	—	—	—	—
8		462	O ₂	55,8	89,8	—	10,2

Los resultados obtenidos permiten evidenciar el efecto favorable de incorporar el OFV en la oxidación selectiva de monoterpenos y su capacidad de participar en procesos de activación de O₂ molecular. El catalizador OFV/TiO₂-NT demostró mantener su actividad y estabilidad durante tres ciclos de reacción consecutivos.

Referencias

- Riedel N.H., Špaček M. Challenges of Renewable Energy Sourcing in the Process Industries: The Example of the German Chemical Industry. *Sustainability*. 2022, 14 (20), 13520. DOI: 10.3390/SU142013520
- Rodríguez-Padrón D., Puente-Santiago A.R., Balu A.M., *et al.* Environmental Catalysis: Present and Future. *ChemCatChem*. 2018 11(1), 18–38. DOI: 10.1002/cctc.201801248
- Wen Y., Yan J., Yang B., Zhuang Z., Yu Y. Reactive oxygen species on transition metal-based catalysts for sustainable environmental applications. *Journal of Materials Chemistry A*, 2022, 10(37), 19184–19210. DOI: 10.1039/D2TA02188A

Autor de Presentación

Nelson J. Castellanos es Químico y Doctor en Química de la Universidad Industrial de Santander (UIS). Desde el año 2015, está vinculado como Profesor Asociado a la Universidad Nacional de Colombia y hace parte del Laboratorio de Diseño y Reactividad de Estructuras Sólidas (Lab-DRES, 125) en el Departamento de Química donde ha dirigido un gran número de trabajos de grado y Tesis de maestría en el área de catálisis.

Email: njcastellanosm@unal.edu.co

Cobalto y manganeso sobre óxido de grafeno: catalizadores eficientes para la oxidación verde del alcohol bencílico

Ingrid Carolina Salazar¹, Cristian David Miranda¹

¹ Grupo de Investigación Catálisis, Departamento de Química, Universidad del Cauca, Popayán – Colombia.

Palabras clave: Catálisis heterogénea, Óxido de grafeno, Alcohol bencílico, Oxidación selectiva, Metales de transición.

Resumen

La eficiencia catalítica de sólidos a base de cobalto (Co) y manganeso (Mn) soportados en óxido de grafeno (OG), fue evaluada en la oxidación aeróbica del alcohol bencílico, reacción de interés por su aplicación en la síntesis de benzaldehído, un compuesto ampliamente utilizado en la industria de fragancias y química fina. El soporte OG fue sintetizado mediante el método de Hummers modificado y posteriormente se prepararon los catalizadores empleando dos métodos: hidrotermal y coprecipitación. Este último mostró mejores resultados en términos de carga metálica, alcanzando valores de 6,9% y 6,0% para Mn/OG y Co/OG, respectivamente. Como referencia, se prepararon también catalizadores con carbón activado G60 como soporte.

Los materiales fueron caracterizados mediante espectroscopía infrarroja (FTIR), microscopía electrónica de barrido (SEM), análisis de área superficial (BET) y espectroscopía de absorción atómica (EAA). Los resultados mostraron una mayor área superficial para los catalizadores soportados en OG respecto al soporte puro, alcanzando valores de 17,4 m²/g para Co/OG y 20,4 m²/g para Mn/OG. Las imágenes SEM evidenciaron una buena dispersión de las partículas metálicas sobre el soporte, en especial para el caso del Mn/OG.

La actividad catalítica fue evaluada mediante la conversión del alcohol bencílico a benzaldehído bajo atmósfera de oxígeno, utilizando tolueno y agua como disolventes. Mn/OG fue el catalizador más eficiente, logrando una conversión del 92,2% y alta selectividad hacia benzaldehído. Co/OG presentó un rendimiento intermedio con 58,2% de conversión (Figura 1). Se observó que el uso de agua como medio de reacción redujo la actividad catalítica, aunque se mantuvo una alta selectividad. La estabilidad de los catalizadores fue confirmada a través de tres ciclos consecutivos de reacción, destacando nuevamente la mayor robustez del Mn/OG.

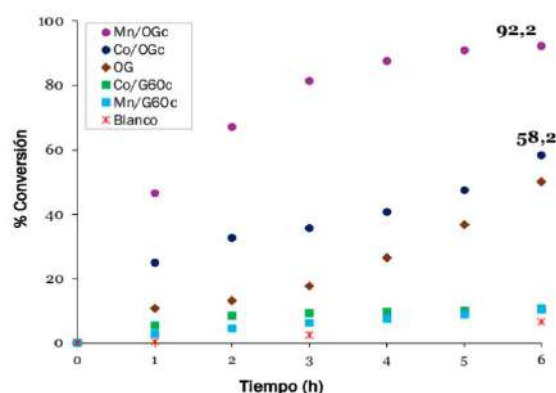


Figura 1. Conversión de la oxidación del alcohol bencílico

En conjunto, los resultados demuestran que la dispersión de metales de transición en OG es una estrategia eficaz para el diseño de catalizadores heterogéneos activos y estables en procesos de oxidación selectiva, representando una alternativa más sostenible y económica frente a sistemas basados en metales nobles. La sinergia entre la alta área superficial, la presencia de grupos funcionales

oxigenados en el OG y las propiedades redox de los metales, contribuyen significativamente al buen desempeño observado. Estos hallazgos abren nuevas posibilidades para el desarrollo de catalizadores ambientalmente amigables en transformaciones orgánicas clave.

Referencias

- Cordoba, M., Miranda, C., Lederhos, C., *et al.* Catalytic Performance of Co_3O_4 on Different Activated Carbon Supports in the Benzyl Alcohol Oxidation. *Catalysts*. 2017, 7(12), 384. DOI: 10.3390/CATAL7120384
- Dimiev, A. M., Eigler, S. *Graphene Oxide: Fundamentals and Applications*. John Wiley & Sons, Ltd. 2016, 1–439. DOI: 10.1002/9781119069447

Autor de Presentación

Cristian D. Miranda tiene formación en catálisis heterogénea y experiencia en docencia universitaria. Su labor investigativa se orienta al desarrollo de catalizadores sostenibles aplicados a procesos de remediación ambiental y valorización de residuos, con énfasis en la degradación de microplásticos y la obtención de productos de valor agregado a partir de biomasa lignocelulósica. Ha dirigido trabajos de pregrado en química y ha participado en proyectos relacionados con química verde, fotocatalisis y aprovechamiento de residuos. Actualmente, explora el uso de herramientas de inteligencia artificial para predecir el comportamiento catalítico de nuevos materiales.

Email: cdmiranda@unicauca.edu.co

Degradación de resinas epóxicas de bisfenol A mediante procesos foto-Fenton homogéneo y heterogéneo

Juan Ávila-Rincón¹, Avril Corredor¹, Mauricio Velasquez¹, Gina Hincapié-Triviño¹, Ariel Cadena², Javier Toloza³, Cristian Ochoa³

¹Estado Sólido y Catálisis Ambiental (ESCA). Departamento de Química, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá-Colombia.

²Caracterización Tecnológica de Minerales (CTM). Departamento de Geociencias, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá-Colombia.

³Centro de desarrollo tecnológico de la esmeralda colombiana (CDTEC Gemlab), Bogotá-Colombia.

Palabras clave: Foto-Fenton; Bisfenol A (BPA); Magnetita; Resinas epóxicas; Recuperación de polímeros.

Resumen

Actualmente, la depolimerización de materiales poliméricos es un tema fundamental de la economía circular, ya que permite recuperar las unidades monoméricas para su reutilización. Este enfoque no solo impulsa la sostenibilidad, sino que también responde al creciente interés ambiental en la degradación de plásticos y polímeros, una preocupación que ha aumentado significativamente en los últimos años. Por ello, esta investigación evaluó la degradación de resinas epóxicas comerciales de bisfenol A (BFA) mediante procesos avanzados de oxidación. En el proceso foto-Fenton homogéneo se utilizó una sal de Fe^{2+} como catalizador, mientras que para el proceso foto-Fenton heterogéneo, se utilizó magnetita sintetizada. Ambas reacciones se evaluaron usando radiación UV a temperatura ambiente, pH natural y peróxido de hidrógeno como agente oxidante. El patrón de difracción de rayos X del sólido sintetizado (Figura 1) muestra la formación de la fase cristalina de magnetita, la cual es una fase mixta de Fe(II) y Fe(III). No se detectaron otros planos cristalinos que indiquen la presencia de otras fases de óxidos de hierro, lo que sugiere una alta pureza en el catalizador sintetizado.

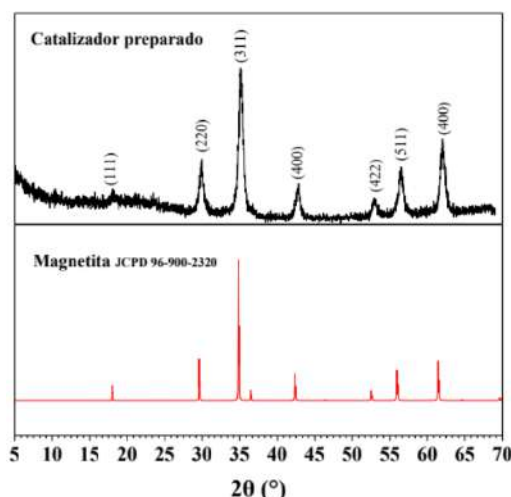


Figura 1. Patrones de difracción del catalizador preparado y magnetita.

Resultados preliminares de evaluación de la actividad catalítica, que se muestran en la Figura 2 indican que bajo las condiciones evaluadas se obtienen conversiones importantes de las dos resinas evaluadas (líquida y endurecida). Sin embargo, se observa una mayor conversión en el proceso homogéneo. Los productos de la oxidación fueron analizados mediante cromatografía líquida (HPLC-MS), cuyos resultados demuestran la ausencia de BFA y la presencia de productos de bajo peso molecular indicando un alto grado de oxidación de los polímeros. La efectividad del proceso y en particular su capacidad de mineralización fue evaluada a través del análisis de carbono orgánico total (TOC), donde se observó una eficiencia de hasta el 68%, lo cual indica que gran parte del carbono de la resina fue transformado

a CO₂ y por ende demuestra una notable selectividad del sistema hacia la oxidación completa.

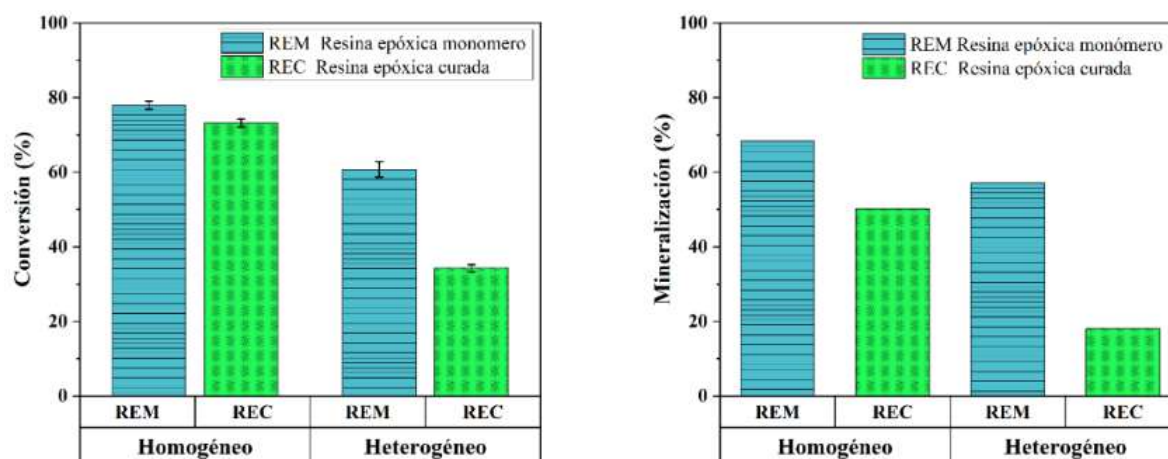


Figura 2. Conversión de las resinas epóxicas comerciales y su respectivo valor de mineralización en las reacciones foto-Fenton homogéneo y heterogéneo. Condiciones de reacción: carga de catalizador para el sistema homogéneo 2,5 mM de Fe²⁺ (pH=2,2) y el sistema heterogéneo 5 g/L, temperatura ambiente, flujo de peróxido de hidrógeno 250 µL/h durante 4 horas.

Compuestos como p-hidroxibenzaldehído, ácido p-hidroxibenzoico y ácido benzoico fueron identificados por HPLC-MS indicando una oxidación progresiva del anillo bencénico y la transformación de grupos funcionales característicos del BFA y de fragmentos estructurales de la matriz epóxica. La presencia de estas moléculas es relevante desde el punto de vista de la remoción debido que el BPA y sus resinas derivadas presentan una alta estabilidad química y baja solubilidad en agua, lo que dificulta su remoción mediante procesos convencionales. Por otro lado, los productos intermedios generados durante el proceso foto-Fenton son más polares y solubles en medios acuosos facilitando así su eliminación en etapas posteriores de tratamiento.

Referencias

- Bule M., Miloloža M., Martinjak V., *et al.* Evaluation of Fenton, Photo-Fenton and Fenton-like Processes in Degradation of PE, PP, and PVC Microplastics. *Water*, 2024, 16(5). DOI:10.3390/w16050673
- Katsumata H., Kawabe S., Kaneco S., *et al.* Degradation of bisphenol A in water by the photo Fenton reaction. *J Photoch Photobio A*, 2004, 162, 297. DOI: 10.1016/S10106030(03)00374-5
- Palanivel B., Hossain M., Reddy, I. N., *et al.* Chemical oxidants (H₂O₂ and persulfate) activated photo-Fenton like degradation reaction using sol-gel derived g-C₃N₄/ZnCo₂O₄ nanocomposite. *Diam Relat Mater*, 2022, 130. DOI: 10.1016/j.diamond.2022.109413

Autor de Presentación

Juan David Ávila Rincón es estudiante de la Maestría en Ciencias-Química de la Universidad Nacional de Colombia. Investigador del Centro de desarrollo tecnológico de la esmeralda colombiana (CDTEC) desde el año 2024. Su investigación se enfoca en el desarrollo y análisis de materiales aplicados a la industria colombiana de la esmeralda.

Email: juavilar@unal.edu.co

Comportamiento del sistema catalítico $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{-ZrO}_2$ para combustión de metano: influencia del método de preparación.

Aida Liliana Barbosa^{1*}, Eberto López Díaz

¹ Laboratorio de Investigaciones en Catálisis y Nuevos materiales LICATUC-Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Programa Química, Universidad de Cartagena – Campus CREAD – Colombia

Palabras clave: sol-gel; corriente ligera de metano; XPS, TPR, superficie específica.

Resumen

La obtención de sistemas catalíticos para la reacción de metano, es crucial para mejorar la eficiencia del proceso de combustión, reducir emisiones contaminantes y optimizar su uso como combustible. Se postula el catalizador $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{-ZrO}_2$ sintetizado por precipitación incipiente bajo US y sol-gel, calcinados a 600°C . Se apreció una influencia muy notoria de la temperatura de calcinación, contrayéndose el gel durante el secado en aire, con pérdida de mesoporosidad, lo que disminuyó su superficie específica a la mitad $54,5(\text{m}^2/\text{g})$, con respecto al sólido obtenido por impregnación. Los espectros XPS muestran que el Zr^{4+} está presente en forma de óxido (ZrO_2 o $\text{Zr}(\text{OH})_4$), activo en combustión sin embargo la presencia de otra señal (hacia 179 eV), indicaría la coexistencia de Zr^0 con respecto al hierro, se muestra una coexistencia $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}$ podría deberse a óxidos separados (como Fe_2O_3 y FeO). La ausencia de Fe^0 sugiere que el hierro está en forma oxidada, probablemente superficial. Para el catalizador $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{-ZrO}_2$ obtenido por impregnación y calcinado a 600°C , se obtuvo una relación de Fe/Zr mayor reflejando una mayor dispersión superficial en el ámbito cualitativo del hierro en la circonia. En el transcurso de la reacción el hierro migra dentro del “bulk” a la superficie, haciéndose ésta más rica en hierro. El óxido de circonio se obtuvo mediante dos procedimientos diferentes: por descomposición del hidróxido $\text{Zr}(\text{OH})_4$, calcinándolo a 600°C por cuatro horas, y por el método sol-gel tipo pechini se incorporó hierro con una carga de 10%. Para determinar la superficie específica del soporte limpio obtenido por la calcinación del $\text{Zr}(\text{OH})_4$ se desgasificó por espacio de 12 horas a 200°C . En el caso del soporte sintetizado por el método de sol-gel el tiempo de desgasificación fue de 20 horas y la temperatura 150°C . Las medidas de superficie específica, fueron llevadas a cabo en un equipo dinámico Pulse Chemisorb 2700 Micromeritics, con un sistema de preparación de muestra modelo Desorb 2300^a.

Tabla 1. Temperaturas de ignición (T50) para los diferentes catalizadores $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{-ZrO}_2$

Catalizador	primer ensayo	segundo ensayo	tercer ensayo
$\text{Fe}(3)\text{Zr}6\text{i}$	439	556	562
$\text{Fe}(10)\text{Zr}6\text{i}$	477	489	505
$\text{Fe}(10)\text{Zr}8\text{i}$	528	547	550
$\text{Fe}(3)\text{Zr}6\text{sg}$	573	519	523
$\text{Fe}(10)\text{Zr}6\text{sg}$	528	550	561
$\text{Fe}(10)\text{Zr}8\text{sg}$	571	588	596

Según los análisis $\text{H}_2\text{-TPR}$, con el Zr_2O_4 calcinado a 600°C , sintetizado por los dos métodos y se apreció que la circonia pura no puede reducirse por debajo de 800°C . Para los óxidos hierro-circonio con diferentes contenidos en hierro, se apreciaron propiedades diferentes, bajos contenidos de hierro (3%), obtenido por impregnación, presenta la reducción total del hierro Fe^{3+} , se efectúa a temperaturas más altas que para el Fe_2O_3 másico, debido a la influencia del dióxido de circonio. Un aumento en la carga de hierro (10%) modificó el perfil de TPR, mostrando menos picos de consumo y reducción es completa a 501°C . Esto puede deberse a que el hierro interactúa de forma diferente con la red de la circonia, que permite la reducción por otra vía diferente que en el Fe_2O_3 másico. En los experimentos de reacción se mantuvo una relación $\text{W}/\text{F} = 1,66 \times 10^{-3} \text{ g min} [\text{mL}(\text{STP})]^{-1}$ y se alimentó una corriente de 3% de metano en aire. Los datos de actividad catalítica para combustión de metano se presentan a través de la temperatura de encendido “light-off” (T50). Los resultados muestran que en el tercer ciclo de reacción, muestra mayor estabilidad para los sólidos calcinados a 600°C , la carga de hierro y los procesos de óxido reducción efectuados por el hierro para migrar a la superficie son la clave para la actividad y

estabilidad catalítica frente a la oxidación de metano.

Los catalizadores de óxidos de metales no nobles, compuestos principalmente de óxidos metálicos u óxidos compuestos como $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{-ZrO}_2$, ofrecen ventajas como bajo costo, alta estabilidad y alta resistencia al envenenamiento. Sin embargo, presentan una actividad relativamente baja a baja temperatura.

Referencias

- Armelao L., Bertoncello R., Crociani L., *et al.* XPS and UV–VIS study of high-purity Fe_2O_3 thin films obtained using the sol–gel technique. *J. Mater. Chem.* 1995, 5 (1), 79-83. DOI: 10.1039/JM9950500079
 - Berry J., Loretto M., Smith M. Iron-zirconium oxides: An investigation of structural transformations by X-ray diffraction, electron diffraction, and iron-57 Mössbauer spectroscopy. *J. Solid State Chem.* 1989, 83, 91 DOI: 10.1016/0022-4596(89)90057-1
 - Yuan B., Zhu T., Wang M., *et al.* Progress in patent technologies for methane catalytic combustion catalysts research. *World Patent Information.* 2025, 81, 102355. DOI: 10.1016/j.wpi.2025.102355
-

Autor de Presentación

Aida Liliana Barbosa es doctor en Química y tecnologías del medio ambiente de la Universidad de Zaragoza (UNIZAR), profesor Titular, investigador senior, fundadora del Laboratorio de Investigaciones en Catálisis y Nuevos materiales LICATUC en la Universidad de Cartagena. Desde julio de 2000, su investigación se enfoca en síntesis de catalizadores sólidos para reacciones de combustión e hidrotratamiento y procesos avanzados de oxidación, fotocatalisis heterogénea, métodos de caracterización e innovaciones pedagógicas. Contribuye a la escuela de doctorado en Ingeniería y maestría en Química. Autora de 18 publicaciones, 2 libros y cerca de 200 ponencias. Ha recibido premios y distinciones como meritorio a su trabajo de grado alcoholquímica (UNAL), mención *cum laude* en su doctorado, reconocimientos de la sociedad colombiana de catálisis, como promotora de la catálisis en el área caribe. Docente e investigador destacado por su trayectoria otorgado por la UdeC, 2025.

Email: ababoal@unicartagena.edu.co

Análisis de la reactividad de CO₂ con isopropanol en fase gas a presión atmosférica usando catalizadores basados en Ni

Julieth García-Sánchez^{1,2}, Alejandro Karelovic³, Josefina Schnee⁴, Luz Marina Ballesteros-Rueda^{1,2}, Daviel Gómez⁵, Patricia Concepción⁵, Víctor Baldovino-Medrano^{1,2}

¹Centro de Investigaciones en Catálisis (CICAT), Universidad Industrial de Santander, Piedecuesta, Santander - Colombia.

²Laboratorio de Ciencia de Superficies, Universidad Industrial de Santander, Piedecuesta, Santander – Colombia.

³Laboratorio de Carbón y Catálisis (CarboCat), Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering, Universidad de Concepción – Chile.

⁴Laboratoire de Réactivité de Surface, Sorbonne Université, CNRS, Paris – France.

⁵ Instituto de Tecnología Química, Universitat Politècnica de València-Consejo Superior de Investigaciones Científicas (UPV-CSIC), Valencia – España.

Palabras clave: CO₂, isopropanol, transferencia de hidrógeno, Ni, CH₄, operando DRIFTS

Resumen

Este trabajo tuvo como objetivo evaluar la posibilidad de hidrogenar CO₂ mediante hidrogenación por transferencia a partir de isopropanol usando catalizadores basados en Ni. Inicialmente, se realizó un análisis termodinámico que indicó que la conversión de isopropanol es completa, mientras que la de CO₂ tiene un mínimo alrededor de 500 °C, donde cambia la favorabilidad de las reacciones de metanación y se favorecen las reacciones de reformado. El principal producto de hidrogenación de la reacción fue metano. Sin embargo, también se observó la formación de coque.

Posteriormente, se evaluaron las funcionalidades catalíticas de distintos catalizadores basados en Ni. Para ello, se utilizaron tres cargas de Ni diferentes: soporte = 0,0 %p/p de Ni, bajo contenido de Ni ~1,4 %p/p de Ni y alto contenido de Ni ~11,0 %p/p. Se usaron como soportes Al₂O₃, una zeolita H-MOR, CeO₂, MgOAl derivado de hidrotalcita, MgO y ZrO₂. Se realizaron pruebas catalíticas a 320 °C en reactor de flujo continuo. Los resultados mostraron que la conversión de isopropanol está fuertemente influenciada tanto por las propiedades ácido-base del soporte como por la carga de Ni. Los materiales con mayor acidez llevaron a una conversión completa por deshidratación del alcohol mientras que los de mayor basicidad y mayor contenido de Ni promovieron su deshidrogenación. Respecto al CO₂, la presencia de Ni promovió su conversión en los soportes de mayor acidez y basicidad, mientras que los otros soportes tuvieron un efecto negativo. La mayoría de los materiales condujeron a la producción de CO₂ en vez de su consumo. Este comportamiento conllevó a una extensa producción de coque sobre la superficie de los catalizadores, de manera que sufrieron una rápida desactivación. Adicionalmente, se estableció que se requiere una fase metálica hidrogenante para eliminar el hidrógeno del alcohol y una mayor cantidad de sitios básicos para producir CH₄. Los materiales que produjeron mayor cantidad de metano fueron los catalizadores con alto contenido de Ni soportados en MgOAl y ZrO₂. A partir de esto, se seleccionó el catalizador de Ni/ZrO₂ para estudiar la interacción entre CO₂ e isopropanol. Inicialmente se realizaron ensayos a distintas presiones parciales de CO₂ que permitieron concluir que el CH₄ observado puede provenir de dos fuentes: (i) la hidrogenación del CO₂ con el hidrógeno producido durante la deshidrogenación del isopropanol y (ii) las reacciones de descomposición del alcohol que llevan también a la formación de coque. Por otro lado, se determinó que aumentar la relación CO₂:isopropanol aumenta la conversión de CO₂ y disminuye la de isopropanol, lo que indica una posible competencia entre los reactivos para adsorberse en los sitios del catalizador. Esto se verificó mediante pruebas operando DRIFTS, donde se demostró que el alcohol se adsorbe fuertemente en la superficie del catalizador y se descompone para formar coque, lo cual impide la adsorción de CO₂. Finalmente, se determinó que el alcohol se adsorbe tanto en el soporte, como en el metal y posiblemente sobre los sitios de interfase metal soporte, lo que también bloquea la adsorción de CO₂ y reduce la producción de metano.

Referencias

- Kumar A., Bhardwaj R., Kumar Mandal S., *et al.* Transfer Hydrogenation of CO₂ and CO₂ Derivatives using Alcohols as Hydride Sources: Boosting an H₂-Free Alternative Strategy. *ACS catal.* 2022,12,8886-8903. DOI: 10.1021/acscatal.2c01982
 - Bkangmo Kontchouo, F., Sun K., Li C., *et al.* Steam reforming of acetone and isopropanol: Investigation of correlation of ketone and alcohol functional groups with properties of coke. *J. Energy Inst.* 2022, 101, 32-44. DOI: 10.1016/j.joei.2021.12.001
-

Autor de Presentación

Julieth García Sánchez es ingeniera química y estudiante de doctorado en Ingeniería Química de la Universidad Industrial de Santander. Desde 2018 está vinculada al Centro de Investigaciones en Catálisis (CICAT), donde ha desarrollado proyectos en síntesis de zeolitas, formulación de catalizadores técnicos, conversión de CO₂, pirólisis de poliestireno, oxidación de metanol y reacciones de transferencia de hidrógeno. Recibió la mención *cum laude* en su pregrado. Además, le fue otorgado el premio “For Women in Science” de la fundación L’Oréal-UNESCO en 2023 y la distinción “Young scientist prize at the 18th International Congress on Catalysis” en 2024.

Email: julieth.garcia.311@gmail.com

Diseño y síntesis de nanopartículas de oro como catalizador obtenidas a partir de *Eugenia stipitata* con potencial aplicación catalítica

Sara Sofia Cardona Franco^{1,2}, Cristian Ríos², Daniel Llamosa¹, Jahaziel Amaya^{2*}

¹ Grupo de Investigación Fundamental y Aplicada en Materiales (GIFAM), Semillero Nanomat, Universidad Antonio Nariño, Bogotá D.C – Colombia.

² Grupo de Investigación Fundamental y Aplicada en Materiales (GIFAM), Semillero Estudio de Materiales y sus Aplicaciones (EMA), Universidad Antonio Nariño, Bogotá D.C. – Colombia.

Palabras clave: Catalizador de oro; *Eugenia stipitata*; Síntesis fitoquímica; Diseño de Materiales.

Resumen

El diseño y la síntesis de materiales catalíticos permiten controlar propiedades como el tamaño, la estabilidad y la distribución de partículas, aspectos clave para desarrollar catalizadores efectivos. Este trabajo presenta la obtención de nanopartículas de oro (AuNPs) mediante síntesis asistida por extracto acuoso de *Eugenia stipitata* (arazá), un fruto amazónico poco reportado. Esta matriz vegetal, rica en compuestos orgánicos funcionales, actúa como agente reductor y estabilizante, permitiendo la formación de nanopartículas con propiedades catalíticas.

La figura 1, ilustra el proceso de síntesis que inicia con el procesamiento de la pulpa madura mediante ultrasonido de sonda y agitación mecánica a baja temperatura. Posteriormente, se tomaron 30 mL del extracto acuoso con 1 mL de ácido tetracloroáurico (HAuCl₄) 0,05 M, bajo condiciones de agitación y temperatura controladas.



Figura 1. Metodología de síntesis del catalizador de oro obtenido a partir de *Eugenia stipitata*.

Se monitoreó el desarrollo de las partículas por espectroscopía ultravioleta-visible (UV-Vis) durante 28 días, observando una señal de resonancia del plasmón superficial localizada (LSPR) centrada en 550 nm (figura 2), con ello se estimó un tamaño medio de nanopartícula de 81,53 nm aplicando el modelo de Haiss (ecuación 1). La estabilidad óptica registrada en el tiempo sugirió una formación estructural controlada y estable (figura 3). Paralelamente, se efectuó síntesis química de tipo Brust, en presencia de dodecil sulfato de sodio (SDS) y bromuro de cetiltrimetilamonio (CTAB) como agentes estabilizantes, y así corroborar la formación del catalizador (figura 4).

$$D = \frac{\ln\left(\frac{50 \text{ nm}^5 12}{6,53}\right)}{0,00216} = 81,53 \text{ nm}$$

Ecuación 1. Aplicación del modelo de Haiss para estimar el tamaño de las AuNPs.

Este enfoque representa una propuesta novedosa en el diseño de catalizadores de oro obtenidos a partir de una matriz vegetal no convencional, que además de estabilizar las nanopartículas, introduce grupos funcionales orgánicos en su superficie, actuando como sitios activos adicionales, favorecer la adsorción de sustratos o facilitar la transferencia de carga mediante mecanismos de donación/aceptación electrónica bajo irradiación. Las nanopartículas de oro en el rango de 70 a 90 nm han sido ampliamente utilizadas como catalizadores heterogéneos y fotoactivos, con diversas estrategias de síntesis y aplicaciones funcionales. En la tabla 1 se presentan algunos ejemplos representativos de materiales

basados en AuNPs, su método de síntesis, ventajas y limitaciones, así como sus principales usos catalíticos.

Tabla 1. Aplicaciones catalíticas de nanopartículas de oro según método de síntesis, ventajas y limitaciones

Material	Método de síntesis	Ventajas	Desventajas	Aplicación catalítica
Au / Cu-ZnO-Al ₂ O ₃	Precusores tipo hidrotalcita + impregnación Au	Alta eficiencia en reacción WGS, soportes estables	Requiere múltiples etapas de síntesis	Reacción WGS (producción H ₂)
Au nanoprisms / nanorods	Métodos anisotrópicos con control de forma	Absorción en NIR, plasmones ajustables, fototérmicos	Difícil control morfológico, posible toxicidad	Fotocatálisis, liberación controlada, detección molecular
AuNPs con BSA o microgeles	Recubrimiento con proteínas o polímeros naturales	Biocompatibilidad, funcionalización dirigida	Puede disminuir la actividad catalítica superficial	Catálisis bioasistida, sensores, entrega selectiva

En este contexto, el uso de *E. stipitata* no solo permite explorar nuevas rutas para la obtención de catalizadores metálicos, sino que también otorga valor agregado a recursos naturales regionales tradicionalmente desaprovechados. Este trabajo contribuye así al desarrollo de estrategias sostenibles en el diseño racional de materiales funcionales para la catálisis e incluso superficialmente funcionalizados.

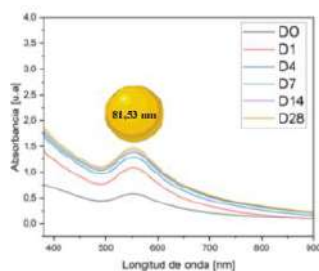


Figura 2. Lectura de AuNPs por 28 días

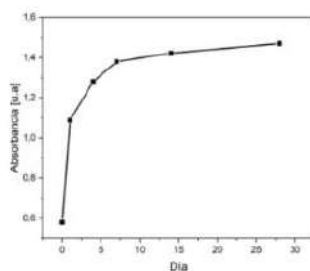


Figura 3. Curva típica de crecimiento de AuNPs.

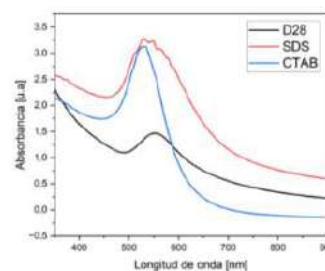


Figura 4. Comparación de síntesis entre arazá, SDS y CTA

Referencias

- Qin Z. Nanostructure Design of Catalysts: Latest Advances and Prospects. *Nanomaterials*. 2023, 13(13), 1980. DOI: 10.3390/nano13131980
- Kumar B., Smita K., Debut A., et al. Extracellular green synthesis of silver nanoparticles using Amazonian fruit Arazá (*Eugenia stipitata* McVaugh). *T. Nonferr. Metal. SOC.* 2016, 26, 2363–2371. DOI: 10.1016/S1003-6326(16)64359-5
- Haiss W., Thanh N.T.K., Aveyard, J., Fernig, D.G. Determination of size and concentration of gold nanoparticles from UV-Vis spectra. *Anal. Chem.* 2007, 79, 4215–4221. DOI: /10.1021/ac0702084

Autor de Presentación

Sara Sofía Cardona Franco es estudiante de pregrado en Biotecnología de la Universidad Antonio Nariño (Bogotá), con conocimiento en síntesis de nanopartículas de oro y participación en semilleros de investigación. Actualmente desarrolla su trabajo de grado enfocado en nanomateriales funcionales para biosensores, y a la fecha realiza una estancia internacional en el Centro de Investigaciones en Óptica (México) trabajando en la mejora superficial de AuNPs en el laboratorio de dispositivos biofotónicos. Email: scardona82@uan.edu.co

Estudio DRIFTS *in situ* de la oxidación selectiva de glicerol sobre un catalizador de magnetita-maghemita

Laura C. Paredes-Quevedo^{1,2}, Catherine Batiot-Dupeyrat², Maria A. Ramirez-Riaño¹, Gina Hincapié-Triviño¹, Mauricio Velásquez¹

¹Estado Sólido y Catálisis Ambiental (ESCA). Departamento de Química, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá – Colombia

²IC2MP, UMR CNRS 7285, ENSIP, Université de Poitiers, Poitiers – France.

Palabras clave: Oxidación selectiva de glicerol, magnetita, maghemita; DRIFTS *in situ*, foto-Fenton heterogéneo.

Resumen

Un óxido de hierro magnético fue sintetizado vía coprecipitación para ser utilizado como catalizador en la reacción de oxidación de glicerol mediante el proceso foto-Fenton heterogéneo. La caracterización del material mostró la estructura tipo espinela de la magnetita, la cual, al interactuar con el oxígeno del ambiente se pasiva formando maghemita. Bajo las condiciones óptimas de reacción (relación molar glicerol:H₂O₂ 1:5, 5g/L e catalizador, LED blanca 1,8 W) se alcanzó una conversión de glicerol (GLY) del 94% con una selectividad de 86% hacia dihidroxiacetona (DHA). La caracterización estructural y espectroscópica del material mostró que está conformado por las fases de magnetita y maghemita y que su máximo de absorción de radiación se encuentra centrado en 455 nm, correspondiente a radiación visible, además de ser un catalizador que se remueve fácilmente del medio de reacción mediante el uso de un imán.

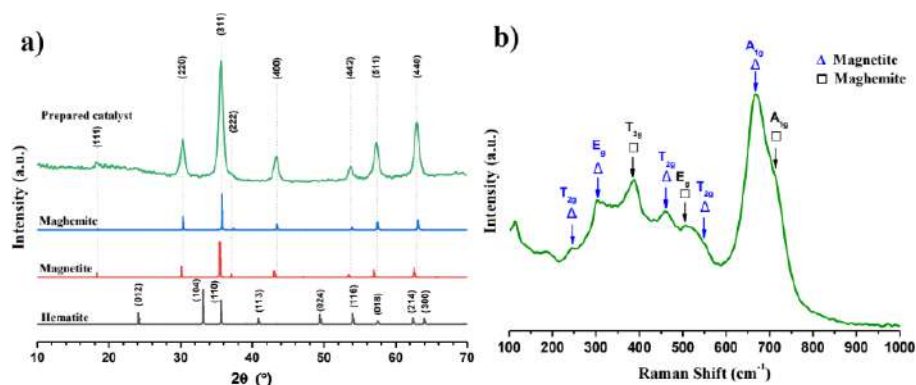


Figura 1. a) Patrón de difracción (XRD) y b) Espectro Raman del sólido sintetizado

Dado que se encontró una activación preferencial del grupo hidroxilo secundario del glicerol para formar DHA; se quiso estudiar los aspectos mecanísticos que dan explicación a esta oxidación selectiva. Para esto se adsorbió isopropanol (IPA) y acetona (ACE) sobre el sólido, como moléculas representativas del glicerol y dihidroxiacetona, respectivamente. Este análisis se realizó por espectroscopía infrarroja de reflectancia difusa (DRIFTS) en un espectrómetro Shimadzu IRTracer-100 equipado con una cámara de reacción Harrick. En la Figura 2a se observa una fuerte interacción entre el alcohol y la superficie, que se mantiene estable en el tiempo, mientras que en la Figura 2b se observa una rápida desorción de la acetona en el tiempo indicando una baja energía de adsorción entre el producto de oxidación y la superficie del catalizador. Por otra parte, los espectros mostraron la formación de especies isopropoxi monodentadas fuertemente adsorbidas en la superficie (1130 cm⁻¹, Figura 2a), a partir de las cuales se forman especies enolato (1540 cm⁻¹, Figura 2a y b), a través de la abstracción de un átomo de hidrógeno del carbono secundario por parte de un oxígeno de la superficie $O_s \cdots H - C_\beta - OFe$. Algunos autores han discutido que la adsorción de IPA sobre hematita para formar acetona, ocurre a través de un mecanismo redox entre el alcohol y la superficie, en donde el IPA transfiere dos electrones al sólido, provocando la reducción del adsorbente y la salida de dos grupos H⁺.

Este mecanismo es aplicable para las reacciones con glicerol de esta investigación, en donde se evidenció el proceso de reducción de la maghemita a la magnetita evidente por un cambio en la coloración del catalizador (de rojo-café a negro) y una disminución abrupta del pH de la solución de 6,5 a 2,8.

Estos resultados sugieren que la selectividad hacia dihidroxiacetona está relacionada con una baja energía de adsorción de la cetona en la superficie, limitando una posterior etapa de oxidación. Igualmente, el cambio en el pH da cuenta de que en fase acuosa los protones adsorbidos salen de la superficie como iones hidronio por efecto de la alta cantidad de moléculas de agua circundantes y no como hidrógeno molecular.

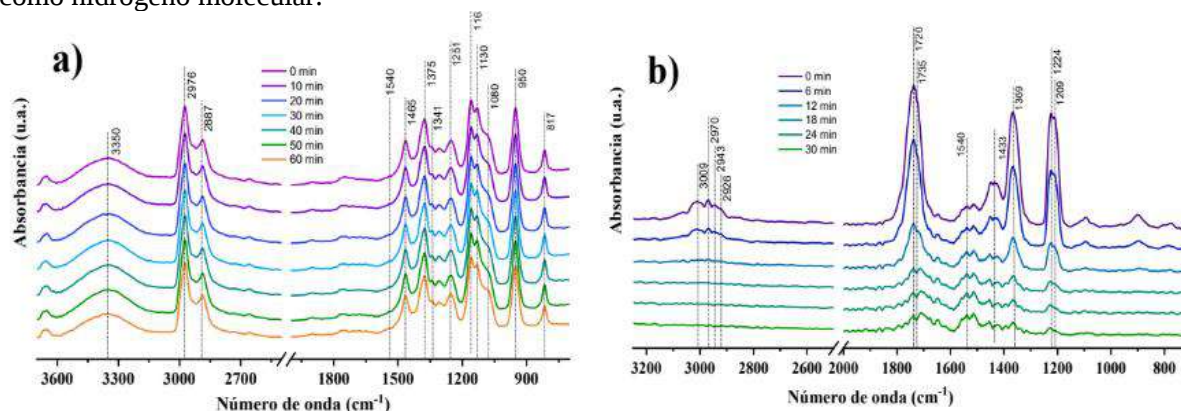


Figura 2. Espectros DRIFTS después de a) adsorción de isopropanol, b) adsorción de acetona por 30 min, desorción a temperatura ambiente en N_2 .

Referencias

- An Z., Ma H., Han H., Huang Z., *et al.* Insights into the Multiple Synergies of Supports in the Selective Oxidation of Glycerol to Dihydroxyacetone: Layered Double Hydroxide Supported Au, *ACS Catal.* 2020, 10, 21, 12437–12453. DOI: 10.1021/acscatal.0c02844
- Busca, G. IR Study of Isopropanol Adsorption on Haematite. *React. Kinet. Catal. Lett.* 1982, 20, 373–376, DOI: 10.1007/BF02066329
- Waidhas F., Haschke S., Khanipour P., *et al.* Secondary Alcohols as Rechargeable Electrofuels: Electrooxidation of Isopropyl Alcohol at Pt Electrodes, *ACS Catal.* 2020, 10, 12, 6831–6842. DOI: 10.1021/acscatal.0c00818

Autor de Presentación

Gina Hincapié-Triviño es Doctora en Ciencias Químicas de la Universidad de Antioquia. Actualmente es profesora asociada en el Departamento de Química de la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá. Email: ghincapie@unal.edu.co

Recuperación de oro mediante la degradación fotocatalítica de complejos Au-CN en medio acuoso empleando composites $\text{TiO}_2\text{-C}_3\text{N}_4$

Belén Hernández Francisco¹, Luis-E. Gutiérrez Cerecedo¹, José-M. Barrera Andrade¹, Miguel-A. Valenzuela Z.¹, Elim Albiter¹

¹ Laboratorio de Catálisis y Materiales, ESIQIE-Instituto Politécnico Nacional, Zacatenco, Ciudad de México – México.

Palabras clave: Complejo oro-cianuro; Contaminante recalcitrante, Fotocatálisis; Recuperación de metales in-situ.

Resumen

En las presas de jales de la industria minera aurífera es común almacenar aguas de desecho conteniendo complejos metal-cianuro, e.g. $\text{KAu}(\text{CN})_2$, de baja concentración de oro. La disposición final de estos efluentes suele descuidarse y ocasiona grandes impactos ambientales a largo plazo. Por tal motivo, el presente trabajo se enfocó a la evaluación de la degradación fotocatalítica del complejo $\text{KAu}(\text{CN})_2$ empleando dióxido de titanio (T) y catalizadores de dióxido de titanio modificados con nitruro de carbono grafítico (N). La estrategia de esta investigación se basó en el concepto de utilizar un residuo y obtener un producto de elevado valor agregado (waste-to-value, del inglés), de tal forma que en el complejo original simultáneamente se convierte en cianato (inocuo) y el oro se deposita sobre el catalizador (i.e., valor agregado).

Inicialmente, se evaluó la eficiencia en la remoción y oxidación del cianuro. Sin embargo, el catalizador T presenta la limitante de una elevada recombinación de cargas fotogeneradas. Para mitigar esta desventaja, se modificó el semiconductor (T) con diferentes cargas de N, identificándose una carga óptima del 1% (catalizador denominado TN1). Posteriormente, el catalizador TN1 se utilizó para degradar el complejo cianuro-oro, lográndose simultáneamente la oxidación del cianuro y la reducción del ion Au^+ a oro metálico, el cual se depositó sobre la superficie del catalizador, evidenciado por un cambio de color. Este nuevo material, ahora denominado TN1Au, se recuperó y se reutilizó para evaluar su actividad fotocatalítica en la degradación de un contaminante orgánico modelo (ácido gálico, 50 ppm).

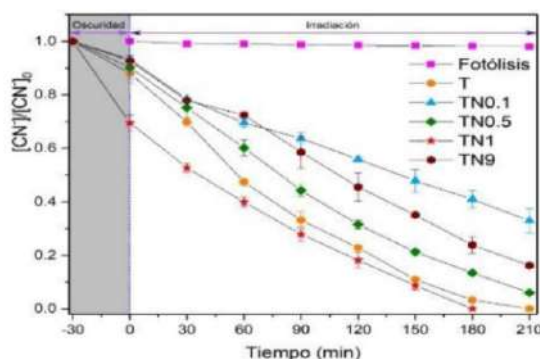


Figura 1. Perfiles de oxidación del cianuro empleando el TiO_2 y TiO_2 con las diferentes cargas de N (0,1, 0,5, 1 y 9%) (TN0,1, TN0,5, TN1 y TN9). Carga de catalizador = 50 mg; $[\text{CN}]_0 = 19 \text{ mg/L}$; pH = 12; presión y temperatura ambiente.

Los perfiles de degradación mostraron que el catalizador TN1Au adsorbe menos ácido gálico (<20%) en comparación con semiconductor T (>30%), lo que sugiere una menor competencia por sitios activos. Además, el TN1Au logró una mayor eficiencia de degradación en el mismo tiempo de reacción. Dado que la cantidad de oro depositada fue relativamente alta, se plantea como trabajo futuro optimizar los tiempos de tratamiento del complejo cianuro-oro para controlar la carga metálica en el catalizador, maximizando así su rendimiento fotocatalítico.

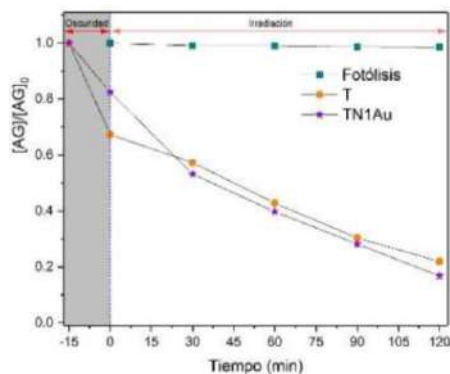


Figura 2. Perfiles de degradación del ácido gálico (AG) empleando los catalizadores TiO_2 y el TN1Au. Carga de catalizador 35 mg; $[\text{AG}]_0 = 50 \text{ mg/L}$; presión y temperatura ambiente.

Referencias

- Albiter E., Barrera-Andrade J.M., Calzada L.A., *et al.* Enhancing Free Cyanide Photocatalytic Oxidation by rGO/ TiO_2 P25 Composites. *Materials*. 2022, 15, 5284. DOI:10.3390/ma15155284
- Pérez-Patiño M.Y., Barrera-Andrade J.M., Rojas-García E., *et al.* Enhanced photocatalytic oxidation of free cyanide using hydrogen-treated TiO_2 : effect of reduction temperature. *Mater. Res. Express*. 2023, 10, 115507. DOI:10.1088/2053-1591/ad0af0
- Verbrugge B., Lanzano C., Libassi M. The cyanide revolution: Efficiency gains and exclusion in artisanal- and small-scale gold mining. *Geoforum*. 2021, 126, 267–276. DOI:10.1016/j.geoforum.2021.07.030

Autor de Presentación

José Manuel Barrera Andrade es doctor en Ingeniería por la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Desde abril de 2016, es investigador postdoctoral en el Laboratorio de Catálisis y Materiales de la ESIQIE. Su investigación se enfoca en la síntesis de diversos catalizadores modificados con óxidos, metales y compuestos a base de carbón para la eliminación de contaminantes emergentes, orgánicos e inorgánicos vía fotocatalítica. Es coautor de 10 publicaciones, 1 patente y 9 ponencias.
Email: jmanban@gmail.com

Reacción de Desplazamiento de Gas de Agua como etapa clave en la producción de biohidrógeno: resultados de evaluación catalítica

Jenny A. Rodríguez-Q¹, Karen E. Navarro¹, Nestor E. Sánchez¹, Marta Cobo¹

¹Universidad de La Sabana, Bogotá, Colombia.

Palabras clave: Catalizadores avanzados, Hidrógeno, Ceria (CeO₂).

Resumen

El hidrógeno obtenido a partir de residuos de biomasa representa una ruta estratégica para países como Colombia, con alto potencial en recursos renovables. Este H₂ verde no solo puede contribuir a la transición energética nacional, sino también transformarse en productos con valor agregado como metanol o amoníaco para mercados internacionales. Este estudio busca avanzar hacia tecnologías catalíticas más eficientes para una economía baja en carbono. Así, tras la gasificación de biomasa, el gas de síntesis producido necesita ser mejorado para maximizar la producción de hidrógeno (H₂). Una primera fase de mejora es el reformado con vapor del metano producido. Así, se obtiene una corriente rica en H₂, CO₂ y CO. En este trabajo, se evaluaron catalizadores basados en Pt y Co soportados en CeO₂ en la reacción de desplazamiento de gas de agua (WGSR, por sus siglas en inglés), identificada como una etapa clave para reducir las concentraciones de CO e incrementar la concentración de H₂ del gas de síntesis que sale del reformado. Usando una corriente sintética de CO y H₂O, se probó el desempeño catalítico de varias muestras con el objetivo de incrementar la producción de H₂ y reducir la concentración de CO.

Se prepararon catalizadores metálicos soportados en CeO₂, tanto con metales nobles (Pt) como no nobles (Co), mediante el método convencional de impregnación húmeda incipiente, con el objetivo de seleccionar la mejor combinación de metal activo y carga catalítica en términos de conversión de CO. Previo a la impregnación, el soporte de CeO₂ fue sintetizado utilizando tres estrategias distintas, según el metal a impregnar. Para los catalizadores con Pt, se empleó una calcinación directa del precursor de ceria. En el caso de los catalizadores con Co o combinaciones Co–Pt, se utilizó un método de coprecipitación. Finalmente, para obtener ceria nanoestructurada, se sintetizaron nanopoliedros de CeO₂ mediante un tratamiento hidrotérmico a 100 °C. Los soportes fueron impregnados con diferentes cargas de Pt y Co y evaluados en la reacción WGSR en un reactor de lecho fijo de cuarzo a presión atmosférica. El flujo de alimentación fue 300 mL·min⁻¹ con relación H₂O/CO 3:1 y un GHSV de 21774 h⁻¹. Los productos se analizaron en línea por cromatografía de gases (GC Clarus 580, PerkinElmer, EE. UU.) La actividad catalítica se monitoreó durante 1 h por temperatura, registrando seis mediciones (10 min por análisis).

Se evaluó el desempeño catalítico de catalizadores con distintas cargas de Co y Pt soportados en CeO₂ para la WGSR (Figura 1). El catalizador 0,7%Pt/CeO₂nano alcanzó la mayor conversión (~89 %) a 400 °C, seguido por 1%Pt/CeO₂nano y 0,5%Pt/CeO₂nano (>85 %), cercano con lo reportado para sistemas análogos de Pt/CeO₂ nanoestructurado de nanocubos y nanobarras [2]. Este comportamiento se atribuye a la mayor dispersión metálica, área superficial y capacidad redox del CeO₂ nano, que favorecen la activación de H₂O y la oxidación de CO. En contraste, los catalizadores 1%Pt/CeO₂ y 15%Co/CeO₂ mostraron conversiones más bajas (65 % y 52 %, respectivamente), resaltando la influencia de la estructura del soporte. El sistema combinado 12%Co–1%Pt/CeO₂ presentó conversión intermedia (60 %), posiblemente por dilución de sitios activos de Pt. Además, como indica la literatura, los catalizadores basados en Co requieren mayores temperaturas para lograr conversiones comparables. Se prevé continuar evaluando el sistema Pt/CeO₂nano con gases provenientes de la gasificación de biomasa acoplada al reformado de metano. Por otro lado, la Figura 1(b) muestra que los catalizadores de Pt sobre nanoceria exhiben un incremento gradual y estable en el rendimiento de H₂, mientras que los sistemas de Co y Pt sobre ceria convencional muestran un aumento más abrupto, alcanzando su máximo entre 400–500 °C. Los valores máximos de rendimiento de H₂, calculado como moles de H₂ producidas por mol de CO alimentado, fueron aproximadamente 0,96, 0,94, 0,92, 0,80, 0,76, 0,38 y 0,30, respectivamente.

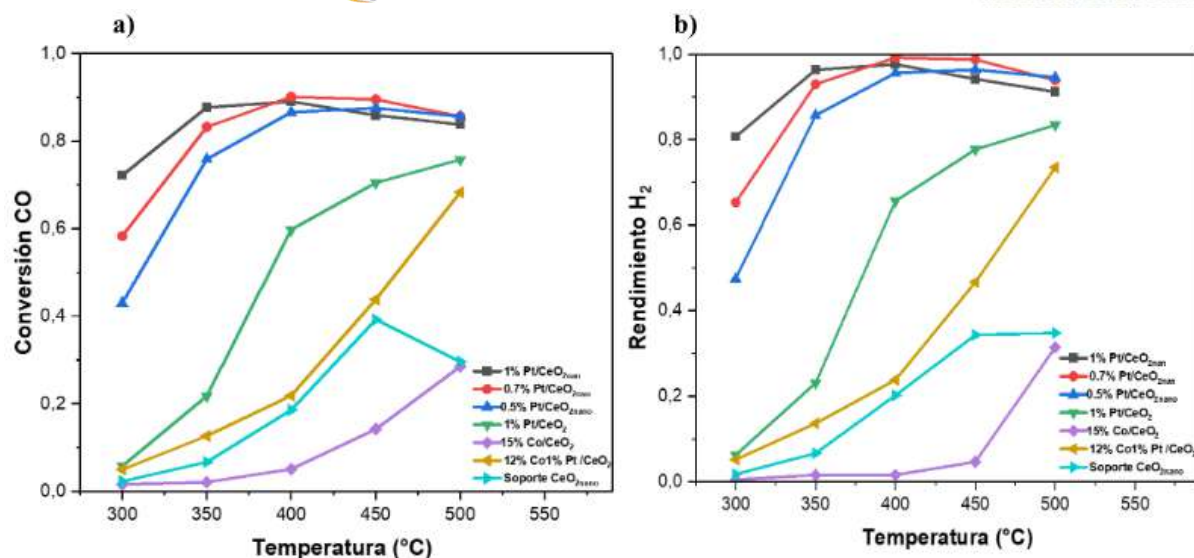


Figura 1. (a) Conversión de CO en función de la temperatura con diversos metales impregnados sobre soporte de CeO₂ (H₂O/CO) relación 3:0; GHSV = 21774 h⁻¹ y un caudal de alimentación de 0,0081895 mol/min, (b) Rendimiento a H₂ en función de la temperatura.

Referencias

- Cheon B., Kim H., Hwang J., Jeong D. Highly stable Co/CeO₂ catalyst for high-temperature water–gas shift reaction using a CeO₂ support with an optimized precipitant ratio. *Fuel*, 2025, 383, 133777. DOI: 10.1016/j.fuel.2024.133777
- Torrente-Murciano L., Garcia-Garcia F.R. Effect of nanostructured support on the WGS activity of Pt/CeO₂ catalysts. *Catal. Commun.* 2015, 71, 1-6. DOI: 10.1016/j.catcom.2015.07.021
- Zhang J., Fan Ch., Zhang H., et al. Ferric oxide/carbon nanoparticles enhanced bio-hydrogen production from glucose. *Int. J. Hydrogen Energy*, 2018, 43 (18) 8729-88738. DOI:10.1016/j.ijhydene.2018.03.143

Autor de Presentación

Karen Navarro es Química de la Universidad del Atlántico (Colombia) y obtuvo su Doctorado en Ciencias Químicas en la Universidad Nacional de Córdoba (Argentina). Actualmente se desempeña como investigadora posdoctoral en la Universidad de La Sabana, en el marco del programa: “Alianza Bio-PtX: Desarrollo de biorrefinerías sostenibles para la generación de productos de alto valor agregado en Colombia”, financiado por Minciencias. En este proyecto su trabajo se centra en la purificación de gas de síntesis mediante reformado de metano con vapor y su integración con otras reacciones para la obtención de hidrógeno. Desde agosto de 2024, forma parte del grupo de investigación Energía, Materiales y Ambiente (GEMA) de la misma universidad. Su trayectoria profesional se ha enfocado en la síntesis y caracterización de materiales bidimensionales y películas delgadas nanoestructuradas con aplicaciones en electrocatálisis y fotocatalisis.

Email: karen.navarro_cont@unisabana.edu.co

Conversión de biomasa y plástico por co-hidropirólisis sobre catalizadores metálicos soportados en zeolita natural: producción selectiva de hidrocarburos monoaromáticos

Kevin Jhon Fernández-Andrade^{1,2}, Francisco Medina-Jofre³, Joan Manuel Rodríguez-Díaz⁴, Serguei Alejandro-Martín^{1,2}

¹Laboratorio de Cromatografía Gaseosa y Pirólisis Analítica, Universidad del Bío-Bío, Concepción-Chile.

²Departamento de Ingeniería de Procesos y Bioproductos, Facultad de Ingeniería, Universidad del Bío-Bío, Concepción-Chile.

³Departamento de Análisis Instrumental, Facultad de Farmacia, Universidad de Concepción

⁴Departamento de Procesos Químicos, Biotecnología y Alimentos, Facultad de Ingenierías y Ciencias Aplicadas, Universidad Técnica de Manabí, Portoviejo-Ecuador.

Palabras clave: Biomasa lignocelulósica; termoconversión catalítica; compuestos de valor agregado; revalorización de residuos.

Resumen

El alto contenido de oxígeno en la biomasa lignocelulósica (~45%) hace difícil usarla como materia prima (en ausencia de otros materiales) para su revalorización mediante pirólisis para obtener compuestos plataforma. En esta investigación se utilizó polietileno de ultra alto peso molecular (UHMWPE) en co-alimentación con roble chileno torrefactado (573 K, 30 min) y sin torrefactar, con el fin de reducir el contenido relativo de oxígeno en la alimentación a la pirólisis. Se empleó zinc o galio soportado al 2% o 5% (m/m) sobre zeolita natural chilena modificada por intercambio iónico (H_2NHZ) como catalizador en atmósfera reductora (H_2), para promover la hidroxigenación (HDO) de los compuestos formados en la pirólisis de biomasa. El resumen de la caracterización de los catalizadores se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. Propiedades fisicoquímicas de los catalizadores.

Catalizador	Si/Al	Metal (%)	S_{BET} ($m^2 g^{-1}$)	Acidez Total ($\mu mol \cdot g^{-1}$)	LAS ($\mu mol \cdot g^{-1}$)	BAS ($\mu mol \cdot g^{-1}$)	Estado de oxidación
H_2NHZ	4,98	0,00	234	207,76	26,61	181,15	N/A
Ga_2/H_2NHZ	4,78	1,91	200	96,61	52,08	44,53	Ga^{3+} (Ga_2O_3)
Ga_5/H_2NHZ	5,79	4,89	128	80,17	48,70	31,47	Ga^{3+} (Ga_2O_3)
Zn_2/H_2NHZ	5,56	2,13	191	83,23	39,53	43,70	Zn^{2+} (ZnO)
Zn_5/H_2NHZ	5,61	4,34	146	182,94	98,10	84,84	Zn^{2+} (ZnO)

El catalizador H_2NHZ mostró propiedades ácidas particularmente ligadas a la presencia de sitios ácidos de Brønsted, mientras que la incorporación de Zn^{2+} moduló la acidez hacia una relación de Lewis y Brønsted cercana a 1. Los sitios ácidos equilibrados permiten la activación de enlaces tipo C–O de los compuestos oxigenados y del H_2 a través de defectos estructurales en la nanopartícula metálica de ZnO (Yao et al., 2022). Los catalizadores con Ga^{3+} presentaron menor acidez que los de más catalizador con predominio de los sitios tipo Lewis.

La Figura 1A muestra cómo, a mayor densidad ácida (Zn_5/H_2NHZ), se formaron más hidrocarburos monoaromáticos (MAH) de la hidropirólisis de biomasa torrefactada, al tiempo que redujo el contenido de fenoles como señal de HDO de los fenoles. En la co-hidropirólisis de biomasa torrefactada (Torr3) con el plástico (relación 2:1), el contenido de hidrocarburos aromáticos (MAH) incrementó al 21% para H_2NHZ y hasta 64% para Zn_5/H_2NHZ (Figura 1B). En estas mismas condiciones se observó una disminución importante en los hidrocarburos alifáticos (ALHC) al tiempo que la selectividad a fenoles y furanos fue cero. Esto indicó que el catalizador de Zn al 5% condujo a la formación de MAH a través

de la desoxigenación de fenoles y por reacciones de Diels-Alder entre los furanos formados de la biomasa y los ALHC formados del plástico (Yan et al., 2023).

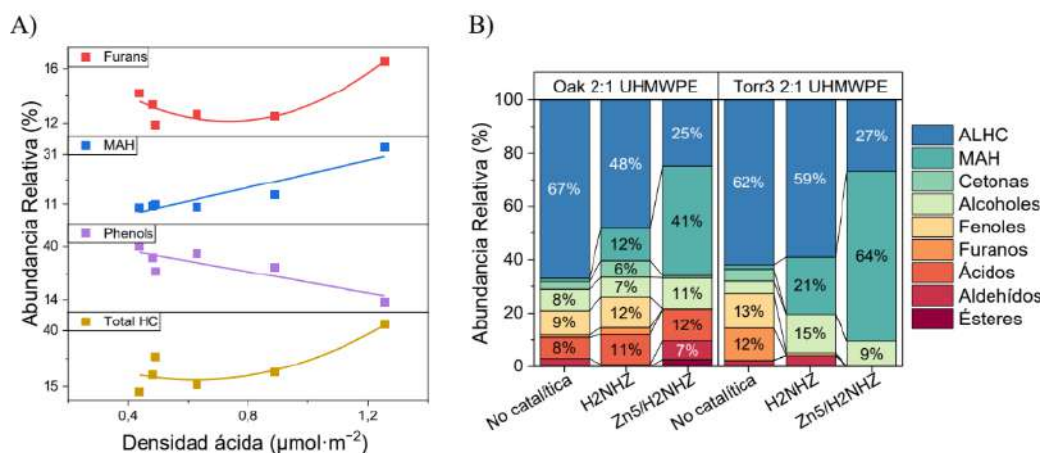


Figura 1. A) Efecto de la densidad ácida de diferentes familias de compuestos en hidropirólisis de biomasa. B) Distribución de familias de compuestos para la co-hidropirólisis catalítica y no catalítica de biomasa:plástico a relación 2:1.

Referencias

- Yan P., Kennedy E.M., Zhang H., *et al.* Catalytic hydrothermal pyrolysis of lignocellulosic biomass to BTX and biofuels over zeolite beta based catalysts. *Fuel*. 2023, 332, 125946. DOI:10.1016/j.fuel.2022.125946
- Yao N.Y., Cao J.P., Zhao J.P., *et al.* Efficient and selective catalytic pyrolysis of cellulose to monocyclic aromatic hydrocarbons over Zn-containing HZSM-5. *Fuel*. 2022, 310, 122437. DOI:10.1016/j.fuel.2021.122437

Autor de Presentación

Kevin Jhon Fernández-Andrade es Doctor (c) en Ingeniería de Materiales y Procesos Sustentables, Universidad del Bío-Bío y pertenece al Laboratorio de Pirólisis Analítica y Cromatografía de Gases (LGCPA). Sus líneas de investigación están asociadas a la revalorización de residuos lignocelulósicos y plásticos, ya sea como sustrato carbonoso de pirólisis sobre catalizadores a base de zeolita natural o como materiales funcionalizados para adsorción y fotocatalisis en la remoción de contaminantes del agua.

Email: kevin.fernandez2101@alumnos.ubiobio.cl

Serguei Alejandro-Martín es Doctor en Ciencias de la Ingeniería/ Ingeniería Química, Universidad de Concepción, Chile. Es el fundador y coordinador del LCGPA de la Universidad del Bío-Bío, donde es profesor asociado en el Departamento de Ingeniería de Procesos y Bioproductos. Sus líneas de investigación actuales son los procesos de transformación termoquímica (co-hidropirólisis catalítica) de residuos lignocelulósicos y plásticos, con énfasis en la valorización de residuos, el diseño y obtención de catalizadores metálicos soportados en zeolitas naturales y marcos organometálicos, la obtención de compuestos químicos de valor agregado y biocombustibles alternativos.

Email: salejandro@ubiobio.cl

Síntesis y caracterización de catalizadores derivados de residuos de baterías de ion litio: relación estructura-actividad en la reacción WGS

Erasmó Arriola-Villaseñor^{1,2}, Santiago Bedoya Betancur^{1,2}, Alba N. Ardila A.^{1*}, Trino A. Zepeda P.³, Luz Marina Ocampo-Carmona²

¹ Grupo de Investigación en Catálisis Ambiental y Energías Renovables (CAMER), Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid, Medellín-Colombia.

² Ciencia y Tecnologías de Materiales (CTM), Universidad Nacional, Facultad de Minas, Medellín-Colombia

³ Centro de Nanociencias y Nanotecnología CNyN-UNAM, Ensenada 22800, Baja California, México.

Palabras clave: Catalizadores sólidos soportados, Baterías Ion-litio desechadas, reacción water gas shift.

Resumen

La creciente generación de residuos tecnológicos, como las baterías de ion litio (BILs), ha impulsado la búsqueda de estrategias sostenibles para su valorización. En este trabajo se propone la síntesis de catalizadores heterogéneos a partir de componentes del ánodo y cátodo recuperados de BILs desechadas, con el fin de evaluar su desempeño en la reacción de desplazamiento de gas-agua (WGS), relevante para la producción limpia de hidrógeno. La metodología de síntesis comprendió tres etapas: (i) lixiviación ácida de los metales del cátodo en presencia o ausencia del ánodo, empleando H_2SO_4 5 M y NMP como agentes lixiviantes; (ii) tratamiento ultrasónico de los sólidos recuperados; y (iii) calcinación controlada a 350 °C. Se obtuvieron ocho catalizadores con distintas proporciones ánodo/cátodo y tipos de grafito (recuperado o comercial), cuya composición y estructura fueron evaluadas por FRX, AAS, BET, Raman, HRTEM y espectroscopía FTIR operando.

Los análisis de FRX y AAS confirmaron que el contenido metálico (principalmente Co y Mn) depende directamente de la proporción de cátodo en la mezcla inicial. PRI3 y PRI5 (50% cátodo) presentaron los mayores contenidos de Co (12,7-12,4% por AAS), mientras que las muestras sin cátodo mostraron concentraciones despreciables. Las propiedades texturales evaluadas por BET revelaron áreas superficiales moderadas (2,8-5,9 m^2/g), siendo mayor en PRI3, junto con un volumen de poro de 0,007 cm^3/g y un diámetro promedio de 6,95 nm, lo que sugiere una estructura mesoporosa moderada. Los espectros Raman mostraron bandas características del carbono desordenado ($\text{D} \sim 1332\text{-}1350 \text{ cm}^{-1}$) y grafito ($\text{G} \sim 1585\text{-}1600 \text{ cm}^{-1}$), con mayor relación $\text{I}_\text{D}/\text{I}_\text{G}$ en PRI3 y PRI5, indicando una mayor densidad de defectos estructurales, posiblemente inducidos por la incorporación de metales de transición en la matriz grafitica.

La actividad catalítica se evaluó mediante espectroscopía DRIFT-FTIR, utilizando una mezcla reactiva $\text{CO}:\text{H}_2\text{O}:\text{N}_2$ y monitoreando la formación de CO_2 . Los resultados mostraron un aumento progresivo en la banda característica del CO_2 ($2350\text{-}2400 \text{ cm}^{-1}$) con la temperatura, especialmente en PRI3, lo que indica una mayor conversión de CO por la reacción water gas shift (WGS). Por el contrario, PRI1, PRI2 y PRI4, sin contenido metálico significativo, mostraron baja o nula actividad. En algunos casos, como PRI3, se observó un comportamiento catalítico estable incluso a temperaturas inferiores a 400 °C, lo que sugiere una eficiencia potencial a menores requerimientos energéticos.

En conjunto, los resultados demuestran que la revalorización de componentes de BILs permite obtener catalizadores activos, cuya eficiencia está estrechamente relacionada con la proporción de cátodo incorporado, la generación de defectos estructurales en el carbono y la dispersión de metales activos. Esta estrategia representa una alternativa ambiental y técnicamente viable para el diseño de catalizadores funcionales a partir de residuos tecnológicos.

Tabla 1. Propiedades fisicoquímicas de los catalizadores sintetizados.

Código	Tipo de ánodo	Proporción (%) Ánodo-Cátodo	Composición metálica por AAS (% w/w)							Área Superficial BET (m ² /g)	Volumen Poro BHJ (cm ³ /g)	Diámetro Poro BHJ (nm)
			Co	Ni	Mn	Li	Cu	Al	Zn			
Cátodo	-	0-100	25,3	0,08	15,40	0,04	0,38	1,59	0,17	-	-	-
PRI 1	Bils	100-0	0,16	0,00	0,03	0,03	1,49	0,78	0,15	3,89	0,002	9,81
PRI 2	Bils	100-0	0,00	0,00	0,00	0,09	0,01	0,00	0,01	2,89	0,002	10,21
PRI 3	Bils	50-50	12,7	0,01	3,67	0,03	0,01	0,00	0,06	5,90	0,007	6,95
PRI 4	Comercial	100-0	0,00	0,00	0,00	0,11	0,01	0,70	0,17	3,57	0,003	10,89
PRI 5	Comercial	50-50	12,4	0,02	4,41	0,00	0,01	0,22	0,06	3,33	0,002	11,17
PRI 6	Bils	80-20	2,52	0,00	0,19	0,02	0,01	0,75	0,04	-	-	-
PRI 7	Bils	90-10	0,24	0,00	0,00	0,12	0,01	0,66	0,06	-	-	-
PRI 8	Bils	95-5	0,15	0,00	0,00	0,01	0,01	0,51	0,00	-	-	-

Referencias

- Arriola-villaseñor E., Ardila A.N., Bedoya S., *et al.* Graphene Recovery in Both Dispersed and Decanted Fractions from Lithium-Ion Battery Graphite via Sonication. *Recycling*, 10, 119, 1–33, 2025, DOI: 10.3390/recycling10030119
- Khan M.I., Shixing W., Ullah E., *et al.* Enhanced metal recovery using ultrasound assisted leaching (UAL). An overview. *J. Mol. Liq.* 2024,410, 125545. DOI: 10.1016/j.molliq.2024.125545
- Zhao Y., Yuan X., Jiang L., *et al.* Reutilization of cathode material from spent batteries as a heterogeneous catalyst to remove antibiotics in wastewater via peroxymonosulfate activation *Chem. Eng. J.*, 2020, 400, 125903. DOI: 10.1016/j.cej.2020.1259

Autor de Presentación

Erasmus Arriola Villaseñor es candidato a Doctorado en Ingeniería – Ciencia y Tecnología de Materiales por la Universidad Nacional de Colombia sede Medellín. Desde enero de 2016, pertenece al Grupo de Investigación en Catálisis Ambiental y Energías Renovables (CAMER). Sus investigaciones se han centrado en la simulación de procesos químicos, obtención de productos de alto valor agregado a partir de residuos agroindustriales y la descontaminación de aguas residuales reales de distintos campos industriales mediante el uso de bioadsorbentes. Es autor de 15 publicaciones. Ha sido colaborador docente en el Politécnico Colombiano Jaime Izasa Cadavid.

Email: erasmoarriola@elpoli.edu.co, earriola@unal.edu.co

¿Está usted evaluando la cinética química de su catalizador o la cinética del reactor?

Edgar Mauricio Morales¹, Víctor G. Baldovino-Medrano^{1,2}

¹ Centro de Investigaciones en Catálisis (CICAT), Universidad Industrial de Santander, Piedecuesta – Colombia.

² Laboratorio Central de Ciencia de Superficies (SurfLab), Universidad Industrial de Santander, Piedecuesta – Colombia.

Palabras clave: Cinética química; Cinética del reactor; Transporte de masa; Transporte de energía; Métricas.

Resumen

¿Está usted evaluando la cinética química de su catalizador o la cinética del reactor? La mayoría de las veces, no. De hecho, una búsqueda de la literatura muestra que usualmente los investigadores en catálisis hacen pruebas en las cuales no se distingue entre cinética química y cinética de reactores. Esto se hace patente en los siguientes hechos: (1) No hay una definición clara entre las métricas que se pueden emplear para evaluar la cinética química del catalizador. (2) No se hace una evaluación crítica de la posible presencia de gradientes de concentración y temperatura en los reactores usados para las pruebas catalíticas. Teniendo en cuenta lo anterior, este trabajo se enfoca en discutir los siguientes aspectos que contribuyen a hacer pruebas catalíticas que sirvan al interés particular del investigador. Para ello, se hace una discusión general para definir los tipos de métricas que pueden usarse para evaluar los resultados de pruebas catalíticas clasificando estas por grupos, así: (i) Métricas macroscópicas; aquellas que se refieren al comportamiento del reactor catalítico; (ii) Métricas microscópicas; aquellas que se refieren al comportamiento cinético del reactor distinguiendo entre los procesos químicos y los de transporte de masa, energía y cantidad de movimiento; (iii) métricas moleculares; aquellas que se refieren a la cinética del ciclo catalítico. Sobre la base de estas métricas, se analizará un ejemplo tomado de Sandoval (2021), un trabajo previo del CICAT-UIS, en el que se estudió la reacción de reformado seco de metano sobre catalizadores del tipo Ni/La₂O₃ obtenidos por exsolución de una perovskita LaNiO₃. Para el ejemplo por analizar, se hará énfasis en procedimientos experimentales recomendados para evaluar las métricas propuestas de la mejor manera posible.

Referencias

- Santacesaria E., Tesser R. The Chemical Reactor from Laboratory to Industrial Plan: A Modern Approach to Chemical Reaction Engineering with Different Case Histories and Exercises. Springer: Switzerland, 2018. DOI: 10.1007/978-3-319-97439-2
- García-Sánchez J.T., Valderrama-Zapata R., Acevedo-Córdoba L.F., *et al.* Calculation of Mass Transfer Limitations for a Gas-Phase Reaction in an Isothermal Fixed Bed Reactor: Tutorial and Sensitivity Analysis. *ACS Catal.* 2023, 13, 10, 6905–6918. DOI: 10.1021/acscatal.3c01282.
- Sandoval-Bohórquez V.S., Morales-Valencia E.M., Castillo-Araiza C.O., *et al.* Kinetic Assessment of the Dry Reforming of Methane over a Ni–La₂O₃ Catalyst. *ACS Catal.* 2021, 11, 18, 11478–11493. DOI: 10.1021/acscatal.1c02631.

Autor de Presentación

Edgar Mauricio Morales-Valencia es profesor de la Escuela de Ingeniería Química en la Universidad Industrial de Santander (UIS). Está vinculado al Centro de Investigaciones en Catálisis (CICAT) desde hace más de 15 años donde desarrolló su trabajo de grado y su tesis doctoral. Su investigación se ha centrado en la evaluación experimental y teórica de la influencia de diferentes especies inhibitoras, como H₂S, compuestos nitrogenados y moléculas aromáticas, en las reacciones de hidrodesulfuración ultraprofunda (HDS) para la producción de combustibles con contenido ultrabajo de azufre. Además, como consultor especializado, ha participado en el estudio de tecnologías emergentes para la captura y uso de CO₂, apoyando el diseño y la puesta en marcha de una planta piloto de captura de CO₂. [Email: mauricio.morales@uis.edu.co](mailto:mauricio.morales@uis.edu.co), vicbaldo@uis.edu.co

Estudios cinéticos de adsorción de CO₂ y metanación para la producción de metano en un proceso en dos etapas sobre materiales de función dual (DFM)

Rodinson R Arrieta-Pérez¹, Juan M. Manrique¹, Andrés Soto-Cañón¹, Manuel Figueredo¹, Robert Farrauto², Camilo Rengifo³, Martha Cobo¹

¹ Grupo de Investigación en Energía, Materiales y Ambiente, Universidad de La Sabana, Chía – Colombia.

² Columbia University, New York, United States of America

³ Departamento de Matemáticas, Física y Estadística, Universidad de La Sabana, Chía – Colombia.

Palabras clave: Captura y Utilización Integrada de Carbono (ICCU), Gas Natural Renovable Sintético (RSNG), Materiales de Función Dual (DFMs).

Resumen

Las tecnologías de Captura y Utilización Integrada de Carbono (ICCU) son un enfoque novedoso que pueden superar algunos desafíos industriales relacionados con las tecnologías de captura y almacenamiento de carbono (CCS) y captura y utilización de carbono (CCU). Los DFMs son una nueva familia de materiales que han sido propuestos para las tecnologías de ICCU, lo que permite la captura y conversión de CO₂ en productos de valor mediante un proceso en dos etapas, reduciendo las penalizaciones energéticas de los procesos tradicionales de CCS y CCU. En este estudio, se realizó una caracterización detallada de la primera etapa de captura de CO₂ sobre un DFM de 5%Ru–6,1%Na₂O/Al₂O₃, seguida de un estudio mecanístico de la segunda etapa de formación de metano, en la cual el hidrógeno (H₂) en flujo reacciona con el CO₂ adsorbido en el DFM para producir metano (CH₄) a 320 °C.

Los DFMs están compuestos por una fase adsorbente alcalina (Na₂O) y un catalizador de Ru sobre γ -Al₂O₃. Sintetizados mediante impregnación húmeda incipiente, a partir de RuCl₃ y Na₂CO₃, los DFMs fueron caracterizados mediante espectroscopía DRIFTS *in situ* e isotermas de adsorción de CO₂ para explorar el mecanismo de adsorción de CO₂. Además, se realizaron estudios cinéticos para establecer la ley de velocidad de formación de CH₄, con experimentos llevados a cabo en un reactor de lecho empacado para evaluar los efectos del CO₂ adsorbido y la concentración de H₂. Se utilizó un enfoque termodinámico para caracterizar el proceso de adsorción de CO₂ en el DFM.

Los resultados de las isotermas de adsorción de CO₂, junto con el calor isostérico de adsorción (HOA) y el análisis DRIFT *in situ*, revelaron una transición significativa en el perfil del HOA de un carácter exotérmico hacia uno endotérmico, como se muestra en la Figura 1A. Esta transición atípica probablemente se deba a cambios en los modos de adsorción de CO₂ sobre la superficie del DFM, esto es, especies bidentadas y bicarbonatos, en ausencia de H₂. Estos modos de adsorción conducen a la formación de especies de CO₂ energéticamente favorables, como formatos, que, durante la etapa de hidrogenación, facilitan una formación rápida de CH₄. Estudios cinéticos de la reacción de metanación, en los que se variaron las concentraciones de CO₂ en la etapa de captura (valores diferentes en la cantidad de CO₂ adsorbido) y las concentraciones de H₂ en la etapa de metanación, evidenciaron que la velocidad de formación de CH₄ dependió de la concentración de entrada de H₂ (Figura 1B), más que de la cantidad de CO₂ adsorbida. La energía de activación fue de 110,9 kJ/mol, siguiendo un mecanismo de reacción tipo Elay-Rideal. Este mecanismo describe que la reacción de metanación en la superficie del DFM es consecuencia de la reacción entre especies de CO₂ adsorbidas con el H₂ en fase gas que es añadido en la etapa de metanación. En definitiva, los resultados en conjunto resaltan que la etapa de captura en los materiales DFM funciona como un paso de activación de los enlaces asociados a la molécula de CO₂, mientras la reacción de hidrogenación es una etapa de rápida metanación.

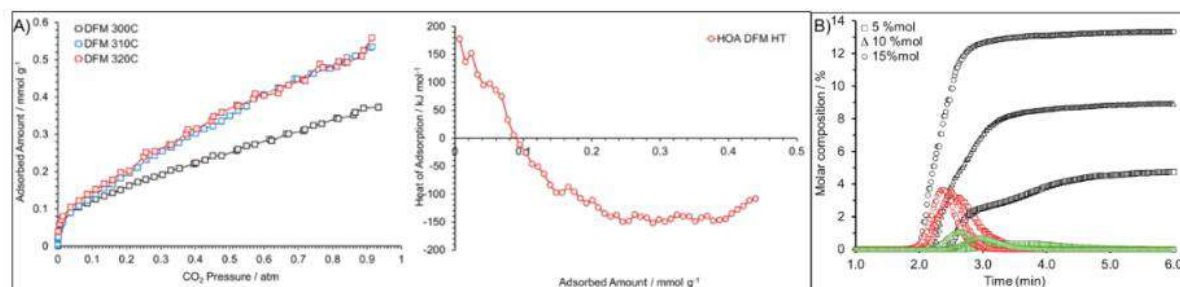


Figura 1. (A) Isotermas de adsorción de CO₂ (izquierda) y perfil del calor isostérico de adsorción de CO₂ (-ΔH) (derecha) para el DFM de 5%Ru–6,1%Na₂O/Al₂O₃, y (B) dependencia de la reacción de formación de metano con respecto a la concentración de entrada de H₂ (círculo: H₂, triángulo: CH₄ y cuadrado: CO₂).

Referencias

- Yadav S., Mondal S.S. A review on the progress and prospects of oxy-fuel carbon capture and sequestration (CCS) technology. *Fuel*, 2022, 308, 122057. DOI: 10.1016/j.fuel.2021.122057
- Merkouri L.-P., Paksoy A. I., Ramirez Reina T., Duyar M.S. The Need for Flexible Chemical Synthesis and How Dual-Function Materials Can Pave the Way. *ACS Catalysis*, 2023, 13 (11), 7230-7242. DOI: 10.1021/acscatal.3c00880
- Lu B., Fan Y., Zhi X., *et al.* Material design and prospect of dual-functional materials for integrated carbon dioxide capture and conversion. *Carbon Capture Sci. Technol*, 2024, 12, 100207. DOI: 10.1016/j.ccst.2024.100207

Autor de Presentación

Andrés Felipe Soto Cañón es ingeniero químico de la Universidad de La Sabana. Desde abril de 2024, es joven investigador en el grupo de investigación de Energía, Materiales y Ambiente (GEMA) de la Universidad de La Sabana.

Email: andressoca@unisabana.edu.co

Evaluación del efecto de los sitios ácidos de Lewis y Brønsted dispersos en un soporte carbonoso derivado del raquis de palma de aceite en la conversión de glucosa a 5-hidroximetilfurfural (5-HMF)

Carolina Mejía Salazar¹, Rubén Palacio¹, Gustavo Escobar², Diana López^{1*}

¹Química de Recursos Energéticos y Medio Ambiente, Instituto de Química, Universidad de Antioquia, Calle 70 No. 52-21, Medellín 050010, Colombia.

²Química Orgánica de Productos Naturales, Universidad de Antioquia, Calle 70 No. 52-21, Medellín 050010, Colombia.

Palabras clave: Glucosa, 5-hidroximetilfurfural, valorización de residuos agroindustriales, soportes carbonosos, sitios ácidos de Lewis y Brønsted.

Resumen

La biomasa ha surgido como un recurso clave en las estrategias de desarrollo sostenible debido a su abundancia y carácter renovable. La biomasa agrícola residual, como el raquis de palma de aceite, representa una materia prima poco aprovechada, rica en celulosa, hemicelulosa y lignina, componentes que pueden transformarse mediante procesos termoquímicos en materiales carbonosos funcionales o compuestos químicos. Los carbones activados derivados de biomasa han mostrado un potencial significativo como soportes para catalizadores heterogéneos en la conversión de azúcares renovables en compuestos químicos de alto valor agregado. En este contexto, el 5-hidroximetilfurfural (5-HMF) ha recibido una atención considerable como molécula plataforma derivada de la glucosa, con amplias aplicaciones en la producción de combustibles líquidos y precursores poliméricos, como el 2,5-dimetilfurano, el 5-etoximetilfurfural y el ácido 2,5-furandicarboxílico.

La glucosa es la principal fuente renovable para la obtención de 5-HMF. La conversión de glucosa a 5-HMF involucra dos etapas principales: (i) la primera corresponde a la isomerización de glucosa a fructosa, considerada la etapa limitante de la reacción, lo que requiere el uso de catalizadores heterogéneos que contengan sitios ácidos de Lewis o Brønsted; (ii) una vez obtenida la fructosa, esta se convierte en 5-HMF mediante una reacción de deshidratación promovida por sitios ácidos de Brønsted, en la que se eliminan tres moléculas de agua para formar el 5-HMF. La eficiencia de este proceso depende en gran medida de la naturaleza y fortaleza de los sitios ácidos presentes en un catalizador heterogéneo bifuncional, así como de las condiciones de reacción: sistema de solvente, la temperatura, el tiempo.

Este trabajo explora el desarrollo de un catalizador bifuncional, conteniendo simultáneamente sitios ácidos de Brønsted (grupos sulfonados a partir de ácido p-toluensulfónico) y Lewis (óxido de estaño), utilizando como soporte un material carbonoso poroso derivado de biomasa residual, específicamente del raquis de palma de aceite, como una alternativa innovadora y sostenible para la conversión de glucosa a 5-HMF. Se evaluaron diferentes cargas nominales de estaño (20%, 10% y 5% en masa) y la evaluación de la actividad catalítica fue asistida por microondas a 160 °C durante 3 horas. Entre estos, el catalizador con un 10% de estaño alcanzó una selectividad del 55% hacia 5-HMF a una conversión de glucosa del 100%, con una excelente reproducibilidad, superando al catalizador con 20% de estaño, que presentó igual selectividad, pero con una menor reproducibilidad. Estos resultados destacan la importancia de controlar la carga metálica y la distribución de los grupos funcionales para optimizar la estabilidad y el rendimiento catalítico de estos materiales carbonosos. Estos resultados, ilustrados en la **Figura 1**, resaltan la importancia de controlar la carga metálica y la distribución de los grupos funcionales para optimizar la estabilidad y el rendimiento catalítico de estos materiales carbonosos.

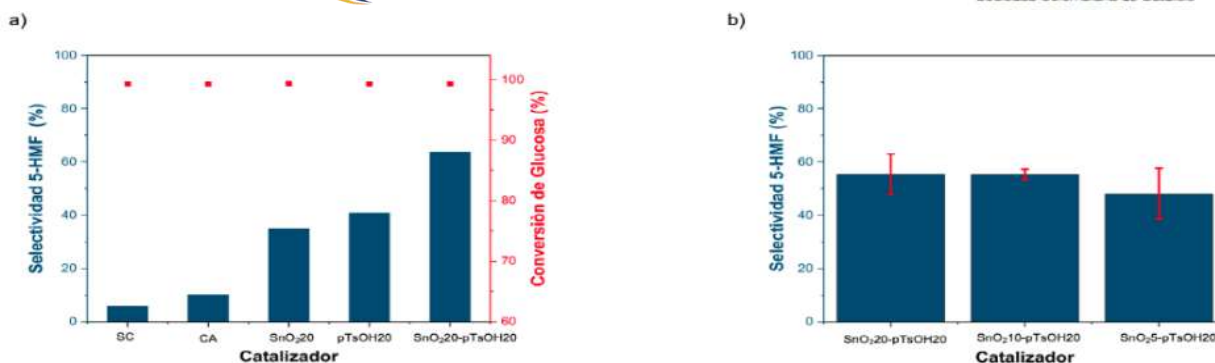


Figura 1 (a) Conversión de glucosa y selectividad hacia 5-HMF utilizando los diferentes catalizadores **(b)** Reproducibilidad de la selectividad hacia 5-HMF para los catalizadores bifuncionales.

Referencias

- Azlan N.S.M., Yap C.L., Gan S., Rahman M.B.A. Recent advances in the conversion of lignocellulosic biomass and its degraded products to levulinic acid: A synergy of Brønsted-Lowry acid and Lewis acid. *Ind. Crops. Prod.* 2022, 181, 114778. DOI: 10.1016/j.indcrop.2022.114778.
- Portillo Perez G., Dumont M. J. Production of HMF in high yield using a low cost and recyclable carbonaceous catalyst. *Chem. Eng. J.* 2020, 382, 122766. DOI: 10.1016/j.cej.2019.122766.
- Qiu B., Hu W., Zhang D., *et al.* Efficient conversion of biomass to 5-hydroxymethylfurfural via hydrothermal liquefaction: Mechanisms, catalysts and potential applications. *Fuel.* 2024, 375, 132568. DOI: 10.1016/j.fuel.2024.132568.

Autor de presentación

La doctora Diana López obtuvo su título de química en la Universidad de Antioquia, Medellín. Posteriormente, completó su doctorado en Química en Brown University, Estados Unidos. Sus principales líneas de investigación incluyen el desarrollo de soportes carbonosos para aplicaciones energéticas, la transformación termoquímica de biomasa y combustibles fósiles, y la valorización química y energética de residuos agroindustriales. Actualmente, se desempeña como profesora titular en el Instituto de Química de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad de Antioquia en Medellín, y lidera el Grupo de Química de Recursos Energéticos y Medio Ambiente.

Email: Diana.lopez@udea.edu.co

Partículas de óxido mixto de Cu-Co y Ag soportadas en α -Fe₂O₃ multiramificado como catalizadores heterogéneos tipo Fenton.

Valentina Garzón-Cucaita¹, José G. Carriazo¹

¹ Laboratorio de Diseño y Reactividad de Estructuras Sólidas (LAB-DRES), Departamento de Química, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá– Colombia.

Palabras clave: Óxido de hierro, hematita, catalizador de Ag, catalizador de Cu-Co, reacción tipo Fenton.

Resumen

Producto de la explosión demográfica y la industrialización acelerada, diariamente se generan grandes cantidades de aguas residuales, cuya liberación al medio ambiente sin tratamientos adecuados, ha provocado la contaminación química de las fuentes hídricas, afectando la salud de todo el ecosistema. Ante esto, la calidad del agua representa un desafío ambiental creciente, por lo que resulta imperativo el desarrollo de tecnologías de tratamiento avanzadas, eficientes y sostenibles. En este contexto y entre las múltiples alternativas en las que trabaja la comunidad científica actualmente, las reacciones tipo Fenton han surgido como Procesos Avanzados de Oxidación (PAO) altamente eficientes y con potencial aplicación en la degradación de contaminantes en aguas residuales, enfocándose en el estudio de sistemas catalíticos novedosos. Entre los catalizadores más estudiados para estas reacciones, los óxidos de hierro, especialmente la hematita (α -Fe₂O₃), destacan por su bajo costo, estabilidad química y potencial de reutilización.

En este trabajo se presenta la síntesis, caracterización y evaluación catalítica de sólidos basados en α -Fe₂O₃, diseñados como catalizadores heterogéneos para la reacción tipo Fenton en la degradación del colorante textil Amarillo Reactivo 145 (AR-145), un modelo representativo de contaminantes emergentes en efluentes industriales. Dos catalizadores: Ag/ α -Fe₂O₃ y Cu-Co/ α -Fe₂O₃ se sintetizaron con éxito a partir del método de precipitación-depositación de partículas de plata metálica y óxido de cobre-cobalto, respectivamente, sobre una hematita particulada multiramificada (dendrítica) con morfología de hoja de helecho (Figura 1).

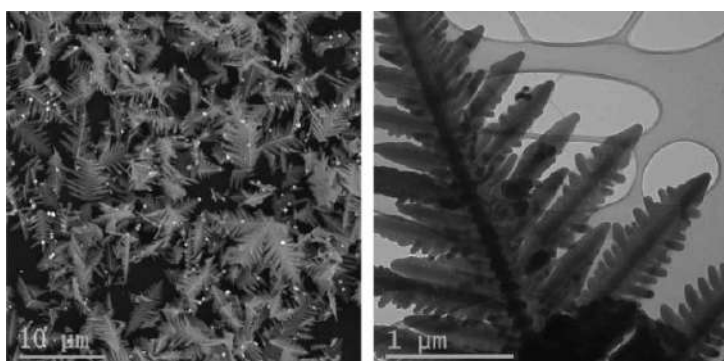


Figura 1. Micrografías del sólido Ag/Fe₂O₃.

La caracterización estructural y morfológica de los sólidos se llevó a cabo mediante Difracción de Rayos X, Microscopía Electrónica de Barrido y Transmisión, Espectroscopía de Energía Dispersiva de Rayos X y Espectroscopia Auger. El soporte catalítico de α -Fe₂O₃ se obtuvo con morfología multiramificada, con alta fractalidad y rugosidad y se confirmó la depositación efectiva de micropartículas de Ag y nanopartículas de Cu-Co sobre su superficie dendrítica.

Se evaluó el potencial de los sólidos Ag/ α -Fe₂O₃ y Cu-Co/ α -Fe₂O₃ para ser utilizados en reacciones heterogéneas tipo Fenton mediante la descomposición de peróxido de hidrógeno, a un pH cercano a la neutralidad y temperatura de 25 °C, exhibiendo un excelente desempeño (Figura 2). Adicionalmente, en la degradación del colorante azoico AR-145, bajo condiciones suaves (25 °C, presión atmosférica y

pH 6,5), se obtuvo un mayor desempeño catalítico para el Cu-Co/ α -Fe₂O₃, logrando altos niveles de degradación (80% de conversión de AR-145 y 70,7 % de remoción de DQO) con valores muy bajos de lixiviación de iones metálicos (0,60 mg/L de iones de cobre y 4,15 % de iones de cobalto).

Este estudio contribuye con el avance en el diseño racional de catalizadores heterogéneos y su aplicación en la búsqueda de procesos más eficientes para la descontaminación del agua.

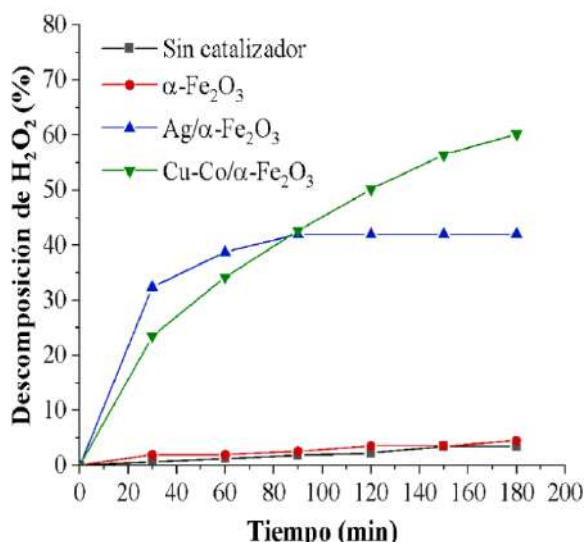


Figura 2. Evaluación catalítica de los sólidos obtenidos en la descomposición de H₂O₂.

Referencias

- Amor C., Marchão L., Lucas M.S., *et al.* Application of Advanced Oxidation Processes for the Treatment of Recalcitrant Agro-Industrial Wastewater: A Review. *Water*. 2019, 11, 2, 205. DOI: 10.3390/w11020205
- Titchou F.E., Zazou H., Afanga H., *et al.* An overview on the elimination of organic contaminants from aqueous systems using electrochemical advanced oxidation processes, *J. Water Process Eng.* 2021, 40, 102040. DOI: 10.1016/j.jwpe.2021.102040.
- Santhosh C., Malathi A., Dhaneshvar E., *et al.* Iron Oxide Nanomaterials for Water Purification. In *Nanoscale Materials in Water Purification*, Elsevier, 2018, 431–446. DOI: 10.1016/B978-0-12-813926-4.00022-7

Autor de Presentación

Valentina Garzón-Cucaita es Química y Magíster en Ciencias – Química de la Universidad Nacional de Colombia. Desde 2018 hace parte del Laboratorio de Diseño y Reactividad de Estructuras Sólidas. Su investigación se enfoca en la síntesis, caracterización y evaluación de catalizadores sólidos para la degradación de contaminantes en agua. Actualmente hace parte del grupo Laboratorio Nacional de Insumos Agrícolas del Instituto Colombiano Agropecuario (ICA).

Email: avgarzonc@unal.edu.co

Estimación cuantitativa de la actividad catalítica individual de fases cristalinas en catalizadores de MnO_x reciclados

Edwing Alexander Velasco-Rozo¹, Edgar M. Morales-Valencia^{1,2}, Víctor G. Baldovino-Medrano^{2,3}

¹ Grupo de Investigación en Reingeniería, Innovación y Productividad-GREIP, Instituto Universitario de la Paz-UNIPAZ, Barrancabermeja – Colombia.

² Centro de Investigaciones en Catálisis -CICAT, Universidad Industrial de Santander-UIS, Bucaramanga – Colombia.

³ Laboratorio Central de Ciencia de Superficies, SurfLab, Universidad Industrial de Santander-UIS, Bucaramanga – Colombia.

Palabras clave: Catálisis heterogénea; MnO_x reciclado; Velocidad de reacción; Combustión de metano; Economía circular.

Resumen

El desarrollo de catalizadores heterogéneos a partir de materiales reciclados representa una estrategia clave en el marco de la economía circular aplicada a la catálisis. Por ejemplo, se conoce que los óxidos de manganeso derivados del reciclaje de baterías alcalinas han mostrado actividad en la combustión catalítica de diversos compuestos orgánicos volátiles incluyendo al metano, exhibiendo alta conversión y selectividad hacia CO_2 a temperaturas de reacción relativamente bajas ($< 600^\circ\text{C}$). Sin embargo, estos óxidos derivados del reciclaje contienen múltiples fases cristalinas, cuya contribución individual al desempeño catalítico no suele ser fácilmente discernible, lo que limita el diseño de métodos de refinación de estos materiales. Ante esta problemática, en este trabajo se propone un modelo cuantitativo para estimar la actividad catalítica específica de cada fase cristalina presente en materiales multicomponente de tipo MnO_x , usando como reacción modelo la combustión catalítica de metano. El enfoque del método parte del supuesto de que la velocidad específica de reacción global para la combustión catalítica de metano puede expresarse como la suma ponderada de las velocidades parciales de reacción asociadas a cada fase, calculadas como el producto entre la fracción molar de dicha fase (determinada por refinamiento Rietveld a partir de ensayos de Difracción de Rayos-X) y un parámetro denominado factor de reactividad ($\mathfrak{R}_i$), el cual representa la actividad intrínseca normalizada de cada estructura cristalina.

El modelo fue aplicado a los resultados de las velocidades de reacción determinadas al ensayar una serie de materiales en polvo obtenidos por reciclaje: cátodo crudo, cátodo tratado con NaOH , nanorods de MnO_x , nanoerizos de MnO_x , y un benchmark de $\gamma\text{-MnO}_2$. Las reacciones de combustión se llevaron a cabo en un reactor tubular de lecho fijo automatizado operado a presión atmosférica y 500°C , y alimentado con una mezcla compuesta por CH_4 y O_2 como reactivos y N_2 como gas balance, manteniendo un exceso de O_2 del 20 %. El lecho catalítico conformado por una mezcla de catalizador y cuarzo (para evitar gradientes térmicos), se ubicó entre dos secciones de vidrio con el fin de mejorar la homogeneización de la temperatura en el reactor y favorecer un régimen de flujo pistón, manteniendo una velocidad espacial de $108\,000\text{ ml}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$.

Los resultados experimentales mostraron una alta correlación lineal entre la velocidad específica observada (R_{CH_4}) y la estimada teóricamente a partir de la suma de las contribuciones individuales de las fases (i) presentes en los diferentes materiales ($\sum R_{\text{CH}_4,i}$), como se evidencia en la Figura 1. En dicha figura, los puntos experimentales se alinean estrechamente con la línea de identidad (línea discontinua), lo que valida el modelo propuesto y permite descartar efectos sinérgicos entre fases. Gracias a este análisis, se identificó la siguiente tendencia de actividad catalítica entre las fases cristalinas: $\epsilon\text{-MnO}_2$ ($\mathfrak{R}_i \approx 0,033$) $>$ $\gamma\text{-MnO}_2 \approx \alpha\text{-MnO}_2$ ($\mathfrak{R}_i = 0,031$) $>>$ $0,013$, Mn_3O_4 ($\mathfrak{R}_i \approx 0,013$) $\approx \beta\text{-MnO}_2$ ($\mathfrak{R}_i \approx 0,012$) $>$ ZnMn_2O_4 ($\mathfrak{R}_i \approx 0,006$) $>>$ Mn_2O_3 ($\mathfrak{R}_i \approx 4,08 \times 10^{-5}$).

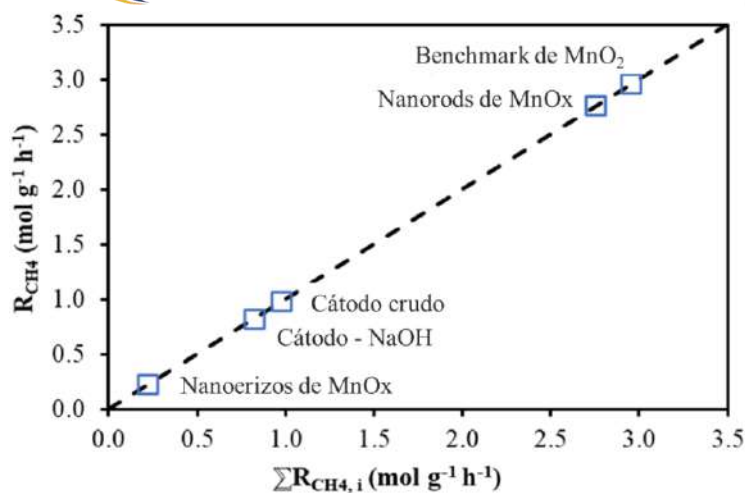


Figura 1. Comparación entre la velocidad específica de reacción experimental (R_{CH_4}) y la estimada como suma de las contribuciones individuales de las fases cristalinas presentes en los materiales ($\Sigma R_{CH_4,i}$).

Referencias

- Shi F., Wang F., Dai H., *et al.* Rod-, flower-, and dumbbell-like MnO₂: Highly active catalysts for the combustion of toluene. *Appl. Catal. A Gen.* 2012, 433–434, 206–213. DOI: 10.1016/j.apcata.2012.05.016
- Gallegos M. V., Peluso M. A., Finocchio E., *et al.* Removal of VOCs by catalytic process. A study of MnZnO composites synthesized from waste alkaline and Zn/C batteries. *Chem. Eng. J.* 2017, 313, 1099–1111. DOI: 10.1016/j.cej.2016.11.001
- Park Y.K., Song H., Kim M. K., Jung S. C., Jung H. Y., Kim S. C. Recycling of a spent alkaline battery as a catalyst for the total oxidation of hydrocarbons. *J. Hazard. Mater.* 2021, 403, 123929. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2020.123929

Autor de Presentación

Edwing Alexander Velasco Rozo es doctor en Ingeniería Química de la Universidad Industrial de Santander (UIS), docente e investigador en la Escuela de Ingeniería de Producción del Instituto Universitario de la Paz (UNIPAZ) y líder del Grupo de Investigación en Reingeniería, Innovación y Productividad (GREIP). Su experiencia se centra en catálisis heterogénea, economía circular y valorización de residuos tecnológicos. Actualmente, desarrolla materiales funcionales a partir de baterías alcalinas gastadas, con aplicaciones en la remediación catalítica de aguas contaminadas y en el almacenamiento de energía.

Email: edwin.velasco@unipaz.edu.co

Aprovechamiento del raquis de la palma de aceite para el desarrollo de catalizadores monolíticos recubiertos de carbono en la obtención de compuestos plataforma

Giovanny Sandoval-Montoya¹, Jennifer Laverde², Carolina Mejía Salazar³, Ruben Palacio³, Diana Lopez Lopez³, Robison Buitrago-Sierra²

¹ Grupo de Investigación Tribología y Superficies, Universidad Nacional, Medellín – Colombia

² Grupo de Investigación de Materiales Avanzados y Energía MATyER, Instituto Tecnológico Metropolitano, Medellín – Colombia.

³ Grupo de Química de Recursos Energéticos y Medio Ambiente QUIREMA, Universidad de Antioquia, Medellín – Colombia.

Palabras clave: Monolitos recubiertos de carbono, compuestos plataforma, biomasa residual.

Resumen

El desarrollo de catalizadores monolíticos recubiertos de carbono constituye una estrategia clave en el diseño de materiales catalíticos, debido a su alta transferencia de masa, estabilidad térmica y bajas caídas de presión, superando los limitantes de los catalizadores en polvo o granulares convencionales. El uso de materiales carbonosos sobre soportes monolíticos cerámicos no solo mejora la dispersión de los sitios activos, la resistencia mecánica y la adaptabilidad de la superficie del catalizador mediante la incorporación de grupos funcionales y estructuras porosas, sino que también, permiten emplear una menor cantidad de biomasa para su desarrollo en comparación con los monolitos constituidos de 100 % de carbono, los cuales, no permiten obtener estructuras con una alta densidad de canales. Por otro lado, en el contexto de economía circular, estos catalizadores encuentran una potencial aplicación en la conversión de azúcares y fracciones lignocelulósicas en compuestos plataforma, como furfural, 5-hidroximetilfurfural (HMF), ácido levulínico entre otros, que son precursores estratégicos para la producción de una gran cantidad de compuestos químicos, permitiéndoles ser sustitutos ideales a los productos derivados de los recursos fósiles. Paralelamente, Colombia enfrenta el reto de valorizar los residuos lignocelulósicos generados en su sector agroindustrial, en este contexto, el sector palmicultor se sitúa como la segunda agroindustria que más biomasa residual genera en el país. Por esta razón, el objetivo de este trabajo consistió en el desarrollo de catalizadores monolíticos recubiertos de carbono obtenidos a partir de residuos del sector palmicultor colombiano, como una vía de valorización orientada a la obtención de compuestos plataforma. Para ello, el raquis de la palma de aceite se activó con KOH a 650 °C por 2 h en un horno tubular en atmósfera de nitrógeno (100 mL/min), luego, el material carbonoso obtenido se funcionalizó con estaño y grupos sulfonados. Finalmente, los materiales carbonosos obtenidos se impregnaron mediante recubrimiento por inmersión en una matriz monolítica de cordierita con una densidad de canales de 400 cpsi. Se realizaron tres ciclos de impregnación de 3 minutos en un baño de ultrasonido, la suspensión en la que se sumergieron las matrices monolíticas de cordierita consistía en una dispersión de los materiales carbonosos obtenidos a 650 °C (R650) en agua al que se le adicionó un 10 % en peso de sílice coloidal. De esta manera, se obtuvieron porcentajes de recubrimiento de hasta el 10 %, como se observa en la Tabla 1. Mediante el análisis termogravimétrico de los materiales carbonosos obtenidos se encontró un contenido incorporado de estaño en peso de aproximadamente el 11 % en el material R650-Sn y un mayor contenido de volátiles en comparación con el material sin funcionalizar R650 (Tabla 1). Por otro lado, en los resultados de la espectroscopia infrarroja por transformada de Fourier (FTIR) mostraron una señal asociada a la vibración O=S=O en 1002 cm⁻¹ y otra señal a 600 cm⁻¹ asociada a la vibración del enlace Sn-O para el material con modificación ácida e incorporación de estaño (Figura 1a).

Los catalizadores obtenidos se denominaron MC para el monolito recubierto de carbono sin funcionalizar y MC-Sn para el monolito recubierto modificado con grupos sulfonados e incorporaciones de estaño. Estos materiales se evaluaron en la conversión de glucosa a compuestos plataforma mediante una reacción hidrotermal de 3 h. Al finalizar la reacción, se tomó una alícuota del medio y se analizó por cromatografía líquida de alta resolución (HPLC), encontrando una conversión total de glucosa del

30,06 % para el catalizador monolítico sin funcionalizar, sin embargo, cuando se empleó el monolito recubierto de carbono con incorporaciones ácidas y estaño como catalizador, la conversión de glucosa incrementó al 46,48 % (Figura 1b). Estos resultados, resaltan la importancia de emplear residuos agroindustriales ampliamente disponibles en Colombia para el desarrollo de catalizadores monolíticos que superen los limitantes de los catalizadores en polvo o granulares.

Tabla 1. Análisis termogravimétrico de material carbonoso obtenido sin funcionalizar (R650) con incorporación de grupos ácidos y estaño (R650-Sn), y el porcentaje impregnado en matrices monolíticas.

Material	Volátiles (%)	Carbono fijo (%)	Ceniza (%)	Porcentaje de recubrimiento obtenido después de 3 ciclos	
R650	35,57 %	54,09 %	10,34 %	MC	10,43 %
R650-Sn	62,71 %	15,83 %	21,46 %	MC-Sn	10,05 %

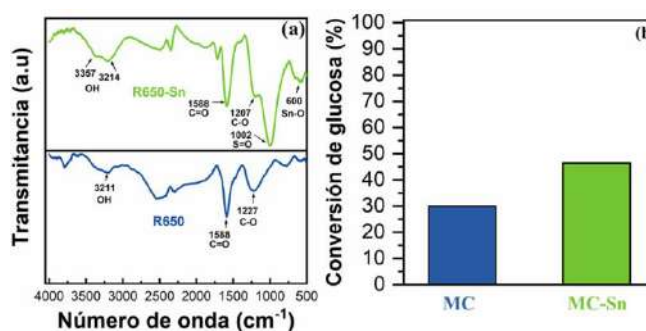


Figura 1. Espectros FTIR del material carbonoso obtenido sin modificar y modificado con grupos ácidos y Sn (a), conversión de glucosa en reacción hidrotérmica por 3 h con monolitos recubiertos (b).

Referencias

- Govender S., Friedrich H.B. Monoliths: A review of the basics, preparation methods and their relevance to oxidation. *Catalysts*, 2017, 7(2), 62. DOI: 10.3390/catal7020062.
- Pirmoradi M., Janulaitis N., Gulotty R.J., Kastner J.R. Continuous Hydrogenation of Aqueous Furfural Using a Metal-Supported Activated Carbon Monolith. *ACS Omega* 2020, 5, 14, 7836–7849. DOI:10.1021/acsomega.9b04010.
- Wang S., Eberhardt T.L., Guo D., *et al.* Efficient conversion of glucose into 5-HMF catalyzed by lignin-derived mesoporous carbon solid acid in a biphasic system. *Renew Energy*, 2022, 190, 1–10, DOI: 10.1016/j.renene.2022.03.021.
- Pardo, L. E., Ocampo-Peñuela N. Contexto actual del impacto ambiental de la palma de aceite en Colombia. 2019, 40(3), 79–88. Recuperado a partir de: <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/12868>

Agradecimientos

Los autores agradecen el apoyo financiero brindado por la Universidad Nacional de Colombia, Instituto Tecnológico Metropolitano (ITM) y la Universidad de Antioquia, mediante el financiamiento otorgado por Minciencias en el proyecto 890 82079. Además, el ITM agradece por el apoyo financiero a través del proyecto P24101

Autor de Presentación

Giovanny Steven Sandoval Montoya es Químico Industrial del Instituto Tecnológico Metropolitano (ITM) de la ciudad de Medellín. Desde 2024 inició sus estudios de posgrado en la Maestría en Ingeniería – Materiales y Procesos de la Universidad Nacional de Colombia. Email: gisandoval@unal.edu.co

Evaluación de un residuo siderúrgico y un óxido de hierro sintetizado como catalizadores en la degradación de amoxicilina mediante el proceso Foto-Fenton heterogéneo

Santiago Díaz-Cubillos¹, Mauricio Velásquez¹, Ariel Cadena², Gina Hincapié-Triviño¹

¹Estado Sólido y Catálisis Ambiental (ESCA). Departamento de Química, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá-Colombia.

²Caracterización Tecnológica de Minerales (CTM). Departamento de Geociencias, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá-Colombia.

Palabras clave: Amoxicilina, Foto-Fenton, Residuos industriales, Contaminantes emergentes, Óxidos de hierro.

Resumen

Se evaluó la degradación de amoxicilina en medio acuoso mediante el proceso foto-Fenton heterogéneo, utilizando como catalizadores un residuo de la industria siderúrgica y un óxido de hierro sintetizado (mezcla de magnetita y maghemita). La caracterización por XRD (Figura 1.A y B) reveló que el residuo contiene las fases cristalinas de goethita [FeO(OH)], hematita [α -Fe₂O₃] y siderita [FeCO₃] en proporciones del 45%, 38% y 17%, respectivamente (determinadas por análisis termogravimétricos, datos no mostrados). En el óxido sintetizado se identificaron las fases cristalinas de magnetita [Fe₃O₄] y maghemita [γ -Fe₂O₃], ésta última resultado de la oxidación parcial de la magnetita en contacto con el oxígeno atmosférico.

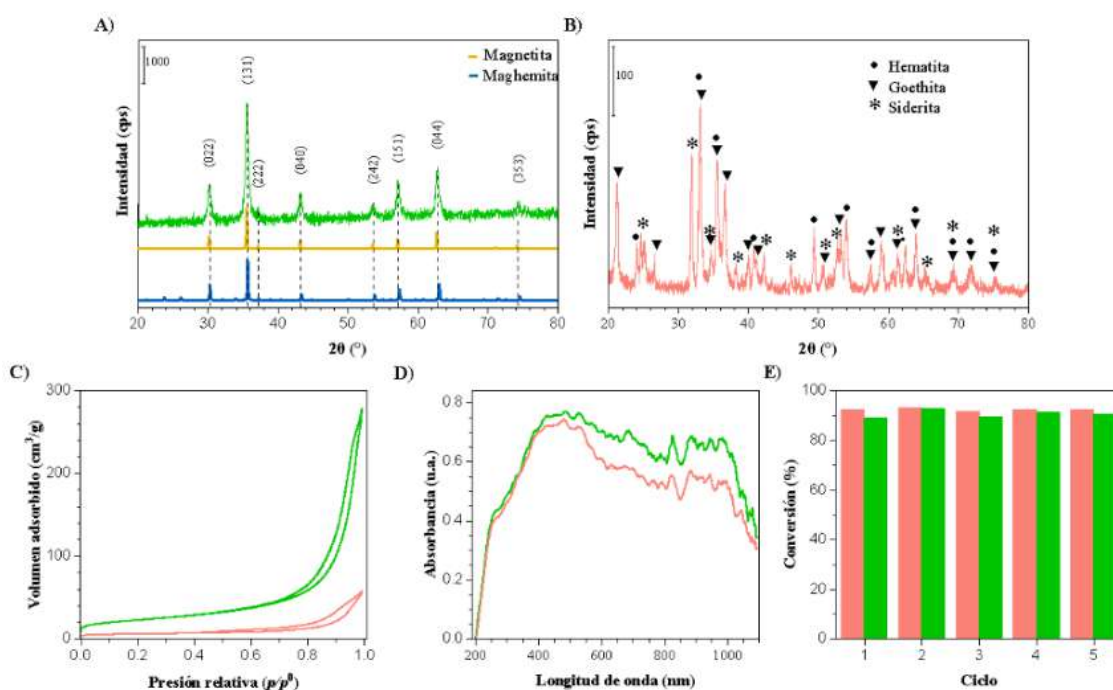


Figura 1. A) Patrón de difracción del óxido sintetizado. B) Patrón de difracción del residuo siderúrgico. C) Isotermas de adsorción. D) Espectro de UV de reflectancia difusa. E) Evaluación de la conversión de la amoxicilina en diferentes ciclos de reacción (verde: óxido sintetizado; salmón: residuo siderúrgico)

Los materiales exhibieron isotermas Tipo IV, según la clasificación de la IUPAC (Figura 1.C), lo que confirma una estructura mesoporosa. El área superficial específica del residuo siderúrgico fue de 18 m²/g, mientras que la del óxido sintetizado alcanzó 76 m²/g. Esta diferencia se correlacionó con una

mayor capacidad de adsorción del antibiótico en el óxido sintetizado (11,2% de adsorción en una hora), frente al 1,4% observado en el residuo. La espectroscopía de reflectancia difusa (DRS, Figura 1.D) reveló una amplia absorción en el espectro UV-Vis (250–1000 nm) para ambos catalizadores, con un máximo de absorción en 450 nm. Esta propiedad es crucial, ya que indica una capacidad eficaz para aprovechar la radiación visible, promoviendo así la generación de especies reactivas de oxígeno (ROS) mediante el proceso foto-Fenton heterogéneo, esenciales para la oxidación de la amoxicilina.

La actividad catalítica se evaluó en soluciones acuosas de amoxicilina a una concentración de 20 mg/L, a temperatura ambiente ($\approx 20^\circ\text{C}$), pH natural ($\approx 6,5$), con 0,5 g/L de catalizador, con irradiación de una lámpara LED blanca de 24 W y un tiempo de reacción de 15 minutos. Bajo estas condiciones, el residuo de hierro requirió una concentración de H_2O_2 de 50 mM para lograr una conversión superior al 90%. En contraste, el óxido sintetizado requirió de una concentración de 70 mM de H_2O_2 para alcanzar conversiones similares. Esta diferencia se atribuye a que la reacción con el óxido sintetizado necesita un tiempo de inducción; durante este período, los electrones fotogenerados generan un proceso de reducción de la maghemita a magnetita (evidenciado por un cambio de color del catalizador de café a negro). Una vez que las especies Fe^{2+} están disponibles en la magnetita, la generación de ROS y, por ende, la oxidación de la amoxicilina, se optimizan. Cabe destacar que, la conversión de amoxicilina superó el 90% durante los cinco ciclos de reacción realizados (Figura 1.E), lo que demuestra la alta estabilidad de los sólidos.

A pesar de que la magnetita sintetizada exhibió una mayor área superficial y una mayor capacidad de adsorción de la molécula orgánica, el residuo siderúrgico logró conversiones comparables, incluso con una menor concentración de peróxido. Esta combinación de buen desempeño catalítico, estabilidad en ciclos sucesivos y bajo costo, resalta el valor del residuo como una alternativa viable y sostenible. Su uso no solo permite tratar eficientemente aguas contaminadas con antibióticos, sino que además promueve la valorización de desechos industriales dentro de un enfoque de economía circular.

Referencias

- Chalaris M., Gkika D. A., Tolkou A. K., *et al.* Advancements and sustainable strategies for the treatment and management of wastewaters from metallurgical industries: an overview. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 2023, 30, 119627–119653 DOI: 10.1007/s11356-023-30891-0.
- Thomas N., Dionysiou D.D, Pillai S.C. Heterogeneous Fenton catalysts: A review of recent advances, *J. Hazard. Mater.* 2021, 404, 124082. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2020.124082.
- Lin Y., Qiao J., Sun Y., *et al.* The profound review of Fenton process: What's the next step, *J. Environ. Sci.* 2025, 147, 114-130. DOI: 10.1016/j.jes.2023.10.005.

Autor de Presentación

Santiago Díaz-Cubillos es estudiante de último semestre de Química en la Universidad Nacional de Colombia. Su investigación se centra en la aplicación de procesos avanzados de oxidación para la eliminación de contaminantes emergentes, con énfasis en el uso de residuos industriales como catalizadores. Ha participado en diversos proyectos de investigación y ha presentado sus resultados en eventos académicos nacionales e internacionales.

Email: sdiazcu@unal.edu.co.

Catalizadores sostenibles y eficientes en la oxidación de fenol, a partir de sílice de cascarilla de arroz

Yury M. Peralta, Rafael Molina, Sonia Moreno

Estado Sólido y Catálisis Ambiental, Departamento de Química, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá D.C. - Colombia.

Palabras clave: cascarilla de arroz; lixiviación ácida suave; sílice; catalizador; Fenton.

Resumen

Se explora el potencial de la sílice (RH-SiO₂) derivada de cascarilla de arroz (RH) como soporte catalítico, obtenida por lixiviación ácida en condiciones suaves de temperatura (70 °C), concentración (0,032 M) y tiempo (2,5 h), para la síntesis de catalizadores de Fe empleados en la remediación de contaminantes presentes en agua, y se compara con un catalizador obtenido a partir de una sílice comercial (syloid 266-Sy).

Resultados

En la tabla 1 se aprecia el alto contenido de sílice obtenido del tratamiento ácido de la RH, y la inserción exitosa de Fe, correspondiente al valor nominal, en la biosílice. El patrón de difracción de DRX (Figura 1a) presenta señales asociadas a la presencia de impurezas en las sílices que fueron eliminadas durante la síntesis del catalizador en mayor proporción en la RH-SiO₂, comparado con el obtenido a partir de Sy, y picos adicionales de Fe (α -Fe₂O₃).

Tabla 1. Composición química por FRX de los soportes y los catalizadores.

Sólido	Sílice (%)	Fe (%)
RH-SiO ₂	99,3	0,14
Syloid 266 (Sy)	98	0,35
5FeSiO ₂	-	5,04
5FeSy	-	4,23

En los perfiles de reducción (TPR-H₂) se observan cuatro señales típicas asociadas a las especies de hierro (Figura 1b): reducción alrededor de 300 °C correspondientes a pequeños agregados de α -Fe₂O₃, (♦) reducción a magnetita, (•) reducción a wustita y a Fe metálico (♦). El perfil de FeSiO₂ presenta un corrimiento a menores temperaturas, revelando mayor disponibilidad para la reducción de especies y mayor intensidad de la señal asociada a las especies de Fe³⁺. El análisis por DRIFT (Figura 1c) en términos de la relación de áreas, revela un mayor consumo de grupos silanol (aislados, geminal y vecinal) en 5FeSiO₂ debido a una mayor formación de enlaces $\equiv$ Si-O-Fe, comparado con el del 5FeSy.

Respecto al desempeño de los catalizadores en la reacción de oxidación de fenol con H₂O₂ en condiciones suaves (25°C y presión atmosférica), el catalizador derivado de biosílice fue muy eficiente, logrando una alta conversión (80% en 60 min y 100 % en 210 min), y una mineralización a CO₂ del 47% (Figura 2), demostrando la superioridad respecto al catalizador obtenido empleando la sílice comercial (conversión máxima del 85% y mineralización de 27% en el mismo tiempo de reacción). En concordancia con los objetivos de la economía circular, se concluye que la valorización de un residuo (RH) para obtener sílice como soporte catalítico, mediante lixiviación ácida suave, permite desarrollar catalizadores activos, sostenibles y eficientes para la reacción de oxidación del fenol. Este estudio constituye un punto de partida para la optimización de bajas cargas de Fe y estrategias de síntesis orientadas a la obtención de biocatalizadores de Fe con potencial aplicación ambiental.

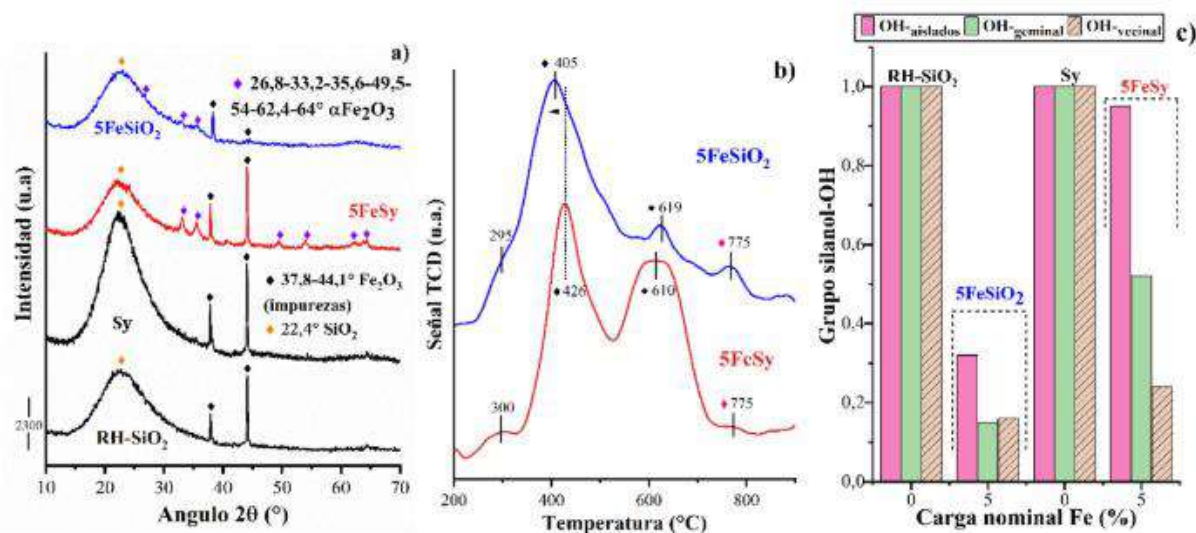


Figura 1. Caracterización de los catalizadores. (a) patrones DRX, (b) perfiles TPR-H₂ y (c) análisis de grupos silanol por DRIFT

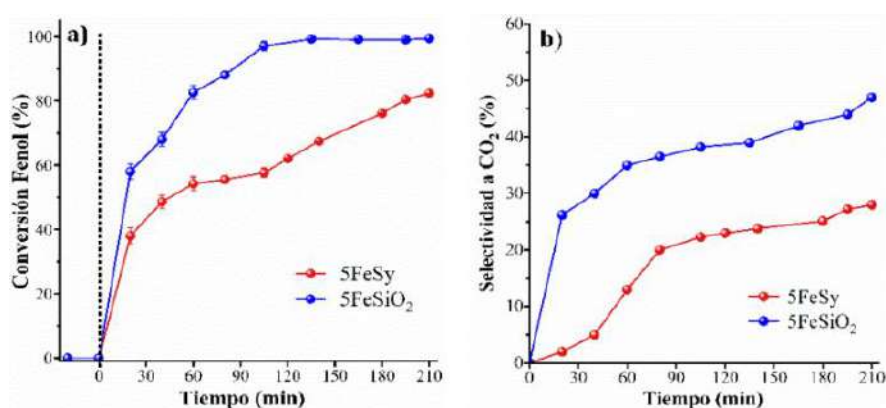


Figura 2. Desempeño catalítico de los catalizadores. (a) conversión de fenol y (b) selectividad a CO₂

Referencias

- Díaz-Tovar D., Molina R., Moreno S. Effect of leaching and catalytic decomposition on the kinetics and thermodynamics of rice husk pyrolysis. *Biomass Bioenergy*. 2025, 193, 107564. DOI:10.1016/j.biombioe.2024.107564
- Peralta Y.M., Molina R., Moreno S. Chemical and structural properties of silica obtained from rice husk and its potential as a catalytic support. *J. Environ. Chem Eng.* 2024, 12, 112370. DOI:10.1016/j.jece.2024.112370

Autor de Presentación

Yury Marlen Peralta Ladino es Química, Esp. Evaluación y Gestión Ambiental, Msc. Ciencias Química de la Universidad Nacional de Colombia. Desde el 2021 es estudiante de doctorado en Química de la Universidad Nacional de Colombia. Su investigación se enfoca en la valorización de biomasa en la obtención de catalizadores sólidos explorando estrategias de síntesis tipo SACs en aplicaciones ambientales.

Email: ymperaltal@unal.edu.co

Catalizadores mesoporosos modificados con Bario para transformación one-pot selectiva de R-(+)-limoneno

Luis Fernando Valencia¹, Luis A. Gallego-Villada², Sandra L. Amaya-Bustos³, Edwin A. Alarcón¹, Aída Luz Villa¹.

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

²Laboratory of Industrial Chemistry and Reaction Engineering, Johan Gadolin Process Chemistry Centre, Åbo Akademi University, Henriksgatan 2, 20500 Turku/ Åbo, Finland.

³Grupo de Investigación e Innovación en Energía – GIIEN, Institución Universitaria Pascual Bravo, Facultad de Ingeniería, Calle 73 No. 73 A 226, Medellín, Colombia.

Palabras clave: epoxidación, limoneno, reacción one-pot, terpenos.

Resumen

El limoneno es un monoterpeno natural que se encuentra en aceites esenciales como el de limón, lima, naranja y otras plantas de la familia Rutaceae y que se utiliza ampliamente en las industrias alimentaria y cosmética. El contenido de aceite esencial (AE) en las cáscaras de naranja corresponde al 3,8 % en peso seco, y el principal monoterpeno que puede obtenerse a partir del AE es el R-(+)-limoneno con una pureza superior al 90 %. Además, el limoneno tiene una estructura cíclica y sus dos insaturaciones lo convierten en un compuesto de interés para la síntesis de varios productos de alto valor agregado como monoepóxidos (1,2-epóxido y 8,9-epóxido) y diepóxido de limoneno, mediante su epoxidación selectiva. En la oxidación de limoneno se evaluó diferentes parámetros como agente oxidante, catalizador, y condiciones de reacción. En este estudio se evaluó la actividad catalítica del bario para la epoxidación de limoneno soportado en un material mesoporoso como SBA-15, y una zeolita jerárquica tipo faujasita.

Los catalizadores de bario se sintetizaron mediante impregnación húmeda con una carga nominal del 5 % utilizando nitrato de bario ($\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$, 99 %, Merck) como sal precursora. Los sólidos se denominaron 5Ba/SBA-15 y 5Ba/H-Y-80-D. El soporte H-Y-80-D se sintetizó mediante desaluminación de la zeolita comercial CBV 780 (H-Y-80) con solución concentrada de ácido nítrico (10 M). En las Figuras 1a y 1b se muestran los perfiles de NH_3 -TPD de los catalizadores modificados con Ba, observándose sitios ácidos con fuerza baja y moderada obteniéndose 334 y 527 $\mu\text{mol g}^{-1}$ para 5Ba/SBA-15 y 5Ba/H-Y-80-D, respectivamente. En la actividad catalítica se evaluaron dos agentes oxidantes como hidroperóxido de tertbutilo y peróxido de hidrógeno, en el cual solo se observó oxidación del limoneno en presencia de peróxido de hidrógeno. La Figura 2a muestra la conversión del limoneno con los soportes mesoporosos y los modificados con bario, demostrando que el bario promueve eficientemente la oxidación de limoneno, con valores de conversión de 52 y 48 % con los catalizadores 5Ba/SBA-15 y 5Ba/H-Y-80-D, respectivamente. La selectividad hacia el epóxido de limoneno fue aproximadamente 75 % (Figura 2b). Además, se obtuvo dihidrocarvona (Figura 2c) mediante la ruta one-pot (isomerización del epóxido interno) con una selectividad de 18 %, lo cual muestra el bario como una fase activa promisorio para la epoxidación selectiva del limoneno.

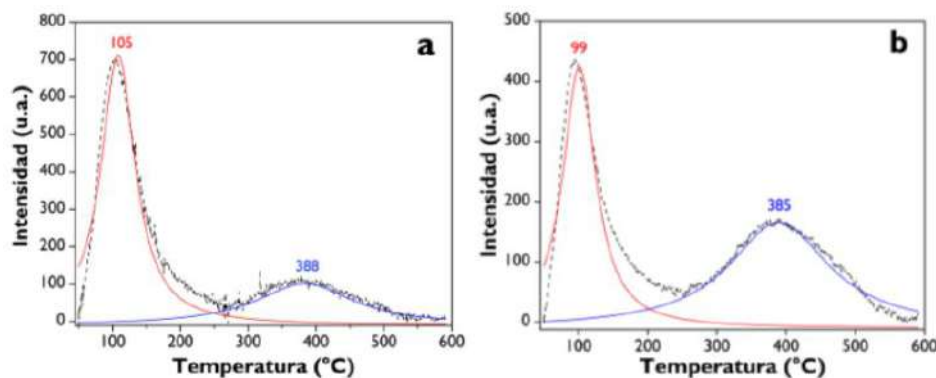


Figura 1. Perfiles NH₃-TPD para los catalizadores frescos: (a) 5Ba/H-Y-80-D, (b) 5Ba/SBA-15

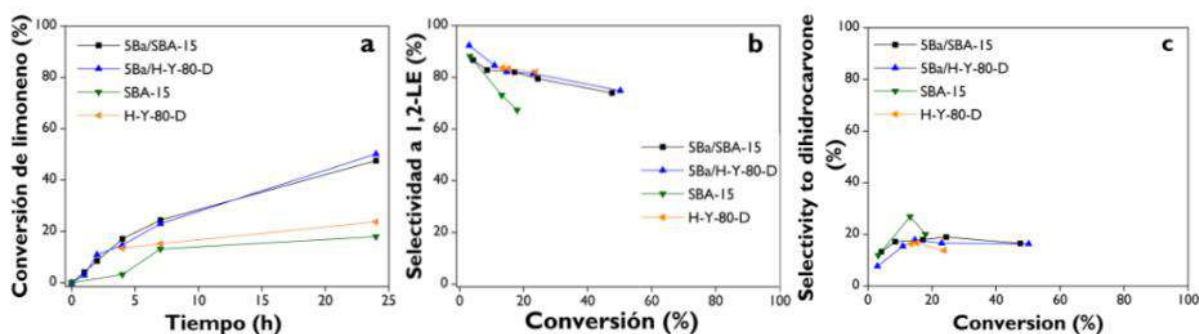


Figura 2. Rol del catalizador en la conversión de R-(+)-limoneno y la distribución de productos: (a) conversión de limoneno en función del tiempo de reacción, (b) selectividad hacia epóxido-1,2-limoneno, (c) selectividad a dihidrocarvona. **Condiciones de reacción:** 0.25 M de limoneno, 20 mg catalizador, 70 °C, 750 rpm, relación molar de H₂O₂: limoneno (5:1).

Referencias

- Rehman A., Russell E., Saleem F., *et al.* Synthesis of trans-limonene bis-epoxide by stereoselective epoxidation of (R)-(+)-limonene. *J. Environ. Chem. Eng.* 2021, 9(1), 104680. DOI:10.1016/j.jece.2020.104680
- Wang H., Lu Q., Chen X., *et al.* Global trends and biological activity hotspots of d-limonene in essential oils: a 30-year bibliometric study. *Naunyn Schmiedebergs Arch.Pharmacol.* 2025, 398(5), 5491–5507. DOI:10.1007/s00210-024-03607-5
- Xu L., Zhao Q., Liu H., *et al.* Efficient epoxidation of (R)-(+)-limonene to limonene dioxide through peracids generated using whole-cell *Rhizopus oryzae* lipase. *Bioresour. Technol.* 2025, 415, 131645. DOI:10.1016/j.biortech.2024.131645

Autor de Presentación

Sandra Liliana Amaya Bustos es doctora en Ingeniería con énfasis en Materiales y Magíster en Ciencias Químicas de la Universidad de Antioquia. Actualmente es profesora de tiempo completo del Departamento de Mecánica en la Institución Universitaria Pascual Bravo y adscrita al grupo de Investigación e Innovación en Energía - GIIEN. Su investigación se enfoca en la síntesis y caracterización de materiales con aplicaciones en catálisis y adsorción.

Email: sandra.amaya@pascualbravo.edu.co

Síntesis y evaluación de VW/SiO₂ como catalizador en la obtención de furfural a partir de xilosa mediante un sistema cosolvente

Kevin-René Suárez-Suárez¹, William G Cortés-Ortiz¹, Carlos A Guerrero-Fajardo²

¹ Departamento de Química, Facultad de Ciencias, Universidad El Bosque, Bogotá D.C. – Colombia.

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

Palabras clave: Catalizadores bimetálicos; Vanadio; Tungsteno; Síntesis sol-gel; Furfural; Xilosa.

Resumen

El objetivo de este estudio fue la síntesis, caracterización y evaluación del catalizador sólido VW/SiO₂ en la obtención de furfural a partir de xilosa. El catalizador fue sintetizado empleando el método sol-gel y caracterizado por medio de técnicas como XRD, FT-IR y espectroscopía Raman. El catalizador fue implementado en la obtención de furfural mediante un diseño factorial 2² donde se evaluaron los efectos de la temperatura (170-200 °C) y el tiempo (60-120 min). En una reacción típica se colocó 500 mg de xilosa en 100 mL de un sistema cosolvente 1:1 de agua/etanol al 96% y 100 mg de catalizador. Posteriormente, la xilosa y el furfural fueron cuantificados a través de HPLC con metodología de patrón interno, para finalmente determinar conversión, rendimiento y selectividad hacia furfural. Los resultados de cuantificación se observan en la tabla 1.

Tabla 1. Cuantificación de xilosa y furfural por medio de metodología de patrón interno.

Ensayo	T (°C)	t (h)	Xilosa (g/L)	Furfural (g/L)
1	170	1	0,9196	0,4358
2	170	2	1,6269	0,4115
3	200	1	0,1775	0,5929
4	200	2	0,2472	0,5693

Los resultados de XRD muestran que el catalizador VW/SiO₂ presenta una estructura amorfa, con una banda ancha cerca de 22° (2θ) correspondiente a la sílice amorfa, y picos a 23,1°, 23,6° y 24,4° (2θ) indicativos de trióxido de tungsteno (WO₃). No se detectaron cristales de V₂O₅, lo que sugiere que el vanadio está disperso en la sílice.

En FTIR, las principales bandas corresponden a la red de SiO₂, con picos a 1090 cm⁻¹, 470 cm⁻¹ y 800 cm⁻¹, además de interacciones Si-OH, evidenciadas por la banda a 1636 cm⁻¹ y las vibraciones de estiramiento O-H en el rango de 3000-3500 cm⁻¹. En Raman, se identificaron bandas a 144, 193 y 308 cm⁻¹ asociadas a V₂O₅, con una señal a 995 cm⁻¹ indicando la presencia de V₂O₅. También se detectaron picos a 270 cm⁻¹ y 320 cm⁻¹ correspondientes a WO₃, confirmando la presencia de ambos metales oxidados.

En cuanto a la actividad catalítica, el vanadio y el tungsteno actúan como sitios ácidos de Lewis los cuales favorecen la isomerización de xilosa a xilulosa, mientras que el etanol y los grupos xilanol del soporte del catalizador funcionan como sitios ácidos de Brønsted, promoviendo la deshidratación de xilulosa a furfural. A partir de la Figura 1, se concluye que la temperatura es el factor más influyente, ya que al aumentar de 170 °C a 200 °C mejora significativamente la conversión (96,74 %) y el rendimiento (18,50 %). La selectividad muestra variaciones menores y parece depender de la interacción entre temperatura y tiempo. Entre las condiciones evaluadas, 200 °C durante 1 hora ofreció el mejor desempeño en términos de conversión, rendimiento y selectividad.

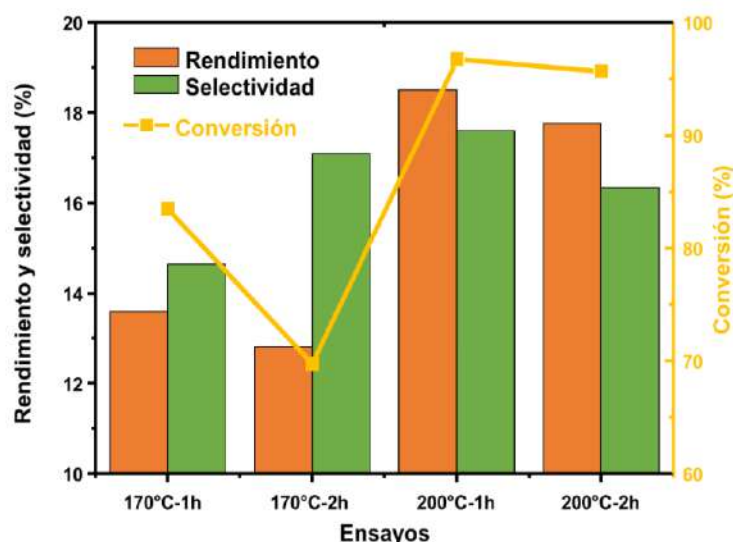


Figura 1. Evaluación del efecto de temperatura y tiempo en la obtención de furfural a partir de diseño factorial 2^2 usando como catalizador VW/SiO₂ y reactor discontinuo

Referencias

- Suárez K., Cortés W., Guerrero C. Catalytic conversion of coffee waste sugars and xylose into furfural over Fe/SiO₂ catalysts. *Processes*. 2025, 13, 1756. DOI: 10.3390/pr13061756
- Zhang Z., Wang H., Ji S., *et al.* V₂O₅-SiO₂ hybrid as anode material for aqueous rechargeable lithium batteries. *Ionics*. 2016, 22, 1593-1601. DOI: 10.1007/s11581-016-1696-z
- Peruzzolo T.M., Stival J.F., Baika L.M., *et al.* Efficient esterification reaction of palmitic acid catalyzed by WO_{3-x}/mesoporous silica. *Biofuels*. 2022, 13, 383-393. DOI:10.1080/17597269.2020.1722415

Autor de Presentación

Kevin René Suárez Suárez es licenciado en química de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas y magíster en Ciencias-Química de la Universidad Nacional de Colombia. Desde marzo de 2021, es docente del departamento de química de la Universidad el Bosque. Su investigación se enfoca en la síntesis de catalizadores sólidos implementados en la obtención de moléculas plataforma a partir de precursores como xilosa y residuos agroindustriales. Es coautor de 1 publicación y 6 trabajos presentados en diversos congresos nacionales e internacionales.

Email: krsuarez@unbosque.edu.co

Módulo computacional para evaluación de semiconductores en aplicaciones de fotocátalisis solar heterogénea a gran escala

Miguel Ángel Mueses¹, José Ángel Colina-Márquez, Fiderman Machuca-Martínez²

¹ Grupo de Investigación en Modelado y Aplicación de Procesos Avanzados de Oxidación, Fotocátalisis e Ingeniería de Foto-Reactores Solares, Departamento de Ingeniería Química, Universidad de Cartagena, Cartagena – Colombia

² Escuela de Ingeniería Química, Grupo de Investigación en Fisico-Química de Nuevos Materiales, Universidad del Valle, Cali – Colombia.

Palabras clave: LVRPA; Propiedades ópticas; Reactores fotocatalíticos; Software PHOTOREACT; TiO_2 .

Resumen

La síntesis de nuevos materiales para aplicaciones fotocatalíticas enfocadas en remediación ambiental tiene una limitación fundamental cuando se pretende evaluarlos a diferentes escalas. El 99% de los materiales desarrollados se evalúan a nivel laboratorio, con volúmenes de reacción que no superaron los 500 ml y en reactores fotocatalíticos con agitación magnética. Esta limitación es inherente a la complejidad misma de la síntesis, además al costo experimental y económico de llevar su potencial a diferentes escalas. Se hace necesario entonces buscar una alternativa tecnológica que mitigue esta limitante.

En este trabajo se presenta una herramienta computacional (PHOTOREAC) para la evaluación de materiales semiconductores en diferentes escalas y tipos de reactores fotocatalíticos asistidos con energía solar natural. Los reactores en los que se pueden implementar los semiconductores son los comercialmente disponibles en plataformas solares como Almería (España), OMTP (Cartagena), TFR y FPR (Cali), aplicados principalmente en el tratamiento de aguas o contaminantes en fase acuosa.

El software tiene la posibilidad de alimentar las propiedades ópticas del nuevo material, el valor de la banda «gap» y la superficie específica, así como el set de datos experimentales de cinética de reacción. Con ésta información se puede evaluar el desempeño y potencial aplicación en sistemas de tratamiento de aguas en una mayor escala y tamaño de reactor.

En la Figura 1 se presentan capturas de pantalla del módulo computacional.

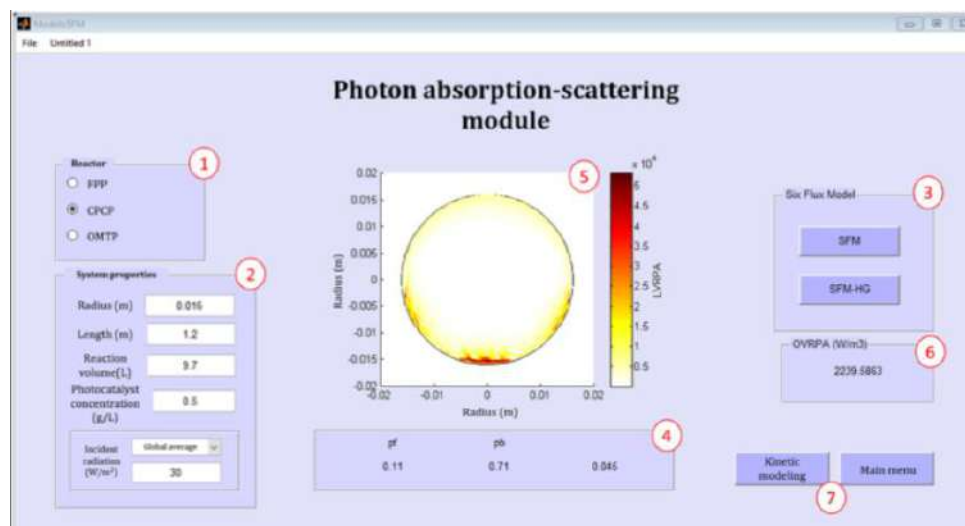


Figura 1. Captura de pantalla módulo de simulación «PHOTOREAC» para evaluación de campo radiante en reactores fotocatalíticos heterogéneos usando materiales semiconductores suspendidos.

Tomado de Wang, 2021.

Referencias

- Acosta-Herazo R.A., Cañaveral-Velásquez, B., Pérez-Giraldo K., Mueses M.A., Pinzón-Cárdenas M.H., Machuca-Martínez, F. A MATLAB-based application for modeling and simulation of solar slurry photocatalytic reactors for environmental applications, *water* 2020, 12,2196. DOI: 10.3390/w12082196
- Wang D., Mueses M.A., Colina-Márquez J., Machuca-Martínez F., Grcic I., Peralta-Muniz-Moreira R, Li Puma G. Engineering and modeling perspectives on photocatalytic reactors for water treatment. *Water Res.* 2021, 202, 117421. DOI: 10.1016/j.watres.2021.117421

Autor de Presentación

Miguel Ángel Mueses, es doctor en Ingeniería con Énfasis en Ingeniería Química de la Universidad del Valle y actualmente es profesor de tiempo completo del Departamento de Ingeniería Química de la Universidad de Cartagena. Es Editor en Jefe de la Revista de Ingeniería Ing-Nova de la misma Universidad y forma parte del Equipo editorial de Chemical Engineering Journal Advances de ELSEVIER. Posee un récord de publicaciones visibles en SCOPUS de 48 con un índice h de 19, y cuenta con más de 150 contribuciones en eventos internacionales y nacionales en su campo.

Email: mmueses@unicartagena.edu.co

Evaluación de óxidos de Cu-Co soportados en metacaolinita y dopados con Ce para la oxidación catalítica de tolueno

Juan P Anzola¹, Gina Hincapié-Triviño¹, Mauricio Velásquez¹

¹Estado Sólido y Catálisis Ambiental (ESCA). Departamento de Química, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá – Colombia.

Palabras clave: Espinela Cu-Co; metacaolinita; promotor de oxígeno, oxidación de tolueno; in situ DRIFTS-MS.

Resumen

Un conjunto de catalizadores conformados por un óxido mixto de Cu y Co soportado sobre un mineral natural colombiano modificado (metacaolinita), fueron preparados con diferente carga metálica nominal (5, 10 y 15 %p/p) en una relación molar Co:Cu de 2:1 para su evaluación en la oxidación de tolueno como molécula modelo de compuestos orgánicos volátiles (COVs). Estos catalizadores también fueron dopados con 0,5 %p/p de cerio respecto a la carga metálica de cada catalizador con el fin de establecer el efecto de un promotor de oxígeno en la reacción. Los resultados de caracterización estructural, textural y morfológica indican la formación de nanopartículas compuestas por la fase cristalina tipo espinela CuCo_2O_4 con una alta dispersión y distribución sobre el soporte micro y mesoporoso como se observa en la Figura 1.

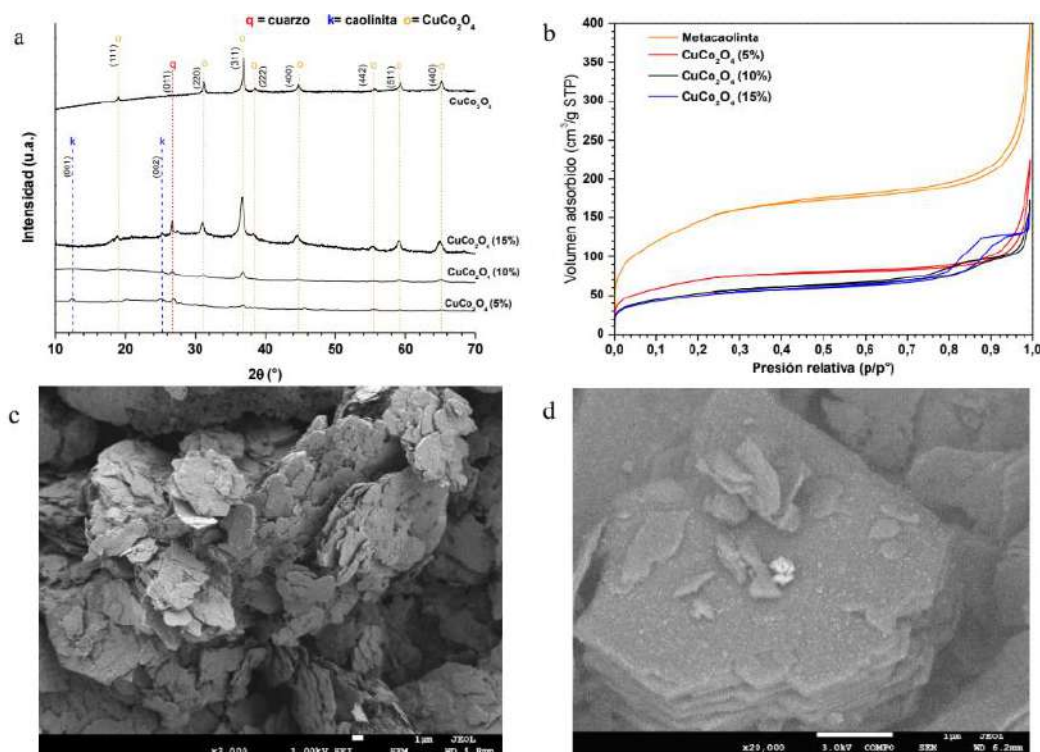


Figura 1. Caracterización del soporte y catalizadores preparados. (a) Difracción de Rayos X, (b) Isotermas de adsorción de N_2 , (c) Micrografía de la metacaolinita, (d) Micrografía del catalizador preparado (10%).

La Figura 2 muestra algunos resultados de la actividad catalítica. Se observa inicialmente que la incorporación de una carga del 10% de espinela (línea roja) muestra una disminución de la temperatura de oxidación (efecto catalítico) respecto al blanco térmico (línea naranja) y al blanco con el soporte (línea cian). Adicionalmente, se evaluaron los catalizadores monometálicos de Cu y Co con una carga del 10%. Se observa, que, aunque estos son activos, el catalizador con la espinela tiene un T_{90} y T_{50} menor, indicando un efecto cooperativo entre el Cu y el Co para la reacción de oxidación. Respecto al

efecto del promotor de Ce, se observó un efecto positivo en la catálisis, pasando de un $T_{90} = 289\text{ }^{\circ}\text{C}$ para el catalizador $\text{CuCo}_2\text{O}_4(10\%)$ a un valor de $T_{90} = 246\text{ }^{\circ}\text{C}$ para el catalizador con el promotor ($\text{CuCo}_2\text{O}_4(10\%)/\text{Ce}(0,5\%)$) (línea gris). Resultado que fue comparable al obtenido con el catalizador de espinela másico (CuCo_2O_4) (línea negra).

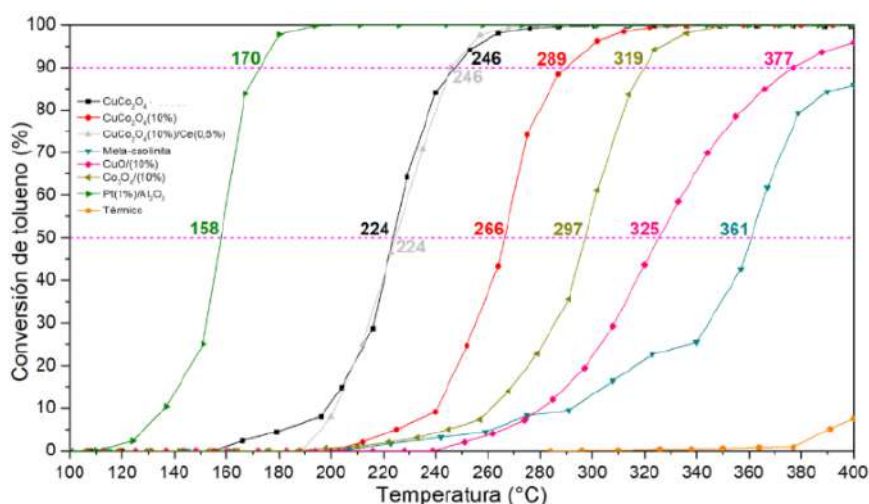


Figura 2. Curvas de conversión de tolueno para algunos de los catalizadores preparados.

Así mismo, en las pruebas de estabilidad, el catalizador dopado con cerio mostró ser estable bajo diferentes ciclos de reacción y bajo la presencia de vapor de agua como producto de la combustión durante 10 horas de reacción. Finalmente, se realizó un estudio de la reacción *in-situ* utilizando DRIFTS acoplado a MS para analizar la evolución de la reacción en función de la temperatura. Con base en estos resultados, se concluye que la actividad catalítica de este sólido dopado con baja carga metálica iguala al catalizador másico y es mejor que algunos catalizadores similares (tanto másicos como soportados) reportados en literatura, indicando el alto potencial de este material para ser incorporado en filtros catalíticos.

Referencias

- Zhong J., Zeng Y., Zhang M. et al., Toluene oxidation process and proper mechanism over Co_3O_4 nanotubes: Investigation through in-situ DRIFTS combined with PTR-TOF-MS and quasi in-situ XPS. *Chem. Eng. J.* 2020, 397. DOI: 10.1016/j.cej.2020.125375.
- Liang H., Zhao H., Ren Y., et al. Cu-doped Co_3O_4 spinel on cordierite monolithic for catalytic oxidation of VOCs. *Chem. Phys. Impact.* 2022, 5, 100115. DOI: 10.1016/J.CHPHI.2022.100115.
- Liu W., Xiang W., Chen X., et al. A novel strategy to adjust the oxygen vacancy of CuO/MnO_2 catalysts toward the catalytic oxidation of toluene. *Fuel*, 2022, 312, 122975, DOI: 10.1016/J.FUEL.2021.122975.

Autor de Presentación

Mauricio Velásquez es doctor en Ciencias Químicas de la Universidad de Antioquia y doctor en Química de la Universidad de Poitiers (Francia). Actualmente es profesor asociado en el departamento de química de la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá.

Email: lmvelasquezma@unal.edu.co

Evaluación de óxidos mixtos de Ni-Co en monolitos de FeCrAlloy para el reformado oxidativo de etanol (OSRE)

Sebastián Rodríguez¹, César Rodríguez¹, Sonia Moreno¹ y Rafael Molina¹

¹ Estado Sólido y Catálisis Ambiental (ESCA), Departamento de Química, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, AK 30 No. 45-03, Bogotá-Colombia.

Palabras clave: monolitos metálicos de FeCrAlloy, óxidos mixtos Ni-Co, OSRE.

Resumen

El reformado de etanol con vapor oxidativo (OSRE) es una ruta catalítica prometedora para la producción sostenible de hidrógeno a temperaturas moderadas. Catalizadores basados en óxidos mixtos (OM) de Ni y Co, derivados de precursores tipo hidrotalcita, han registrado una alta actividad y selectividad hacia productos gaseosos. Sin embargo, la mayoría de los estudios reportados hasta la fecha han empleado catalizadores en forma de polvo dispuestos en reactores de lecho fijo. Aunque esta configuración es sencilla de implementar, presenta limitaciones operativas como la aparición de puntos calientes, dificultades para operar a altas velocidades espaciales, alteraciones en los procesos de transferencia de calor y masa, entre otras. En consecuencia, en aplicaciones industriales y en tecnologías emergentes de reactor compacto, es común el uso de materiales estructurados con dimensiones superiores al milímetro, lo que hace necesaria la evaluación de estrategias de escalado que permitan transitar desde sistemas en polvo hacia configuraciones estructuradas, sin alterar el rendimiento catalítico en términos de conversión, selectividad y estabilidad.

En este sentido, los monolitos metálicos de FeCrAlloy se han propuesto como soportes estructurados debido a su alta conductividad térmica, buena resistencia mecánica y capacidad para mejorar la transferencia de calor y masa, facilitando así su integración en sistemas compactos. No obstante, una limitación frecuentemente reportada al estructurar catalizadores es la pérdida parcial de actividad catalítica, atribuida a la posible disminución de la accesibilidad de los sitios activos o a la dilución de la fase activa durante el proceso de recubrimiento.

En dicho contexto, este trabajo presenta un estudio comparativo, bajo condiciones representativas del proceso OSRE a 400 °C, en el desempeño catalítico de óxidos mixtos de Ni-Co entre el sistema en polvo frente a su forma estructurada utilizando un soporte metálico (FeCrAlloy). Para ello, se evaluaron cuatro sistemas: (i) un blanco térmico (sin catalizador ni monolito), (ii) el monolito sin recubrimiento, denominado FeCrAlloy, (iii) el monolito recubierto con óxidos mixtos de Ni-Co, denominado FeCrAlloy-OM(NiCo), y (iv) el catalizador en polvo, denominado Polvo-OM(NiCo).

Como se ilustra en la Figura 1, el catalizador en polvo presentó la mayor conversión de etanol (99,7%) y una alta selectividad hacia H₂ (59,0%), lo que confirma su alta actividad intrínseca. Al ser soportado en el monolito de FeCrAlloy, el sistema mantuvo una actividad significativa, aunque levemente inferior a la del polvo, atribuida principalmente a efectos de difusión interna. Esto sugiere que el proceso de estructuración no afecta de forma crítica la actividad del catalizador. Por otro lado, el monolito sin recubrimiento registró una conversión moderada (60,7%), cercana a la del blanco térmico (57,6%), indicando que el reactor y el material del soporte pueden generar cierta conversión térmica. Sin embargo, la baja selectividad hacia productos deseados (particularmente H₂ con 8,5 y 0,0% respectivamente) y la predominancia de acetaldehído (26,6–26,8% respectivamente) como producto principal, sugieren que la participación del soporte metálico es marginal en el proceso catalítico.

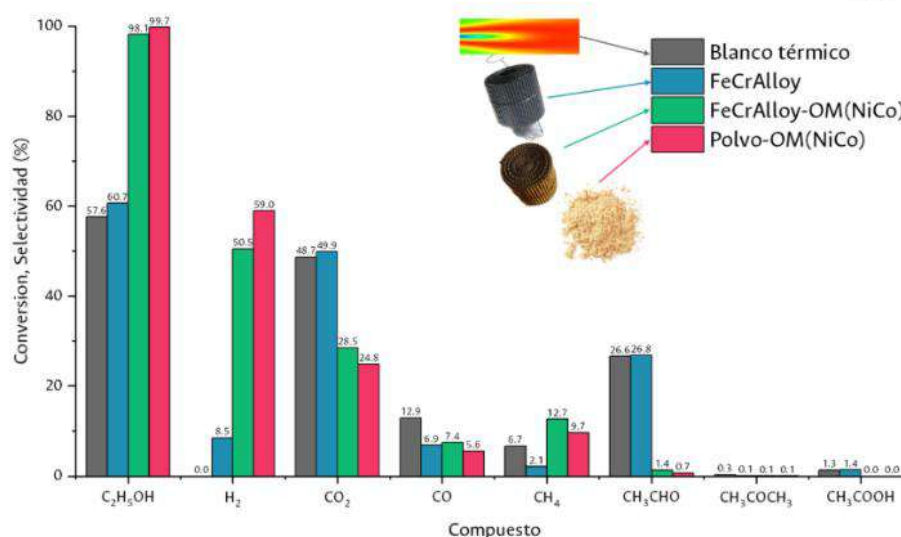


Figura 1. Conversión de etanol (C₂H₅OH) y selectividad a hidrógeno (H₂), dióxido de carbono (CO₂), monóxido de carbono (CO), metano (CH₄), acetaldehído (CH₃CHO), acetona (CH₃COCH₃) y ácido acético (CH₃COOH) a 400 °C.

Los resultados en su conjunto, validan la viabilidad del sistema Ni-Co/FeCrAlloy estructurado como catalizador para el reformado de etanol. Su desempeño favorable, incluso en condiciones estructuradas, indica su potencial para continuar estudios que permitan su implementación en reactores compactos y eficientes, manteniendo una buena actividad catalítica a temperaturas relativamente bajas de 400 °C.

Referencias

- Rodríguez C., Moreno S., Molina R. Operando DRIFT-MS study of oxidative steam reforming of ethanol (OSRE) on Ni-Co mixed oxides under non-equilibrium conditions. *Chem. Eng. J.* 2024, 480, 148243. DOI:10.1016/j.fuel.2021.122975
- Rodríguez C., Moreno S., Molina R. Decoding the Role of Metal-Oxide Interactions in Hydrogen Optimization through Oxidative Steam Reforming of Ethanol (OSRE). *Adv. Sustainable Syst.* 2025, 9, e01067. DOI: 10.1002/adsu.202401067
- Escalante Y., Galetti A., Gómez M., *et al.* Hydrogen production by ethanol steam reforming: A study of Co-and Ce-based catalysts over FeCrAlloy monoliths. *Int. J. Hydrogen Energy.* 2024, 45(41), 20956-20969. DOI: 10.1016/j.ijhydene.2020.05.188

Autor de Presentación

Sebastián Rodríguez Aguilera es Químico de la Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales (UDCA). Candidato a Magister en ciencias químicas de la Universidad Nacional de Colombia desde junio de 2023, es investigador en el grupo de Estado Sólido y Catálisis Ambiental (ESCA). Su investigación se enfoca en la generación de hidrógeno en procesos de reformado con vapor oxidativo a partir de etanol.

Email: srodriguezag@unal.edu.co

Relación Estructura-Rendimiento en Zeolitas H-ZSM-5 Dopadas con Cerio para la Síntesis de Bioetileno

Eliana Quiroga¹, Sara Villalba², Juan Gonzalez², Martha Cobo¹, Bernay Cifuentes²

¹ Grupo de Investigación en Energía, Materiales y Medio Ambiente, Facultad de Ingeniería, Universidad de La Sabana, Bogotá-Colombia.

² Facultad de Ingeniería, Ingeniería Química, Universidad de La Salle, Bogotá-Colombia.

Palabras clave: Biorrefinería, Intercambio iónico; Modificación de zeolitas; Olefinas ligeras

Resumen

La deshidratación catalítica de etanol con zeolitas H-ZSM-5 es una opción atractiva para la producción de bioetileno en la agroindustria latinoamericana. Aunque son activas por su acidez y estructura, su estabilidad es limitada. Estudios previos indican que la incorporación de Ce mejora su estabilidad, pero la Ce tiene un alto costo y sus mecanismos no están claros. Este estudio evalúa cómo las condiciones de síntesis de H-ZSM-5 modificada con Ce afectan la relación entre estructura y rendimiento catalítico, para optimizar el contenido de Ce en el catalizador.

La zeolita H-ZSM-5 (Si/Al=26, Z-26) se dopó con Ce mediante intercambio iónico, variando la temperatura de síntesis de 25 °C (Ce-Z26@25) y 80 °C (Ce-Z26@80). La deshidratación de bioetanol (96 %) se llevó a cabo en un reactor de lecho fijo, operando con un GHSV de 30.2 h⁻¹. Los productos obtenidos se analizaron mediante CG y los catalizadores se caracterizaron por XRD, BET, isothermas de adsorción y TGA.

La Figura 1 muestra la conversión y selectividad a etileno. En particular, Z-26 y Ce-Z26@25 logran una conversión superior al 98 % a 300 °C (Figura 1a), mientras que la actividad de Ce-Z26@80 cae significativamente. Asimismo, la Figura 1b muestra que la incorporación de Ce impacta la selectividad, disminuyéndola de forma drástica en la muestra Ce-Z26@80. Este comportamiento podría atribuirse a la modificación de los sitios ácidos causada por la incorporación de Ce. La Figura 2 presenta los patrones XRD de las zeolitas, se observa que la inclusión de Ce reduce la cristalinidad, especialmente en Ce-Z26@80, donde se evidencian picos más intensos de CeO₂. El área BET disminuye en el orden Z-26 > Ce-Z26@25 > Ce-Z26@80, en línea con estudios previos que relacionan la presencia de Ce con una menor área superficial y la cristalinidad. El análisis de isothermas de adsorción mostró homogeneidad de poro, mientras que el TGA descartó depósitos en las muestras. Esto sugiere que temperaturas de síntesis más altas favorecen la incorporación de Ce, permitiendo ajustar el dopaje controlando las condiciones de síntesis. No obstante, un exceso de Ce reduce la selectividad, por lo que debe optimizarse.

Actualmente, se están evaluando las muestras mediante ICP-MS, NH₃-TPD, Raman y TEM para identificar otros cambios estructurales asociados con la inclusión de Ce. Asimismo, se planea estudiar variables de síntesis, como la concentración de Ce en la solución precursora y los tiempos de calcinación. Finalmente, se evaluará la estabilidad de los materiales durante 100 h. Este proyecto es financiado por MinCiencias (Contrato 441-223).

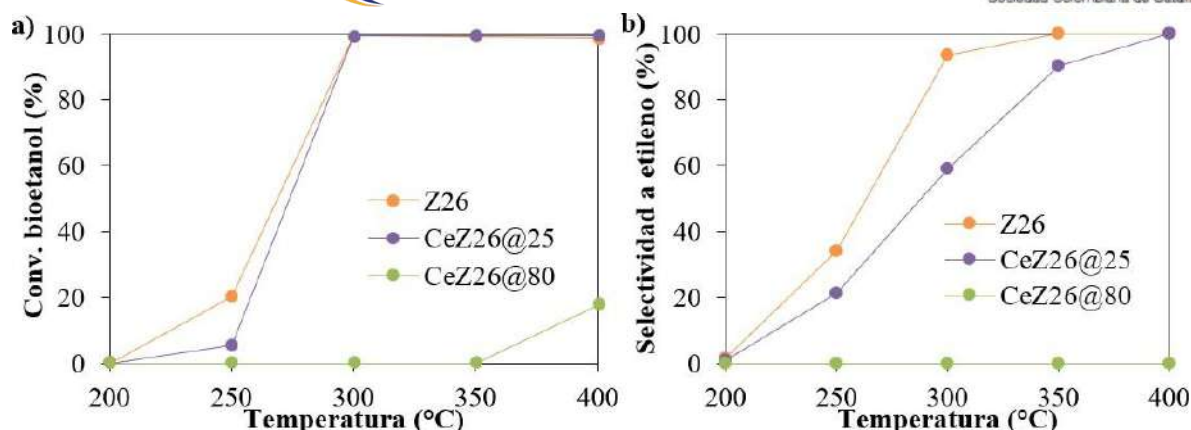


Figura 1. a) Actividad y b) selectividad a etileno en la deshidratación de bioetanol

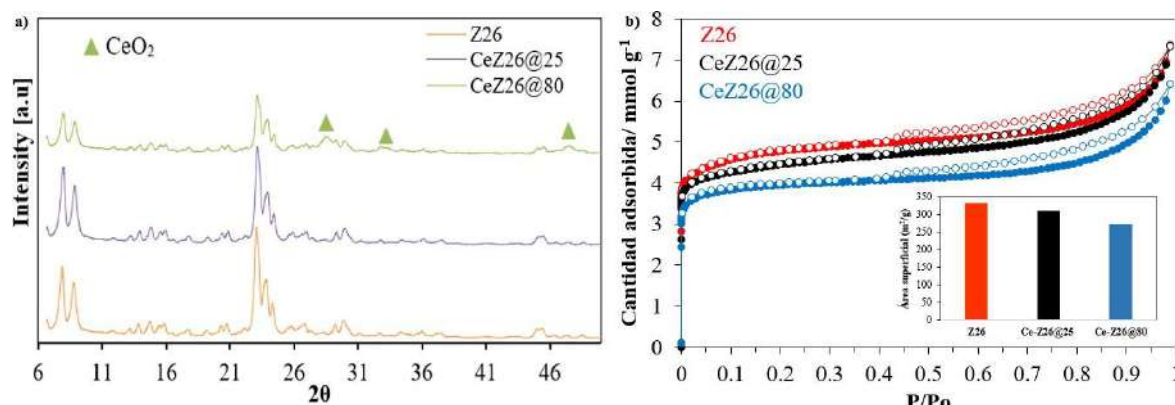


Figura 2. a) Espectros XRD y b) isothermas de adsorción de las zeolitas.

Referencias

- Vondrová P., Tišler Z., Kocík, J., *et al.* Comparison of doped ZSM-5 and ferrierite catalysts in the dehydration of bioethanol to ethylene in a flow reactor. *React. Kinet. Mech. Catal.* 2021, 132, 449-462. DOI:10.1007/s11144-021-01925-w
- Becerra J., Quiroga E., Tello E., *et al.* Kinetic modeling of polymer-grade ethylene production by diluted ethanol dehydration over H-ZSM-5 for industrial design. *J. Environ. Chem. Eng.* 2018, 6, 6165-6174. DOI:10.1016/j.jece.2018.09.035
- Quiroga E., García N., Cifuentes B., *et al.* Industrial crude bioethanol dehydration to ethylene: Doping ZSM-5 to enhance selectivity and stability. *J. Environ. Chem. Eng.* 2023, 12, 728-765. DOI:10.1016/j.jece.2023.111803

Autor de Presentación

Eliana Quiroga es Doctora en Ingeniería e Ingeniería Química por la Universidad de La Sabana y la Universidad de Alicante con mención *Summa Cum Laude*. Desde abril del 2024 es investigadora posdoctoral en el Grupo GEMA de la Universidad de La Sabana y en la Universidad de La Salle. Su investigación se enfoca en la producción de bioetileno a partir de bioetanol usando zeolitas como catalizadores. Es coautora de 7 publicaciones, y más de 8 ponencias en Congresos nacionales e internacionales. Ha sido docente cátedra en la Universidad de La Sabana.

Email: elianaquco@unisabana.edu.co

Superficies fotocatalíticas autolimpiables basadas en WO_3 y TiO_2 para la eliminación de contaminantes orgánicos y bacterias entéricas

Mónica Sirley Hernández Laverde^{1,2}

¹ Grupo de Catálisis, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (UPTC), Tunja – Colombia

² Grupo de Investigación Agroalimentaria (GIA), Escuela de Ciencias Básicas Tecnología e Ingeniería, Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD), Sogamoso – Colombia.

Palabras clave: $\text{TiO}_2\text{-F(MWA)}$; Ag/WO_3 ; $\text{Ag/TiO}_2\text{-acero inoxidable}$; recubrimiento fotocatalítico; *E. coli*

Resumen

En este trabajo se abordó la fotocatalisis heterogénea en la producción de semiconductores basados en TiO_2 , WO_3 y superficies fotocatalíticas empleando como sustrato vidrio, acero inoxidable y cerámica. En la etapa inicial, todos los materiales fotocatalíticos se probaron en polvo. Se obtuvo TiO_2 por el método hidrotermal asistido por microondas (MWA) y su modificación superficial mediante reducción fotoquímica de diferentes cargas de Ag o Au. Estos materiales se caracterizaron a profundidad mediante diferentes técnicas instrumentales, lo que permitió confirmar la obtención de nanoláminas de TiO_2 con contenido remanente de flúor, una alta exposición de la cara {001} y elevada área superficial. También se confirmó que las nanopartículas metálicas sobre $\text{TiO}_2\text{-F (MWA)}$ presentan un estado de oxidación cero, y la resonancia plasmónica superficial genera una mayor absorción de luz en la región visible. Con $\text{TiO}_2\text{-F(MWA)-Ag(0,25 \%)}$ se logró la mayor mineralización de cafeína y azul de metileno (AM) 98,9 y 94,73%, respectivamente y la eliminación total de *E. coli*, sin recrecimiento después de 48 horas de almacenamiento a temperatura ambiente del agua de río tratada. El fotocatalizador conserva su actividad incluso después de tres ciclos de reutilización.

En una etapa posterior, se inmovilizó la serie de materiales $\text{TiO}_2\text{-F(MWA)}$ sobre pellets de poliestireno (PS) y se evaluaron en la reacción de fotooxidación de etanol en fase gaseosa. Lográndose una mejora considerable en la actividad del TiO_2 tras la adición de metales nobles. La mayor eficiencia se observó con el fotocatalizador $\text{TiO}_2\text{-F(MWA)-Au(0,125\%)}$ sobre PS, resultando en una conversión de etanol del 91% y una selectividad del 100% a CO_2 . También se estudió la influencia de la concentración inicial de etanol, el tiempo de contacto y el porcentaje de agua en el medio de reacción.

Como semiconductor alternativo al TiO_2 se sintetizó WO_3 por el método sol-gel e hidrotermal con fase cristalina monoclinica y se modificó con Ag. Se observó que la mayor degradación fotocatalítica de AM (99,98%) y la eliminación total de *E. coli*, sin recrecimiento después de 24 y 48 horas de tratamiento, se obtuvo con Ag/WO_3 sol-gel, este material mantiene su actividad tras cuatro ciclos consecutivos de reutilización.

Finalmente, los recubrimientos fotocatalíticos delgados a base de TiO_2 , con espesor entre 140 nm y 520 nm, sobre sustratos de interés industrial se obtuvieron por el método dip-coating. Los resultados de caracterización revelaron que propiedades como una mayor área de porosidad, mayor número de capas, la composición química de la superficie y la absorción en la región visible del espectro electromagnético del recubrimiento promueven el rendimiento fotocatalítico en términos de autolimpieza y actividad antibacteriana. La superficie $\text{Ag/TiO}_2\text{-acero inoxidable}$ mostró la mayor tasa de autolimpieza, con una degradación del 99,9 % de AM y 81,17 % de mineralización, degradación de cafeína 97,10% y mineralización del 61,20%, con eliminación del 99,9 % *E. coli*. Este excelente rendimiento se relaciona con su alta resistencia al desgaste, lo que contribuye a su actividad hasta ocho reutilizaciones.

Referencias

- Puga F., Navío J. A., Jaramillo-Páez C., *et al.* Microwave-assisted sol-gel synthesis of TiO₂ in the presence of halogenhydric acids. Characterization and photocatalytic activity. *J Photochem Photobiol A Chem.* 2020, 394, 112457. DOI: 10.1016/j.jphotochem.2020.112457
- Hernández-Laverde M. *et al.*, Photocatalytic activity enhancement by noble metal deposition on faceted F-TiO₂ synthesised by microwave assisted method. A study of selective oxidation of gas-phase ethanol in a FBPR reactor. *Catal. Today.* 2024, 433, 114645. DOI: 10.1016/j.cattod.2024.114645

Autor de Presentación

Mónica Hernández Laverde finalizó el doctorado en Ciencias Química en la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia en 2025, con una calificación de 4,9 en la tesis. Realizó estancias de investigación en Universidad de Salerno - Italia y en ICMS- España. Sus investigaciones se enfocan en el área de la fotocatalisis heterogénea con experiencia en síntesis y caracterización de materiales con aplicación en remediación ambiental, desinfección y superficies autolimpiables. Es coautora de 11 publicaciones y 27 ponencias. Es docente de la Escuela de Ciencias Básicas Tecnología e Ingeniería de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia

Email: monicas.hernandez@unad.edu.co; monica.hernandez06@uptc.edu.co

Espectroscopía fotoelectrónica de rayos-X (EFR-X) con sentido químico: mitos y realidades de la superficie de las alúminas

Sergio Andrés Rincón Ortiz^{1,2}, Víctor G. Baldovino-Medrano^{1,2}

¹ Centro de Investigaciones en Catálisis (CICAT), Universidad Industrial de Santander, Piedecuesta – Colombia.

² Laboratorio Central de Ciencia de Superficies (SurfLab), Universidad Industrial de Santander, Piedecuesta – Colombia.

Palabras clave: EFR-X, alúmina, vacancias, parámetro Auger, deshidratación de metanol.

Resumen

La popularización de la espectroscopía fotoelectrónica de rayos-X (EFR-X) para el estudio de la superficie de materiales sólidos diversos ha puesto de presente la necesidad de darle sentido químico a la interpretación de los espectros generados durante este tipo de análisis. Para el caso del estudio de las propiedades de la superficie de óxidos inorgánicos se ha creado el mito de que es posible detectar vacancias y defectos superficiales a través del análisis de la señal O 1s del oxígeno; presunción que no tiene sentido químico puesto que, tal como lo discuten Wang et al., una vacancia de oxígeno corresponde a la ausencia de este elemento en la red del óxido y por tanto no emite fotoelectrones durante el ensayo. En este sentido, se hace necesario analizar los mitos y realidades de la información que puede obtenerse a través del EFR-X de óxidos inorgánicos. En este caso, nos concentramos en el análisis de la alúmina; uno de los óxidos más utilizados en procesos catalíticos y adsorción a nivel industrial. Para ello, se hizo un muestreo estadístico de seis alúminas comerciales en diferentes estados de procesamiento, a saber: tal como se recibieron; i.e., frescas, tratadas bajo atmósferas aeróbica; i.e., rostizadas, anaeróbica; i.e., calcinadas, y reductora; i.e., bajo flujo de H₂. Los anteriores tratamientos se hicieron tanto en un reactor externo como en una cámara de tratamientos térmicos instalada en el equipo. Con respecto de las propiedades de la superficie de las alúminas estudiadas se encontró lo siguiente. Primero, las muestras frescas y rostizadas mostraron una relación Al/O mayor que la estequiométrica. Además, una inspección visual de los espectros generales de las alúminas analizadas muestra que su superficie está enriquecida de oxígeno cubriendo el aluminio. Esto valida el hecho que no es posible estudiar las vacancias de oxígeno de una alúmina mediante EFR-X convencional. También, se hizo un análisis de los parámetros Auger de las muestras estudiadas y se encontró que la carga superficial de éstas es muy diversa, a pesar de corresponder al mismo material. Esto pone de manifiesto la heterogeneidad de las alúminas. La heterogeneidad de la carga de las alúminas puede deberse a que contienen flúor. De hecho, se encontró que todas ellas contienen trazas de flúor que no puede eliminarse ni siquiera con tratamientos térmicos hechos en la cámara interna del equipo; es más, los resultados de estos experimentos revelaron que existen dos especies de flúor ligadas a la alúmina. Una de estas especies estaría coordinada con las vacancias de oxígeno dado que estas corresponden a sitios Al³⁺. Finalmente, se evaluó la manera en que el metanol se adsorbe sobre la superficie de las alúminas mediante el estudio de los cambios de los picos de carbono y oxígeno. Los resultados de estos experimentos reflejan la manera en que el metanol se adsorbe sobre la superficie de la alúmina.

Referencias

- Rouxhet P.G., Genet M.J. XPS analysis of bio-organic systems. *Surf. Interface Anal.* 2011, 43, (12) 1453-1470. DOI:10.1002/sia.3831
- Wang, Z., Lin R., Huo Y., et al. Formation, detection, and function of oxygen vacancy in metal oxides for solar energy conversion. *Adv. Funct. Mater.* 2022, 32(7), 2109503. DOI:10.1002/adfm.202109503
- Wang, J., Mueller, D.N., Crumlin, E.J. Recommended strategies for quantifying oxygen vacancies with X-ray photoelectron spectroscopy. *J. Eur. Ceram. Soc.* 2024, 44(15), 116709. DOI: 10.1016/j.jeurceramsoc.2024.116709
- Tougaard, S. Improved XPS analysis by visual inspection of the survey spectrum. *Surf. Interface Anal.*, 2018, 50 (6), 657-666. DOI: 10.1002/sia.6456

Autor de Presentación

Sergio Andrés Rincón Ortiz es ingeniero químico de la Universidad Industrial de Santander y estudiante de maestría en Ingeniería Química de la UIS, actualmente en el último semestre. Desde hace 12 años forma parte del Centro de Investigaciones en Catálisis, donde ha participado en proyectos relacionados con el diseño, síntesis y caracterización de materiales catalíticos. Posee más de 6 años de experiencia en espectroscopía fotoelectrónica de rayos X (XPS) desarrollada en el SurfLab UIS, donde se ha aplicado esta técnica al análisis superficial de diversos materiales. Ha contribuido como autor y coautor de varios artículos científicos publicados en revistas indexadas, consolidando una trayectoria enfocada en la investigación aplicada y la innovación tecnológica.

Email: sarincon@uis.edu.com, vicbaldo@uis.edu.co

Mejora de la estabilidad de catalizadores Cu-Ni mediante la modificación de la carga metálica en la hidrogenación en fase vapor del ácido levulínico

Santiago Yara¹, Eliana Quiroga¹, Bernay Cifuentes², Martha Cobo¹

¹ Grupo de Energía, Materiales y Ambiente, Facultad de Ingeniería, Universidad de La Sabana, Bogotá, Colombia.

² Facultad de Ingeniería, Ingeniería Química, Universidad de La Salle, Bogotá, Colombia.

Palabras clave: Catalizadores bimetálicos Cu-Ni; Productos derivados de biomasa; Interacción metal-soporte.

Resumen

La hidrogenación del ácido levulínico (AL) a γ -valerolactona (GVL) representa una ruta prometedora para la valorización de biomasa lignocelulósica. Trabajos previos ^{1,2} señalaron que el aumento del contenido de Cu en catalizadores Cu/SiO₂ durante la hidrogenación de AL a 275 °C provocó aglomeración y pérdida de sitios activos, lo que condujo a su desactivación. Este estudio busca superar estas limitaciones mediante la optimización del contenido total de metales (Cu+Ni) para reducir la sinterización y preservar los sitios activos.

Los catalizadores se prepararon mediante impregnación húmeda incipiente, utilizando precursores de Cu y Ni (en una proporción en peso 3:7), con SiO₂ como soporte y ácido cítrico (AC) como agente quelante. La hidrogenación en fase vapor del AL se llevó a cabo en un reactor de lecho fijo, con una velocidad espacial por hora (WHSV) de 9.34 h⁻¹. Se alimentó una solución de AL:IPA en proporción molar 1:7, empleando H₂ como portador y donador de hidrógeno, a una temperatura de 200 °C. Los productos se analizaron mediante cromatografía de gases y la caracterización del catalizador incluyó TPD-NH₃, BET, TPR, and TGA.

El desempeño catalítico varió según la carga metálica (Figura 1a). Las cargas altas (20–16 %) mostraron inicialmente una mayor conversión de AL, pero se desactivaron rápidamente, perdiendo entre un 16 % y 23 % de actividad en 6 h debido a la sinterización. De manera similar, las cargas del 4 % perdieron un 25 % de actividad por la insuficiencia de sitios activos ^{1,2}. Una carga óptima del 12 % mostró una conversión estable de AL (~40 %) durante las primeras 6 h, logrando un equilibrio entre la dispersión metálica y la prevención de la sinterización ². Las pruebas de estabilidad (Figura 1b) confirmaron que la carga del 12 % (Cu+Ni) mantuvo su actividad durante 25 h de operación continua, demostrando su potencial para aplicaciones a largo plazo en la hidrogenación de AL. Estos resultados destacan cómo la optimización de la carga metálica permite lograr un equilibrio entre estabilidad y eficiencia.

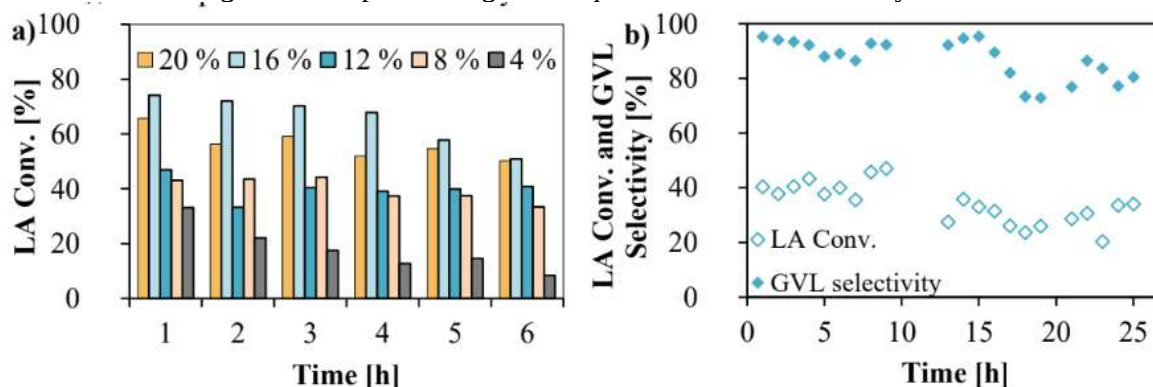


Figura 1. (a) Hidrogenación de AL en fase vapor sobre catalizador Cu-Ni/SiO_{2-CA} con diferentes cargas metálicas (Cu+Ni) y **(b)** estabilidad del catalizador de 12 % (Cu-Ni)/SiO_{2-CA} a 200 °C, H₂=60 mL min⁻¹, LA:IPA = 1:7; WHSV = 9.4 h⁻¹.

Adicionalmente, los análisis de acidez (Tabla 1) mostraron que el catalizador con 12 % de carga metálica presenta una menor cantidad de sitios ácidos débiles en comparación con el de 20 %, mientras que los niveles de acidez moderada y fuerte son similares. Esto sugiere que la mayor acidez total del catalizador con 20 % de metales podría estar relacionada con una mayor proporción de sitios ácidos de tipo Lewis asociados al níquel o con una mayor exposición de iones metálicos en la superficie ³. Esta diferencia en la distribución de sitios ácidos podría contribuir también a los distintos comportamientos observados en la estabilidad catalítica.

Tabla 1. Acidez de los catalizadores medidos a partir de TPD-NH₃.

Catalizador	Débil		Moderado		Fuerte		Total acid amount (mmol/g _{cat})	Total acid amount (μmol/g _{cat})
	T (°C)	NH ₃ mmol/g _{cat}	T (°C)	NH ₃ mmol/g _{cat}	T (°C)	NH ₃ mmol/g _{cat}		
12%(Cu-Ni)/SiO ₂	123	0,04	226	0,13	699	0,04	0,21	206,8
20%(Cu-Ni)/SiO ₂	129	0,12	232	0,15	714	0,03	0,30	298,9

Referencias

- Boddula, R., Shanmugam, P., Srivatsava, R., *et al.* Catalytic Valorisation of Biomass-Derived Levulinic Acid to Biofuel Additive γ -Valerolactone: Influence of Copper Loading on Silica Support. *Reactions*. 2023, 4(3), 465–77. DOI: 10.3390/reactions4030028
- Xiang, H., Liang, B., Zhang, Y., *et al.* Fabricating hollow silica microsphere-supported bimetallic nickel-copper catalyst to promote the vapor phase hydrogenation of levulinic acid to γ -valerolactone. *Colloids Surface A*. 2025, 705, 135559. DOI:10.1016/j.colsurfa.2024.135559
- Maharani, N., Rahmawati, N., Aziz, I., *et al.* Catalytic Performance of Cu-Ni supported on Rice Husk Ash-derived SiO₂ for the Hydrogenation of Ethylene Carbonate to Ethylene Glycol. *Bull. Chem. React. Eng. Catal.* 2025, 20(1), 89–98. DOI: 10.9767/bcrec.20336

Autor de Presentación

Santiago Yara Tovar es ingeniero químico y estudiante de maestría en Diseño y Gestión de Procesos con énfasis en Procesos Químicos en la Universidad de La Sabana. Actualmente forma parte del Grupo de Energía, Materiales y Ambiente, donde desarrolla su trabajo de grado enfocado en el diseño de catalizadores bimetalicos Cu-Ni para la hidrogenación en fase vapor de ácido levulínico a γ -valerolactona. Es coautor de una publicación científica en esta línea de investigación.

Email: santiagoyato@unisabana.edu.co

Evaluación de óxidos mixtos derivados de hidrotalcitas como catalizadores para la producción de 1-butanol

Juan Pablo Quevedo Hernandez^{1,2}, Johan Fabian Galindo¹, Gina Hincapié-Triviño²

¹ Química Cuántica y Computacional (QCC). Departamento de Química, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá – Colombia.

² Estado Sólido y Catálisis Ambiental (ESCA). Departamento de Química, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá-Colombia.

Palabras clave: Óxidos mixtos, Hidrotalcitas, Etanol, 1-butanol, Reacción de Guerbet

Resumen

La relevancia industrial del *n*-butanol (o 1-butanol) radica en su uso como precursor de diversos productos químicos cotidianos, incluidos plastificantes, polímeros y solventes. Actualmente, su producción se basa mayoritariamente en la hidroformilación de propileno (proceso OXO); sin embargo, un proceso alternativo que ha demostrado ser viable y ambientalmente más amigable es la reacción de Guerbet, convirtiendo etanol en butanol mediante la deshidrogenación y posterior condensación de etanol.

En esta investigación se evaluó el uso de óxidos mixtos de Cu (Co)-Mg/Al derivados de hidrotalcitas (HT) como catalizadores en la reacción de Guerbet. Las hidrotalcitas fueron sintetizadas por el método de coprecipitación manteniendo una relación molar M^{2+}/Al^{3+} de 3/1. En algunos sólidos se realizó la sustitución isomórfica de Mg^{2+} por Cu^{2+} o Co^{2+} a una proporción de 10 wt%. Los óxidos mixtos (OM) fueron obtenidos a partir de la calcinación de las hidrotalcitas. Los difractogramas de las hidrotalcitas sintetizadas (Figura 1A.1) muestran el patrón de difracción característico de estos materiales; además, la morfología laminar propia de las hidrotalcitas fue verificada mediante microscopía electrónica de barrido (SEM) (Figura 1B), confirmando también la correcta formación de los sólidos deseados.

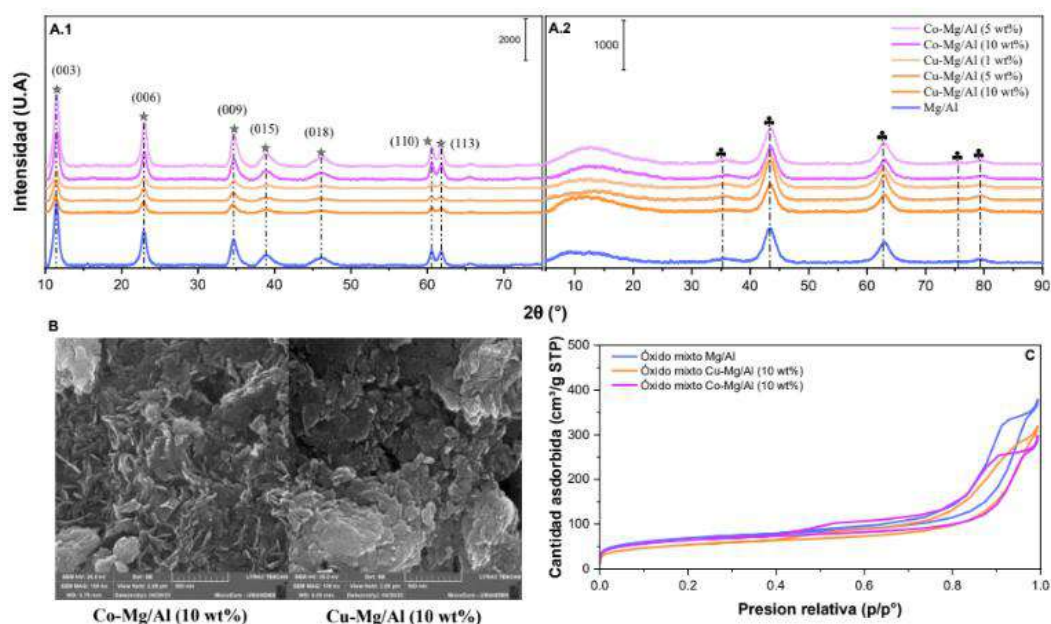


Figura 1. (A.1.) Patrones de difracción de las HT sintetizadas, ☆ corresponde al patrón de difracción reportado ICSD 98-008-1963. **(A.2.)** Patrones de difracción de los OM obtenidos, ♣ corresponde al patrón de difracción reportado para la fase periclase ICSD 00-045-0946. **(C)** Micrografía SEM de dos de las HT. **(D.)** Isotermas de adsorción de N₂ para algunos de los OM sintetizados

Adicionalmente, al evaluar el patrón de difracción de rayos X de los óxidos mixtos (Figura 1A.2) se observan picos correspondientes a la fase periclase con una baja cristalinidad indicando la correcta inserción de los metales de transición, llevando a que no se observen fases segregadas de óxidos de

cobre, cobalto o aluminio, indicando una alta homogeneidad del óxido mixto. Para los óxidos mixtos se obtuvieron isothermas Tipo IV con histéresis del tipo H3, confirmado así una estructura mesoporosa propia de estos sólidos. El área superficial específica del óxido mixto de Mg/Al es 228 m²/g, mientras que para el Cu-Mg/Al (10%) y el Co-Mg/Al (10%) es de 184 y 215 m²/g, respectivamente.

La actividad catalítica de los óxidos mixtos para la producción de butanol a partir de etanol fue evaluada empleando un reactor tipo batch marca Parr® operando a alta presión. La reacción se llevó a cabo durante 8 horas, a una temperatura de 300 °C. La conversión y selectividad que se muestran en la Figura 2 deja en evidencia que el catalizador con mayor rendimiento hacia butanol es el óxido mixto de Cu-Mg/Al con una proporción de cobre del 10 wt%, con una selectividad del 11,4% y una conversión de 81,1%. Lo anterior se explica debido a que la inserción del cobre mejora el comportamiento ácido-básico permitiendo que procesos como la condensación y la deshidratación se favorezcan sobre la superficie del catalizador. Adicionalmente, la capacidad deshidrogenante del cobre favorece la formación del acetaldehído, siendo este el paso determinante de la reacción.

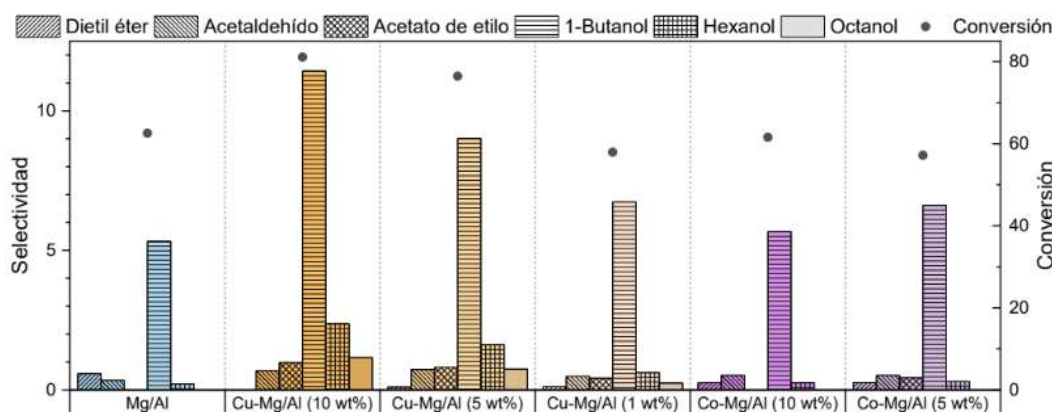


Figura 2. Evaluación de la actividad catalítica de los óxidos mixtos sintetizados. Temperatura: 300 °C, presión: autógena, tiempo: 8 horas, cantidad de catalizador 3,3% respecto al peso del etanol suministrado.

Referencias

- Quevedo-Hernandez J.P., Rubio-Rueda J.A., Mónica B.L., *et al.* Mg/Al and Cu-Mg/Al mixed oxides derived from hydrotalcites as catalysts to produce 1-butanol from ethanol. *Mol. Catal.* 2024, 569, 114528. DOI: 10.1016/j.mcat.2024.114528
- Quesada J., Faba L., Díaz E., Ordóñez S., Copper-Basic Sites Synergic Effect on the Ethanol Dehydrogenation and Condensation Reactions. *ChemCatChem*, 2018, 16, 3583-3592. DOI: 10.1002/cctc.201800517
- Mück J., Kocík J., Hálek M., *et al.* Transition metals promoting Mg-Al mixed oxides for conversion of ethanol to butanol and other valuable products: Reaction pathways. *App. Catal. A-Gen.* 2021, 626, 118380, DOI: 10.1016/j.apcata.2021.118380

Autor de Presentación

Juan Pablo Quevedo Hernandez, es estudiante de Maestría en Ciencias – Química, durante su pregrado trabajó química computacional aplicada a la catálisis heterogénea. Actualmente, desarrolla su investigación en el área de la catálisis experimental y computacional, enfocado en la transformación de etanol a butanol mediante el proceso Guerbet.

Email: jpquevedoh@unal.edu.co

Fotodegradación de microplásticos de tereftalato de polietileno (PET) empleando fotocatalizadores basados en TiO_2 soportado en óxidos de grafeno

Paula Escobar Rojas¹, Miguel Ángel Mueses², Alfonso Ramírez¹, Cristian D. Miranda¹

¹ Grupo de Investigación Catálisis, Departamento de Química, Universidad del Cauca, Popayán – Colombia.

² Grupo de Investigación MAOx, Departamento de Ingeniería Química, Universidad de Cartagena, Cartagena – Colombia.

Palabras clave: Fotodegradación, Fotocatálisis, TiO_2/OG , microplásticos, PET.

Resumen

En este trabajo se evaluó la eficiencia de fotodegradación de microplásticos (MPs) de tereftalato de polietileno (PET) en medio acuoso, utilizando materiales híbridos de dióxido de titanio soportados sobre óxido de grafeno (TiO_2/GO) y óxido de grafeno reducido (TiO_2/GOr) como fotocatalizadores bajo irradiación UV-A y UV-B.

Los materiales fueron sintetizados mediante dispersión asistida por ultrasonido en etanol, seguida de un tratamiento térmico de reducción, y caracterizados estructural y morfológicamente por espectroscopía FTIR, UV-Vis y microscopía electrónica de barrido (SEM). El efecto del pH y la relación masa MP:CAT sobre la eficiencia de degradación fue evaluado mediante un diseño factorial 2², identificando condiciones óptimas a pH 3 y una relación 1:1.5. En dichas condiciones, se alcanzaron los porcentajes de degradación descritos en la Tabla 1.

Tabla 1. Porcentaje de degradación de MP de PET

Catalizador	Degradación (%)
TiO_2	37,2
TiO_2/OG	42,9
TiO_2/GOr	61,3

El análisis cromatográfico (CG/MS) de los productos reveló la formación de ácido tereftálico, ácidos dicarboxílicos y compuestos oxigenados, lo cual sugiere la ocurrencia de mecanismos de fragmentación oxidativa de las cadenas poliméricas, Figura 1. Estos resultados evidencian el potencial de los materiales híbridos TiO_2/GO y TiO_2/rGO como fotocatalizadores eficientes y sostenibles para la remediación de contaminantes emergentes como los microplásticos.

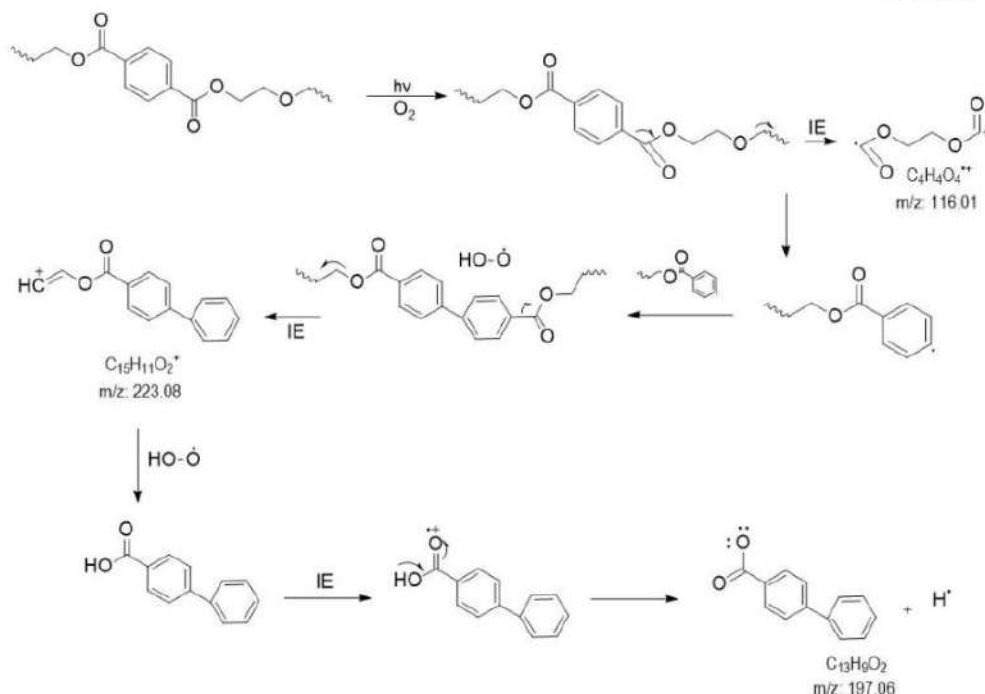


Figura 1. Mecanismo propuesto de la fotodegradación

Referencias

- Almond J., Sugumaar P., Wenzel M.N., *et al.* Determination of the carbonyl index of polyethylene and polypropylene using specified area under band methodology with ATR-FTIR spectroscopy. *e-Polymer*. 2020, 20(1), 369-381. DOI: 10.1515/epoly-2020-0041
- Fadli M.H., Ibadurrohman M., Slamet S. Microplastic pollutant degradation in water using modified TiO_2 photocatalyst under UV-irradiation. *IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng.* 2021, 1011, 012055 DOI: 10.1088/1757-899X/1011/1/012055
- Sang T., Wallis C. J., Hill G., Britovsek G. J. Polyethylene terephthalate degradation under natural and accelerated weathering conditions. *European polymer journal*. 2020, 136, 109873.

Autor de Presentación

Cristian D. Miranda tiene formación en catálisis heterogénea y experiencia en docencia universitaria. Su labor investigativa se orienta al desarrollo de catalizadores sostenibles aplicados a procesos de remediación ambiental y valorización de residuos, con énfasis en la degradación de microplásticos y la obtención de productos de valor agregado a partir de biomasa lignocelulósica. Ha dirigido trabajos de pregrado en química y ha participado en proyectos relacionados con química verde, fotocatalisis y aprovechamiento de residuos. Actualmente, explora el uso de herramientas de inteligencia artificial para predecir el comportamiento catalítico de nuevos materiales.

Email: cdmiranda@unicauca.edu.co

Control estereoselectivo de atropisómeros C(sp²)–C(sp³) conformacionalmente estables mediante organocatálisis

Antoine Domain¹, Guishun Bai², Juan-Carlos Castillo³, Hassane Moussa Abdraman¹, Stéphane Humbel¹, Michel Giorgi¹, Jean-Valère Naubron¹, Sara Chentouf¹, Jean Rodriguez¹, Xioaze Bao², Damien Bonne¹

¹ Aix Marseille Université, Marseille – Francia.

² Zhejiang University of Technology, Hangzhou – República Popular de China.

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

Palabras clave: Organocatálisis; Estereoselectividad; Atropisomería; Dihidrobenzofuranos

Resumen

Las metodologías para la síntesis enantioselectiva de atropisómeros con enlaces C(sp²)–C(sp³) siguen siendo escasas, ya que lograr simultáneamente alta enantioselectividad y escalabilidad continúa siendo un desafío global. En este contexto, se desarrolló una secuencia sintética en dos etapas para la obtención de una rara familia de atropisómeros **5**, caracterizados por la presencia de un enlace C(sp²)–C(sp³) y dos centros estereogénicos (Figura 1). En la primera etapa, se efectuó la síntesis enantioselectiva de *trans*-dihidrobenzofuranos **3a–h** mediante una reacción dominó tipo Michael/O-ciclación entre 2-naftoles **1a,b** y cloronitroalquenos **2a–g**, empleando un organocatalizador de tipo escuaramida (10 mol%) en cloroformo, bajo agitación a –10 °C durante 48 h. En la segunda etapa, se efectuó una adición de Michael con diversos aceptores de Michael **4a–d**, lo que permitió la obtención de los atropisómeros **5a–m** en buenos rendimientos (28–92%), con excelente diastereoselectividad hacia la formación del diastereómero anticlinal (*ac*) frente al synclinal (*sc*) (*rd* >20:1 para *ac:sc*) y una alta enantioselectividad (*ee* = 94–99%). La extensión del protocolo a *N*-halosuccinimidas **4e** y **4f**, así como al 4-nitrobenzaldehído **4g**, permitió conservar una elevada enantioselectividad (*ee* = 92–97%), aunque con una disminución en la diastereoselectividad (*rd* = 1.7:1 hasta 8:1 para *ac:sc*).

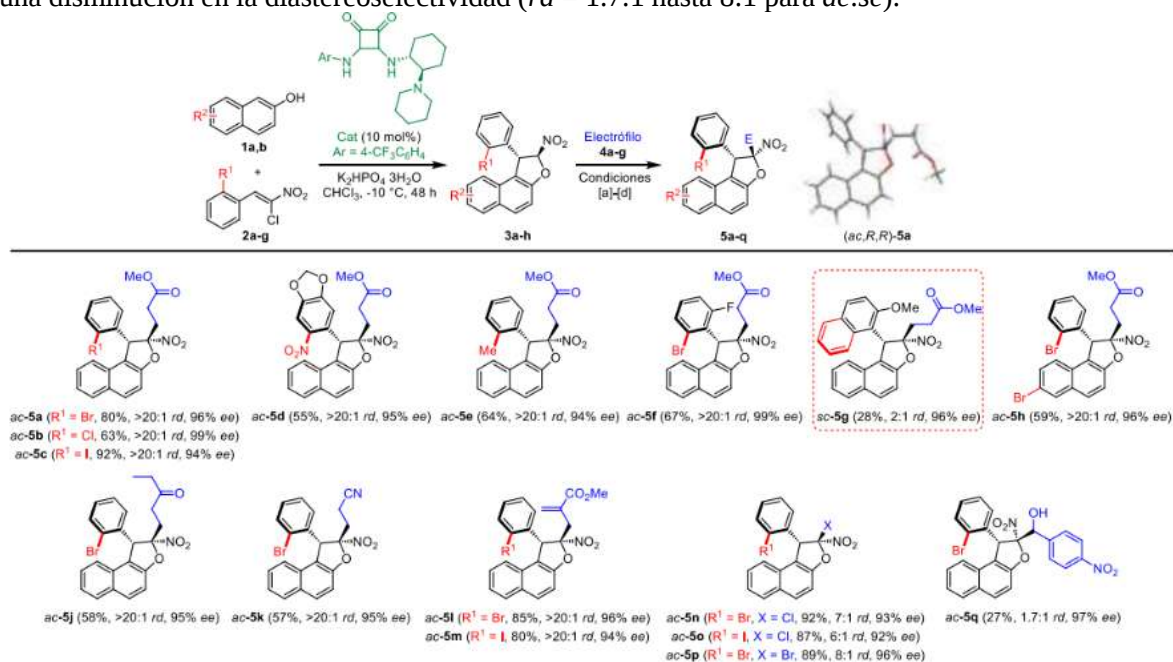


Figura 1. Estrategia enantioselectiva en dos etapas para la obtención de los atropisómeros **5**. Condiciones de reacción para la segunda etapa: [a] **4a**, **4b** o **4c** (3.0 equiv), Bu₄NOH (0.2 equiv), THF/*t*BuOH 3:1, 0 °C, 2 h. [b] **4d** (1.5 equiv), K₂CO₃ (1.5 equiv), acetona, 23 °C, 12 h. [c] **4e** o **4f** (1.5 equiv), K₂CO₃ (1.5 equiv), EtOAc, 23 °C, 16 h. [d] **4g** (2.0 equiv), Bu₄NOH (0.2 equiv), THF/*t*BuOH 3:1, 0 °C, 2 h. Los rendimientos reportados corresponden a la segunda etapa.

Finalmente, se evaluaron las propiedades quiroópticas del atropisómero (*ac,R,R*)-**5a** mediante espectroscopía de dicroísmo circular electrónico (ECD) y vibracional (VCD), cuyos resultados se compararon con los cálculos teóricos correspondientes (Figura 2). El espectro de VCD medido (en verde) mostró una alta concordancia con el espectro calculado (en azul), lo que evidencia una correlación satisfactoria entre los datos experimentales y teóricos (Figura 2, izquierda). La mayoría de las bandas vibracionales calculadas coincidieron con las observadas experimentalmente, excepto dos bandas localizadas alrededor de 1570 cm^{-1} y 1200 cm^{-1} , que no fueron modeladas con precisión. En el caso del ECD, los espectros calculados para las conformaciones predominantes de la molécula resultaron prácticamente idénticos entre sí (Figura 2, derecha). En conclusión, la integración de los datos experimentales de VCD y ECD con los cálculos de modelado molecular (DFT y TD-DFT) permitió confirmar de manera inequívoca la configuración absoluta del atropisómero (*ac,R,R*)-**5a**, corroborando la asignación previamente establecida mediante el análisis de difracción de rayos-X de monocristal (Figura 1).

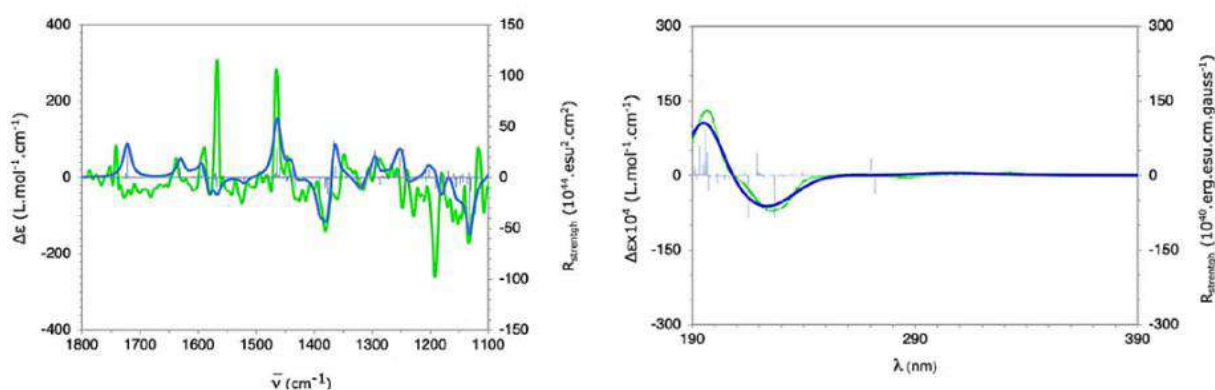


Figura 2. Espectros de VCD (izquierda) y ECD (derecha) medidos (en verde) para (*ac,R,R*)-**5a** en acetonitrilo (ACN) y calculados (en azul) mediante TD(60)-SMD(ACN)/CAM-B3LYP/6-31++G(d,p)//SMD(ACN)/B3LYP/TZVP.

Referencias

- Arce-Ramos L., Castillo J.-C., Becerra D. Synthesis and biological studies of benzo[*b*]furan derivatives: A review from 2011 to 2022. *Pharmaceuticals* 2023, 16, 1265. DOI: 10.3390/ph16091265
- Domain A., Bai G., Castillo J.-C., *et al.* Stereocontrol in conformationally stable C(sp²)-C(sp³) atropisomers. *Angew. Chem. Int. Ed.* 2025, e202506810. DOI: 10.1002/ange.202506810

Autor de Presentación

Juan Carlos Castillo Millán (*h*-index = 22) es Tecnólogo Químico (2003), Químico (2008) y Doctor en Ciencias Químicas (2013) en la Universidad del Valle. Entre 2013 y 2017 se desempeñó como investigador postdoctoral en el Institut des Sciences Moléculaires de Marseille (Francia) y en la Universidad de los Andes (Bogotá D.C., Colombia). Desde 2018 es profesor en la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. En 2023 recibió el premio internacional Thieme Chemistry Journals.

Email: juan.castillo06@uptc.edu.co

**XIV SIMPOSIO
COLOMBIANO
DE CATÁLISIS**



Pasto 2025
Hacia un futuro
sostenible



PRESENTACIÓN PÓSTER

Modification of a Bentonite with Co-Ni for the Catalytic Hydrogenation of Citral

Carlos Arciniegas¹, Gwendoline Lafaye², Catherine Especel², Paulo Cabrera¹, Luis-Alejandro Galeano¹

¹ Research Group on Functional Materials and Catalysis, University of Nariño, Pasto – Colombia.

² Institut de chimie des Milieux et Matériaux de Poitiers, Poitiers – France.

Palabras clave: Clay modification; Co-Ni bimetallic system; catalytic hydrogenation; citral

Abstract

Given the severe environmental impact of fossil-based raw materials, biomass emerges as a sustainable, renewable, and highly promising alternative. Its processing in biorefineries yields platform molecules such as biosuccinic acid, which requires the development of catalytic hydrogenation processes to produce high-value chemicals. These processes typically rely on costly metal-based catalysts (*e.g.*, Pt, Pd, Rh); therefore, clays modified with low-cost metals like Co and Ni are highly interesting nanostructured materials for addressing these challenges. In this work, a natural Colombian bentonite clay was modified using three different strategies: (i) copillaring of Co and Ni with aluminum, (ii) ion exchange of Co and Ni on clay previously pillared with Al (Al-PILC), and (iii) direct ion exchange of Co and Ni on the starting clay (only refined by particle size). The materials were characterized by XRD, ICP-OES, H₂-TPR, N₂ sorption isotherms, TGA/DSC, DRIFTS, and DR-UV-Vis spectroscopies. Besides, their catalytic performance was evaluated in the hydrogenation of citral as a model molecule.

Table 1. Textural properties and incorporation of active metals in Co and/or Ni-modified materials and the starting clays.

Sample code	S _{BET} (m ² /g)	S _{μp} (m ² /g)	S _{ext} (m ² /g)	VTP (cm ³ /g)	d ₀₀₁ (nm)	Co (wt. %)	Ni (wt. %)
BSO – starting clay	67	18	49	0,092	1,44	NA	NA
(i)-BSO-Al/Co50-Ni50-PILC-C	105	69	36	0,027	1,30	0,38	0,16
(i)-BSO-Al/Co50-Ni50-PILC-D	128	94	34	0,038	1,55	0,01	0,02
(i)-Al-PILC	164	128	36	0,097	1,77	NA	NA
(ii)-BSO-Co-Ni/Al-PILC	115	98	17	0,083	1,72	4,31	4,37
(ii)-BSO-Co/Al-PILC	39	22	17	0,048	1,52	0,14	NA
(ii)-BSO-Ni/Al-PILC	32	15	17	0,044	1,54	NA	0,20
(ii)-BSO-Co-Ni/Al-PILC-T	42	19	23	0,056	1,61	2,46	2,64
(ii)-BSO-Co-Ni/Al-PILC-1C	63	22	41	0,078	1,56	0,21	0,26
(iii)-BSO-Co-Ni-Clay	80	54	27	0,022	1,43	0,88	0,87
AR2023– starting clay	71	21	55	0,099	1,43	NA	NA
(ii)-AR-Co-Ni/Al-PILC-SG	17	0,9	16	0,054	---	0,41	0,40
(i/ii)-AR-Ni/Al/Co-PILC-C	51	13	39	0,066	1,57	0,43	0,70

S_{BET} = specific surface area from the BET method; S_{μp} = Microporous surface (*t*-plot); S_{ext} = External surface (*t*-plot); VTP = Total volume of pores; d₀₀₁ = Basal spacing from powder-XRD; NA: Not applicable

The XRD and DRIFTS analyses revealed that most materials largely preserved their layered structure after modification. Strategy (i) improved the textural properties; however, metal incorporation was very low. In this context, strategy (ii) proved to be the most effective preparation method among those studied. The BSO-Co-Ni/Al-PILC material showed the highest incorporation of Co and Ni (Co: 4.31 wt.%; Ni: 4.37 wt.%) while maintaining superior textural properties (S_{BET}: 115 m²/g, S_{μp}: 98 m²/g), (Table 1). H₂-TPR and DR-UV-Vis analyses of this material (Figure 1(a) and 1(b)) evidenced the stabilization of the oxides on the clay surface, with weak-to-moderate interaction with the clay support. This favored the reduction of the transition metals with H₂ at 500 °C prior to catalytic evaluation, which explained its highest citral conversion (11,4%) (Figure. 1(c)). Catalytic testing revealed that the

predominant reaction pathway was the initial hydrogenation of the C=C double bond in citral to form citronellal, followed by reduction of the C=O group to yield mono-unsaturated and saturated alcohols. This was attributed to the low intrinsic reactivity of the first-row transition metals, the modulated metal-support interactions, and especially the reaction conditions used, which are typical of noble-metal-based catalysts.

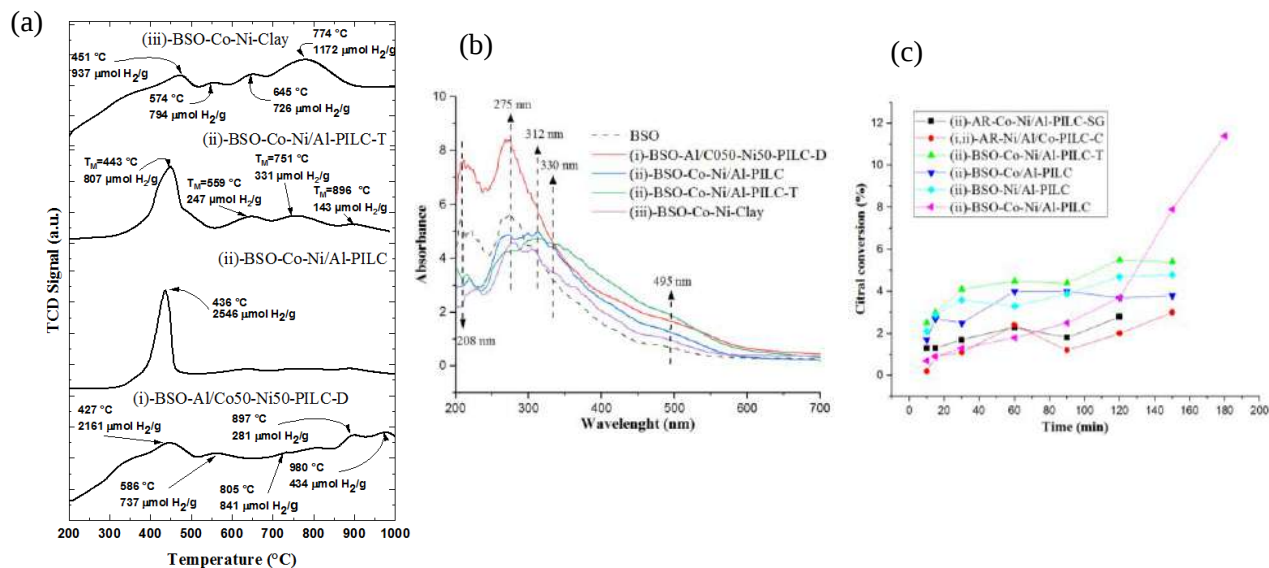


Figure 1. Comparison of physicochemical properties and catalytic performance of selected materials: (a) H₂-TPR thermograms of Co-Ni-clay-catalysts; (b) DR-UV-Vis spectra of Co-Ni-clay-catalysts; and (c) catalytic conversion of citral: Catalyst loading = 0,4 g/dm³; citral volume = 3,0 cm³; isopropanol volume = 100,0 cm³; H₂ pressure = 7,5 MPa; Temperature = 90 °C

References

- Galeano L. A, Gil A, Vicente M. A. Strategies for immobilization of manganese on expanded natural clays: Catalytic activity in the CWPO of methyl orange. *Appl. Catal. B: Environ.* 2011, 104 (3-4), 252-260. DOI: 10.1016/j.apcatb.2011.03.023.
- Lafaye G, Di X, Especel C, Epron F, *et al.* Supported Co-Re bimetallic catalysts with different structures as efficient catalysts for hydrogenation of citral. *ChemSusChem* 2019, 12, 807. DOI: 10.1002/cssc.201802744.

Presenting author:

Carlos Jhoiner Arciniegas is an undergraduate student of Chemistry at Universidad de Nariño. Since March 2022, he has been a member of the Research Group on Functional Materials and Catalysis (GIMFC). His research focuses on the functionalization of a bentonite-type clay with a Co–Ni bimetallic system, aiming to develop efficient and low-cost catalysts for application in the catalytic hydrogenation of citral, as a sustainable alternative to the use of highly expensive noble metal catalysts.

Email: carlosjhoynar@udenar.edu.co

Oscilaciones de corriente durante una reacción electrocatalítica

A. Alejandra Patiño-Reyes¹, Enrique A. Paredes-Salazar^{1,2}, Alfredo Calderón-Cárdenas¹

¹ Grupo de Investigación en Fisicoquímica Básica y Aplicada, Universidad de Nariño, Pasto – Colombia.

² Facultad de Educación, Universidad CESMAG, Pasto – Colombia.

Palabras clave: *Dinámica no lineal; Electrocatálisis, Modelamiento microcinético; Oscilaciones potenciostáticas; Diagramas de estabilidad.*

Resumen

Las oscilaciones de las variables químicas y eléctricas que surgen durante la dinámica de una reacción electrocatalítica han mostrado un creciente interés entre la comunidad científica porque, además de ser sistemas complejos que sirven de modelo para el estudio de fenómenos no lineales, también constituyen una potencial herramienta para elucidar mecanismos de reacción. En este contexto, la correlación entre un mecanismo de reacción y las condiciones para la emergencia de oscilaciones es un aspecto no trivial que requiere ser abordado desde diversas perspectivas, entre ellas el modelamiento microcinético. En este trabajo se exploraron algunas arquitecturas simples tipo Langmuir-Hinshelwood para una reacción de electro-oxidación $A + B \rightarrow C + e^-$ buscando, mediante simulaciones computacionales, las condiciones para la emergencia de oscilaciones de corriente en experimentos potenciostáticos. El mecanismo de reacción más simple en el que observamos las oscilaciones se describe en la Figura 1.

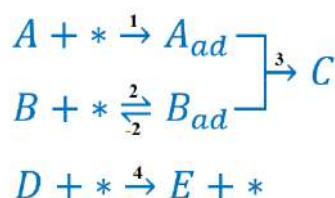


Figura 1. Arquitectura del mecanismo más simple encontrado para una reacción de electro-oxidación que da origen a oscilaciones de corriente en experimentos potenciostáticos.

En el esquema anterior, A , B y D representan especies reactivas, C y E productos de reacción y $*$ simboliza un sitio activo disponible en la superficie electrocatalítica. Los pasos de reacción 2, 3 y 4 son procesos de electro-oxidación, el paso -2 corresponde con un proceso de electro-reducción, mientras que, se asume que el paso 1 no es electroquímico. Aunque, inicialmente se pretendía modelar un mecanismo Langmuir-Hinshelwood, las oscilaciones solo fueron observadas después de hacer tres importantes consideraciones: 1) Un paso de reacción adicional (4 en el esquema anterior) fue necesario, el cual aporta a la transferencia total de carga; 2) La velocidad del paso de reacción 1, a pesar de no ser electroquímico, disminuye cuanto mayor es el potencial eléctrico aplicado; y 3) La velocidad del paso de reacción 2 depende, además de la fracción de sitios libres en la superficie catalítica, de la cobertura de la especie A_{ad} . Estas condiciones encontradas a través del modelamiento microcinético permiten elucidar ciertos requisitos para la emergencia de oscilaciones desde una perspectiva electrocatalítica. Finalmente, se hizo un mapeo de las condiciones paramétricas del valor de resistencia eléctrica externa (R_{ext}) a conectar en serie con la celda electroquímica (un requisito fundamental en este tipo de experimentos potenciostáticos) y el potencial eléctrico aplicado entre el electrodo de trabajo y el de referencia (E_{app}). La Figura 2 muestra la región oscilatoria e indica la variación de la densidad de corriente media obtenida, el periodo de oscilación y la amplitud en función de R_{ext} y E_{app} . Estos resultados contribuyen al entendimiento de la dinámica en sistemas electrocatalíticos complejos, donde se destaca el potencial del modelamiento microcinético y se consolida una metodología para estudiar la emergencia de oscilaciones en procesos de interés en el desarrollo de sistemas de conversión de energía.

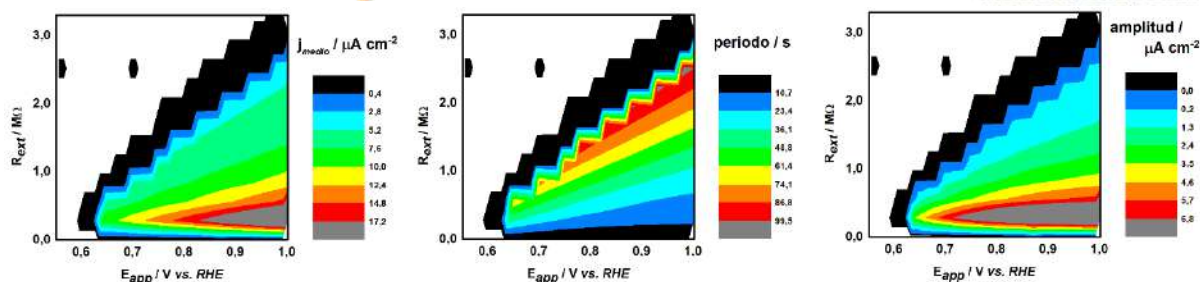


Figura 2. Diagramas de estabilidad donde la región colorida indica la región oscilatoria en el rango paramétrico de R_{ext} y E_{app} , la región blanca indica la aparición oscilaciones no sustentables, mientras que, en negro se indica la región donde no se observaron oscilaciones.

Referencias

- Calderón-Cárdenas A., Paredez-Salazar E.A., Varela H. A microkinetic description of electrocatalytic reactions: the role of self-organized phenomena. *New J. Chem.* 2022, 46, 6837-6846. DOI: 10.1039/d2nj00758d
- Okamoto H., Tanaka N., Naito M. Modeling temporal kinetic oscillations for electrochemical oxidation of formic acid on Pt. *Chem. Phys. Lett.* 1996, 248, 289-295. DOI: 10.1016/0009-2614(95)01295-8

Autor de Presentación

Angie Alejandra Patiño Reyes es estudiante de 5 semestre del Programa de Química de la Universidad de Nariño. Sus primeros acercamientos con los procesos de investigación los ha realizado en el Grupo de Investigación en Físicoquímica Química y Aplicada bajo la orientación del profesor Alfredo Calderón en el área de la electrocatálisis, principalmente aplicando modelos micro cinéticos en reacciones electroquímicas de interés para el desarrollo de sistemas de conversión de energía.

Email: reyesaleja246@gmail.com

Síntesis y Evaluación de Membranas Catalíticas de PDMS-Hidrotalcitas Aplicadas en la Condensación Aldólica de Furfural

Jorge Arturo Moreno Cascante¹, Jairo Antonio Puerto Vergara¹, Jairo Antonio Cubillos Lobo¹, Sonia Mancipe Estévez¹

¹Grupo de Investigación de Catálisis, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Boyacá – Colombia.

Palabras clave: Membranas catalíticas; PDMS; Hidrotalcitas; Condensación aldólica; Pervaporación.

Resumen

El furfural, derivado de biomasa lignocelulósica, es un intermediario clave en la síntesis de compuestos de alto valor añadido. Su condensación aldólica con acetona permite obtener productos como la 4-(2-furil)-3-buten-2-ona (FA), el cual es de interés en la producción de combustibles, alimentos y fármacos. Tradicionalmente, esta reacción se ha realizado empleando catalizadores homogéneos, pero sus limitaciones han promovido el uso de catalizadores heterogéneos más eficientes y sostenibles. En este trabajo se sintetizaron, caracterizaron y evaluaron 6 membranas catalíticas de polidimetilsiloxano (PDMS) con hidrotalcita de Mg y Al (HT-MgAl), obtenidas por coprecipitación y por mecano-química. En la evaluación del desempeño de las membranas se utilizó un equipo de pervaporación, el cual permitió realizar la reacción y separación del FA en una sola etapa. La Tabla 1, presenta los resultados del desempeño de las membranas en términos del flux y el factor de separación de furfural medidos por HPLC.

Tabla 1. Valores de flux y factor de separación para el furfural

Membrana	Método de síntesis	Relación mgPDMS/mL Tolueno	HT – MgAl (%p/p)	Flux ($g/m^2 \times h$)	Factor separación Furfural
1	Coprecipitación	2.000	50	114,9	35,96
2		1.000	50	137,0	83,96
3		2.000	80	26,5	52,08
4		1.000	80	22,1	71,50
5	Mecano-química	1.000	50	35,4	197,18
6		1.000	80	29,2	114,97

La membrana 2 presentó el mejor desempeño con flux de $137 \text{ g} \times \text{m}^{-2} \times \text{h}^{-1}$ y selectividad de 83,96. La membrana 1 exhibió un alto flux ($114,9 \text{ g} \times \text{m}^{-2} \times \text{h}^{-1}$) pero baja selectividad (35,96). Ambas fueron obtenidas con 50% de HT-MgAl por el método de coprecipitación, variando el espesor del polímero a través de la relación mgPDMS/mL Tolueno. Las membranas 3 y 4, con 80% de HT-MgAl, mostraron menor flux (26,5 y 22,1) pero selectividades aceptables (52,08 y 71,50). Las membranas 5 y 6 obtenidas por mecano-química arrojaron los mejores valores de factor de separación hacia el furfural con valores de 197,18 y 114,97, respectivamente; lo cual, pudo atribuirse a la mayor cristalinidad del catalizador.

La Figura 1, muestra el diagrama del equipo de pervaporación usado para conducir la reacción aldólica entre furfural y acetona y separación *in-situ* del FA. Las membranas 5 y 6 presentan una alta afinidad por el FA, posicionándolas como materiales promisorios para su uso como membranas catalíticas en la obtención de este importante compuesto intermediario.

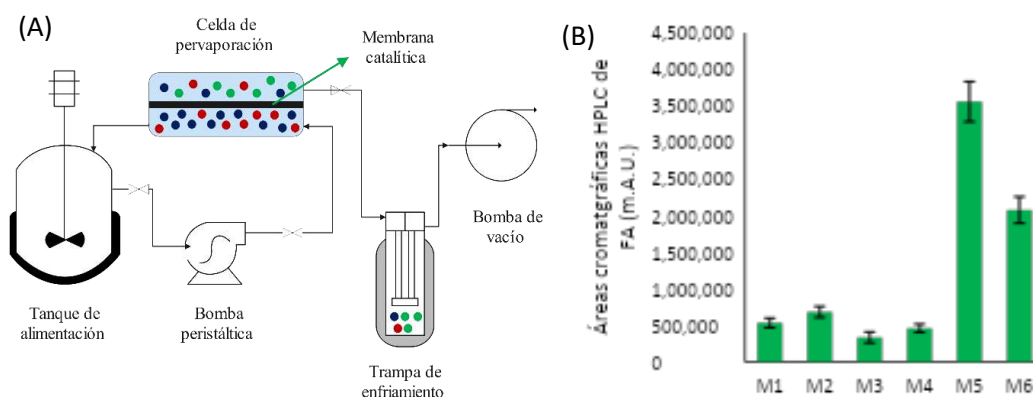


Figura 1. Diagrama general de un equipo de pervaporación (A) y áreas cromatográficas de FA obtenidos por HPLC (B)

Las membranas catalíticas elaboradas con HT-MgAl y PDMS mediante mecano-química presentaron los mejores valores de separación para el furfural (Tabla 1). Además, el porcentaje de HT-MgAl influyó significativamente en la cantidad de producto obtenido y en la capacidad de separación de las membranas, destacándose la membrana 5 con un 50% de HT-MgAl, como la de mejor desempeño. Las membranas catalíticas cumplieron satisfactoriamente el objetivo del presente estudio, destacándose aquellas con HT-MgAl obtenidas por mecano-química. Estos resultados destacan la ventaja de combinar en una sola etapa el uso de catalizadores heterogéneos y membranas de separación por pervaporación como una alternativa para el desarrollo de procesos químicos eficientes y sostenibles.

Referencias

- Korolova V., Kikhtyanin O., Grechman E., *et al.*, Kinetics of furfural aldol condensation with acetone. *Catal Today*. 2023, 423. DOI: 10.1016/j.cattod.2023.114272
- Mancipe S., Martínez J. J., Pinzón C., *et al.* Effective photocatalytic degradation of Rhodamine B using tin semiconductors over hydrocalcite-type materials under sunlight driven. *Catal Today*, 2021, 372, 191–197. DOI: 10.1016/j.cattod.2020.12.014.
- Ali S.A., Sharma S. K., and Sengupta S. Investigation of the effect of MIL-100 (Fe) in PDMS membrane for separation of pyridine/isooctane by pervaporation. *J. Ind. Eng. Chem.* 2024, 139, 525–538, DOI: 10.1016/j.jiec.2024.05.029.

Autor de Presentación

Jorge Arturo Moreno Cascante es Ingeniero Químico, Magister en Química y candidato a Doctor en Ciencias Químicas. Desde el año 2016, se ha desempeñado como investigador en el grupo de Catálisis de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia seccional Tunja – Boyacá. Su campo de investigación se enfoca en la síntesis de membranas para la obtención de alcoholes carburantes utilizando el método de separación por pervaporación.

Email: jorgearturo.moreno@uptc.edu.co

Co-hidropirólisis catalítica de biomasa/plástico: Influencia de la modificación ácida de la Zeolita Natural Chilena e impregnación de metales (Ni y Co) sobre la distribución de compuestos químicos mediante Py-GC-MS.

Bastián Puentes Navarro^{1,2,3}, Serguei Alejandro-Martín^{1,3}, Laura Azócar Ulloa⁴

¹ Laboratorio de Cromatografía Gaseosa y Pirólisis Analítica, Universidad del Bío-Bío, Concepción – Chile.

² Doctorado en Ingeniería de Materiales y Procesos Sustentables, Universidad del Bío-Bío, Concepción – Chile.

³ Departamento de Ingeniería en Procesos y Bioproductos, Universidad del Bío-Bío, Concepción – Chile.

⁴ Centro de Energía, Universidad Católica de la Santísima Concepción, Concepción – Chile.

Palabras clave: Zeolita Natural; Pirólisis analítica; Distribución de compuestos químicos; Desaluminización con ácido; Catálisis heterogénea.

Resumen

Se prepararon catalizadores basados en la modificación de zeolita natural chilena (ZN) con ácido clorhídrico (HCl) al 2,4 M para obtener zeolita modificada con ácido (ZH2.4). Debido a la modificación se disminuyó en un 29,04% el contenido de aluminio en la zeolita natural. Se ha reportado que como resultado del tratamiento ácido ocurre un aumento del área superficial, lográndose generalmente un aumento del volumen total de poros, una remoción del aluminio de la estructura de la zeolita natural, como consecuencia de un proceso de decationización y desaluminización. En la misma línea se tuvo un aumento de la relación Si/Al en la ZH2.4, donde aumentó en un 46,49%.

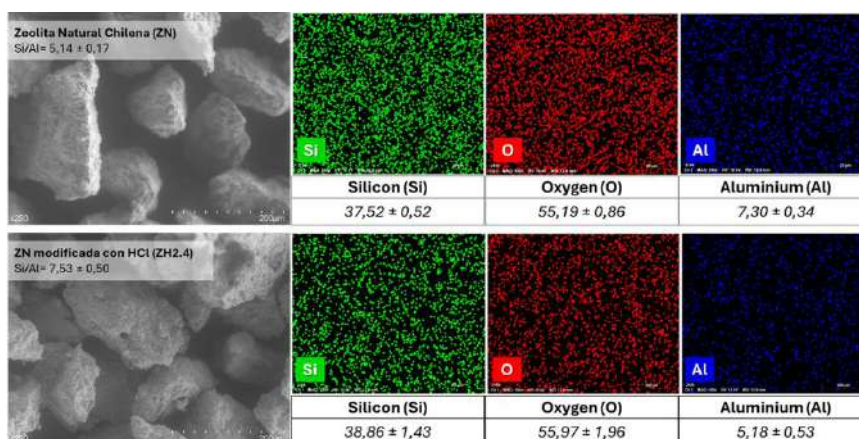


Figura 1. Imágenes SEM-EDX para muestras de ZN y ZH2.4

Se realizaron ensayos SEM-EDX para observar la morfología, una distribución de los metales a escala micro, así como para realizar un mapeo elemental de las zeolitas, la homogeneidad en la superficie y confirmar una impregnación uniforme en el caso de los metales de níquel y cobalto. En el caso de las zeolitas modificadas se pueden observar pequeños orificios en las superficies de las partículas, las cuales deberían ser el resultado de la modificación. En el caso de la ZH2.4, se puede observar un orificio de mayor tamaño que pudiera estar relacionado con la disolución de la sílice amorfa en la superficie (Figura 1). Se realizaron ensayos TGA para los diferentes catalizadores. Donde se observa una baja pérdida de peso en todas las muestras, la que puede estar asociada a la desorción de moléculas más volátiles, esta pérdida se aprecia más en los catalizadores de ZN y ZH2.4, lo que indicaría mayor porosidad que los catalizadores metálicos. Entre 150-550°C se observa una pérdida progresiva de masa, que se asocia principalmente a la deshidroxilación de los grupos OH estructurales de la zeolita, así como la pérdida

de compuestos residuales que pudieron quedar desde los precursores metálicos. La mayor pérdida de masa está dada por una menor estabilidad por parte de la ZN y ZH2.4, donde las muestras con metales son más estables debido a la interacción entre los metales y el soporte, lo que reforzaría la estructura, así también el efecto estabilizador de los óxidos metálicos y la posible formación de fases tipo espinela (NiCo_2O_4) que es más estable térmicamente. La estabilidad térmica está dada por $\text{NiCo/ZH2.4} > \text{Co/ZH2.4} > \text{Ni/ZH2.4} > \text{ZH2.4} > \text{ZN}$.

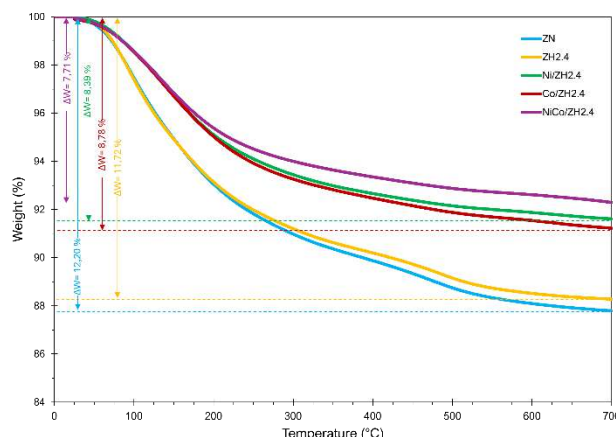


Figura 2. Análisis TGA para los diferentes catalizadores.

Para ver el efecto de estos catalizadores se evaluó su participación en la hidro y co-hidropirólisis catalítica con biomasa/plástico, y cómo estos afectaban en la composición de la corriente gaseosa resultante utilizando un sistema Py-GC-MS. Se observó una disminución de compuestos oxigenados, y un aumento significativo en el contenido de hidrocarburos aromáticos y alifáticos ($\text{C}_5\text{-C}_{16}$), especialmente al usar Ni-Co/ZH2.4, HDPE y 550°C como temperatura de pirólisis, en comparación con los demás catalizadores. Esto puede sugerir que se favorecen ciertas rutas para la formación de estos tipos de hidrocarburos, las que se ven potenciadas por la presencia de los catalizadores mono y bimetalicos.

Referencias

- Barrer R.M., Makki M.B. Molecular sieve sorbents from clinoptilolite. *Can. J. Chem.* 1964, 42(6), 1481-1487. DOI:10.1139/v64-223
- Zheng Y., Wang J., Li D., et al., Highly efficient catalytic pyrolysis of biomass vapors upgraded into jet fuel range hydrocarbon-rich bio-oil over a bimetallic Pt-Ni/ $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ catalyst. *Int. J. Hydrogen Energy.* 2021, 46 (55), 27922-27940. DOI:10.1016/j.ijhydene.2021.06.082

Autor de Presentación

Bastían Estefano Puentes Navarro es Ingeniero Civil Químico, Licenciado en Ciencias de la Ingeniería y actual estudiante del Doctorado en Ingeniería de Materiales y Procesos Sustentables de la Universidad del Bío-Bío. Desde agosto de 2021, es parte del grupo de investigación del Laboratorio de Cromatografía Gaseosa y Pirólisis Analítica de la Universidad del Bío-Bío. Su investigación se enfoca en la síntesis de catalizadores monometálicos y bimetalicos de Ni-Co soportado en zeolita natural chilena modificada para la obtención de precursores de hidrocarburos tipo Jet-Fuel. Es coautor de 1 publicación, 2 capítulos de libro y 7 ponencias en diferentes formatos.

Email: bastian.puentes1601@alumnos.ubiobio.cl

Estudio del tratamiento combinado PCFH – (coagulación/floculación) en la degradación de materia orgánica natural presente en aguas superficiales

Ana-María García-Mora^{1,2}, Vivian A. Canal¹, Luis-Alejandro Galeano²

¹Laboratorio de Aguas, EMPOPASTO S.A. E.S.P., Pasto – Colombia.

²Grupo de Investigación en Materiales Funcionales y Catálisis, Universidad de Nariño, Pasto – Colombia.

Palabras clave: Agua potable, proceso de oxidación avanzada, planta de tratamiento, Fenton heterogéneo

Resumen

Las características de las aguas del departamento de Nariño varían considerablemente de una fuente a otra en cuanto a la polaridad de la materia orgánica natural (MON) presente, color, turbidez, entre otros parámetros. Se ha reportado que baja turbidez, elevado color y materia orgánica de elevada naturaleza hidrofílica son características que presentan grandes retos para el tratamiento eficiente por medios convencionales que se realiza en las plantas de tratamiento de agua (PTAP). La MON residual puede ser precursora de subproductos de desinfección durante la etapa de cloración. En este sentido, los procesos de oxidación avanzada surgen como una alternativa que puede evaluarse como posible acoplamiento al tratamiento fisicoquímico convencional. La Peroxidación Catalítica en Fase Húmeda (PCFH), es un proceso Fenton heterogéneo, que ha demostrado un gran desempeño tanto en la degradación de contaminantes como en la desactivación de microorganismos patógenos en aguas.

En el presente estudio se determinó la eficiencia del acoplamiento del proceso PCFH a los procesos de coagulación/floculación (CF) de la PTAP de la ciudad de Pasto (Nariño) a partir de las combinaciones: (i) CF – PCFH, (ii) PCFH – CF. Las fuentes de agua se usaron totalmente crudas para todos los experimentos y se empleó un catalizador tipo arcilla pilarizada con aluminio/hierro (Al/Fe-PILC) para el proceso de oxidación. Se realizó el seguimiento a los parámetros de calidad en planta (color, turbidez, conductividad, alcalinidad y pH). Adicionalmente, se determinó el carbono orgánico disuelto de las muestras, los aniones inorgánicos presentes por cromatografía iónica y la distribución de tamaños moleculares de la MON disuelta por cromatografía líquida (HPLC-SEC).

Se encontró que el proceso de coagulación/floculación es bastante eficiente en muestras con elevado color y turbidez; estas muestras contienen materia orgánica natural mayormente de carácter hidrofóbico. Por su parte, el proceso PCFH es bastante eficiente para tratar muestras con bajo color y turbidez; éstas muestras contienen alto contenido de materia orgánica disuelta de carácter hidrofílico. Por lo tanto, la combinación que demostró mayor eficiencia fue: CF – PCFH, pues de esta manera, el proceso de oxidación avanzada actúa como un proceso de refinamiento después del proceso de (coagulación-floculación). Se determinó que el proceso PCFH puede ayudar a eliminar materia orgánica disuelta de menor peso molecular y de fracciones con menor color. Cuando las condiciones de entrada de la planta son desfavorables, el proceso PCFH no se ve afectado por la adición de bicarbonato empleado en la planta para elevar la alcalinidad y optimizar el proceso CF. El proceso PCFH puede ayudar a disminuir la cantidad de coagulante usado en la etapa inicial de CF dado que puede contribuir a la eliminación de color y turbidez.

Lo anterior demuestra el potencial de aplicación del proceso PCFH al proceso convencional de coagulación-floculación y su adaptación bajo condiciones reales, para la producción de agua potable de mayor calidad. Este acoplamiento puede contribuir a tratar muestras de agua con características más variadas, así como también con niveles más elevados de contaminación.

Referencias

- García-Mora A. M, Portilla-Delgado C. S., Torres-Palma R. A., *et al.* Catalytic wet peroxide oxidation to remove natural organic matter from real surface waters at urban and rural drinking water treatment plants. *J. Water Process Eng.* 2021, 42, 102136. DOI: 10.1016/j.jwpe.2021.102136.
- Ordonez-Ordonez A., Revelo-Romo D. M., García-Mora A. M., *et al.* MS2 coliphage inactivation by Al/Fe PILC-activated Catalytic Wet Peroxide Oxidation: multiresponse statistical optimization. *Heliyon.* 2019, 5 (6), e01892. DOI: 10.1016/j.heliyon.2019.e01892

Autor de Presentación

Ana María García Mora es doctora en Ciencias Químicas por la Universidad de Antioquia (UdeA) con mención *Cum Laude*. Desde marzo de 2024, es investigadora postdoctoral en la Empresa de Potabilización de aguas de la ciudad de Pasto (EMPOPASTO). Su investigación se enfoca en la combinación de procesos convencionales y procesos de oxidación avanzada para la eliminación de contaminantes en agua. Es coautora de 13 publicaciones, 1 capítulo de libro, 1 patente y varias ponencias en congresos nacionales e internacionales.

Email: anamariagarcia@udenar.edu.co

Óxidos de Fe y Ni soportados en bentonita modificada y su comportamiento en el reformado de metano vía *Chemical Looping*

Carlos Andrés Vallejo¹, Luis Alejandro Galeano¹, Jorge Andrés Moreno²

¹ Grupo de Investigación en Materiales Funcionales y Catálisis (GIMFC), Universidad de Nariño, Pasto - Colombia.

² Química de Recursos Energéticos y Medio Ambiente (QUIREMA), Universidad de Antioquia, Medellín – Colombia.

Palabras clave: *Chemical looping, Transportador sólido de oxígeno, Reformado de metano, Fases espinela, Producción de hidrógeno, Conversión de metano.*

Resumen

El reformado de metano vía Chemical Looping (CLR-CH₄) es una estrategia promisoría para la producción de hidrógeno (H₂) con bajas emisiones de carbono. Este proceso utiliza óxidos metálicos como transportadores de oxígeno (TSO), usualmente soportados en Al₂O₃, SiO₂, CeO₂, ZrO₂, TiO₂, pero suelen ser costosos. Un soporte atractivo serían los minerales naturales, como la bentonita, arcilla de amplia disponibilidad y menor costo, cuyas modificaciones estructurales permiten mejorar sus propiedades texturales y estabilidad térmica de manera sencilla. Esta investigación se enfocó en evaluar una bentonita colombiana como soporte de óxidos metálicos de Ni y Fe, y su desempeño como TSO en el reformado de metano vía CLR. Para ello, se partió de la bentonita en diferentes formas como soporte: bentonita refinada (BR), bentonita delaminada (BD) y bentonita pilarizada con Al (Al-BP). Los soportes se modificaron vía impregnación húmeda incipiente o microencapsulación (para Al-BP), empleando los nitratos de los metales, obteniendo TSO mono- y bi-metálicos. Todos los sólidos se prepararon con una carga nominal del 15 % en peso de los óxidos metálicos, incluyendo el sistema bi-metálico (relación 2:1 en peso Fe:Ni). Se hizo análisis FRX, DRX-polvo, TGA/DSC, H₂-TPR, TGA-CH₄, y microscopía SEM de los materiales. Los TSO se evaluaron bajo ciclos redox alternados en atmósfera de CH₄ y aire en un reactor de lecho fijo a 900 °C; los productos de reacción fueron monitoreados con un espectrómetro de masas (QMS) y se cuantificaron con un cromatógrafo de gases (GC).

Se conservó la estabilidad del patrón de apilamiento característico de la estructura laminar T:O:T en las bentonitas luego de soportar los óxidos metálicos. También se comprobó una mejora significativa en la capacidad de transporte de oxígeno (Ro) mayor a 2,5%, que se mantuvo estable hasta al menos el quinto ciclo redox. También la presencia de los óxidos NiO y Fe₂O₃, así como de las espinelas NiAl₂O₄ y NiFe₂O₄ con mayores porcentajes de reducibilidad a altas temperaturas (Tabla 1) respecto a los óxidos, a excepción del TSO monometálico de hierro, que no generó fases espinela. El método de microencapsulación de los metales mediante intercambio catiónico sobre la arcilla pilarizada generó óxidos con distribución de tamaño de partícula más homogénea y en promedio de menores tamaños. Los TSO de NiO y Fe₂O₃-NiO preparados mediante impregnación mostraron un comportamiento comparable con los de referencia (Fig. 1), mientras que los TSO monometálicos de Fe₂O₃ fueron inactivos en la reacción. La reactividad de los TSO en el CLR-CH₄ hacia la producción de hidrógeno aumentó en los sólidos bimetálicos, atribuido principalmente a la mayor movilidad de los iones de oxígeno dentro de la red cristalina facilitada por las fases espinela, reduciendo al mismo tiempo la formación prematura de depósitos carbonosos en superficie. El TSO bimetálico microencapsulado en la arcilla previamente pilarizada (Fe₂O₃-NiO-Al-BP_{CEC}) demostró la mayor reactividad con un 48,2 % de conversión de metano y una producción de 25,4 mmol H₂/g de TSO, valores superiores a los alcanzados por el TSO de referencia (Fe₂O₃-NiO/ α -Al₂O₃), atribuido a la fase espinela NiFe₂O₄ y el menor tamaño de partícula promedio. Este trabajo fue desarrollado en el marco del proyecto código 1115-929-93266, cofinanciado por MinCiencias, Ministerio de Minas y Energía y ECOPETROL, con recursos del Patrimonio Autónomo Fondo Nacional de Financiamiento para la Ciencia, la Tecnología y la Innovación, Francisco José de Caldas - Colombia.

Tabla 1. Propiedades fisicoquímicas de óxidos mixtos de Fe-Ni sobre bentonita y su reactividad como TSO de la CLR-CH₄.

Muestra	Fe ₂ O ₃ ^a (%)	NiO ^a (%)	Baja T ^b (%)	Med. T ^b (%)	Alta T ^b (%)	Ro ^c (%)	H ₂ Prod. (mmol/TSO)	Selectividad H ₂ (%)	Conversión CH ₄ (%)
Fe ₂ O ₃ -NiO/BR	24,5	5,82	--	71	29	3,53	12,5	81,7	35,9
Fe ₂ O ₃ -NiO/BD	22,3	5,32	--	82	18	3,35	10,2	85,0	33,3
Fe ₂ O ₃ -NiO/Al-BP	22,7	7,05	--	83	17	2,77	18,8	89,8	37,8
Fe ₂ O ₃ -NiO-Al-BP _{CEC}	14,6	3,09	--	72	28	5,62	25,4	94,2	48,2
Fe ₂ O ₃ -NiO/ α -Al ₂ O ₃	11,6	5,60	--	71	29	4,68	20,9	94,8	42,1

^a Determinado por FRX; ^b porcentaje de consumo de hidrógeno en el rango de T, determinado por H₂-TPR; ^c Ro: capacidad de transporte de oxígeno en atmósfera de CH₄ ($Ro = (m_{ox} - m_{red})/m_{ox} \cdot 100$); determinado por TGA, Baja T: 200 – 500 °C, Med. T: 500 – 700 °C, Alta T: 700 – 900 °C.

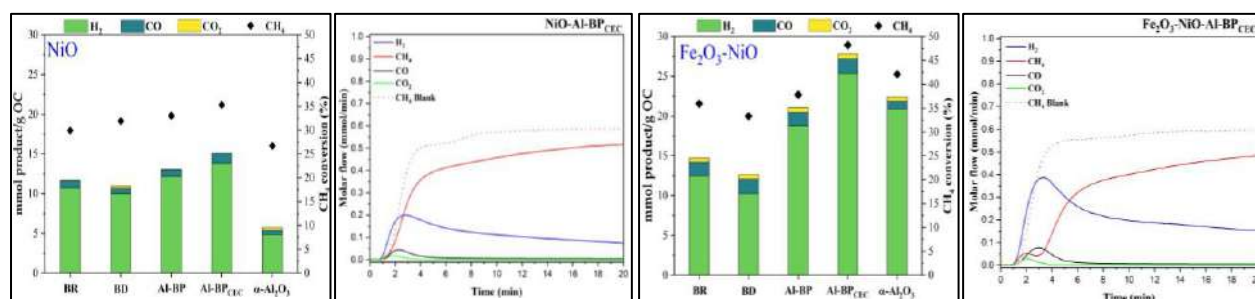


Figura 1. Distribución de productos y perfiles de gases producidos (H₂, CO y CO₂) y metano reaccionado en el 5to ciclo de reacción vía CLR de CH₄ para los TSO basados en bentonita vs. referencia en α -Al₂O₃.

Referencias

- Das S., Biswas, A., Tiwary, C., *et al.* Hydrogen production using chemical looping technology: A review with emphasis on H₂ yield of various oxygen carriers, *Int. J. of Hydrogen Ener.*, 2022, 47, 28322-28352. DOI: 10.1016/j.ijhydene.2022.06.170.
- Borah D., Nath H., Saikia H., Modification of bentonite clay & its applications: A review, *Rev. Inorg. Chem.*, 2022, 42, 265-282. DOI: 10.1515/revic-2021-0030.
- Zheng H., Jiang X., Gao Y., *et al.* Chemical looping reforming: process fundamentals and oxygen carriers. *Discov. Chem. Eng.* 2022, 2(1), 5. DOI: 10.1007/s43938-022-00012-3.

Autor de Presentación

Luis Alejandro Galeano es doctor en Reactividad y Tecnología Químicas por la Universidad de Salamanca, tesis Sobresaliente Cum Laude. Químico y Magíster en Ciencias – Química de UNAL - Bogotá. Desde 2006 profesor (Full) de Química Inorgánica en Universidad de Nariño, director Grupo de Investigación en Materiales Funcionales y Catálisis desde noviembre de 2005 - 2008 y 2012 - 2025. Investiga el desarrollo de catalizadores para oxidación de contaminantes orgánicos y desinfección de aguas, producción de hidrógeno verde y valorización de biomasa. Autor de 35 artículos, 1 libro, 4 capítulos de libro, 1 patente, y +85 ponencias en congresos. Ha dirigido 26 trabajos de pregrado, 4 de maestría y 2 tesis de doctorado.

Email: alejandrogaleano@udenar.edu.co

Simulación Monte Carlo de la oxidación electrocatalítica de CO

Santiago D. Tabla-Torres¹, Enrique A. Paredes-Salazar^{1,2}, Alfredo Calderón-Cárdenas¹

¹ Grupo de Investigación en Fisicoquímica Básica y Aplicada, Universidad de Nariño, Pasto – Colombia.

² Facultad de Educación, Universidad CESMAG, Pasto – Colombia.

Palabras clave: Electrocatalisis; Electro-oxidación; Microcinética; Monte Carlo; Stripping de CO_{ad} ;

Resumen

Durante las reacciones electrocatalíticas de oxidación de moléculas orgánicas de baja masa molecular suele formarse monóxido de carbono adsorbido (CO_{ad}) en la superficie del ánodo, entre otros intermedios, el cual se comporta como un veneno catalítico sobre electrodos basados en Pt . Por lo tanto, para pretender una alta actividad catalítica en estas reacciones, es fundamental entender al detalle la cinética de electro-oxidación de monóxido de carbono.

El análisis microcinético, en el que se estudia la contribución de cada paso de reacción a la velocidad global, tiene un rol imperante en este propósito, especialmente cuando los resultados experimentales en laboratorio se cotejan con los resultados de simulaciones numéricas. En estos análisis, lo más usual es integrar las ecuaciones diferenciales que componen el modelo microcinético, en el que implícitamente se asume la llamada aproximación de campo medio, la cual considera que toda la superficie catalítica es homogénea y que la difusión de las especies adsorbidas es muy rápida. No obstante, las simulaciones Monte Carlo son una alternativa para explorar el modelo microcinético a través de técnicas estocásticas y que permite incluir interacciones específicas entre adsorbatos y entre adsorbato-superficie, además de representar la dinámica espacio-temporal de manera relativamente sencilla (Figura 1).

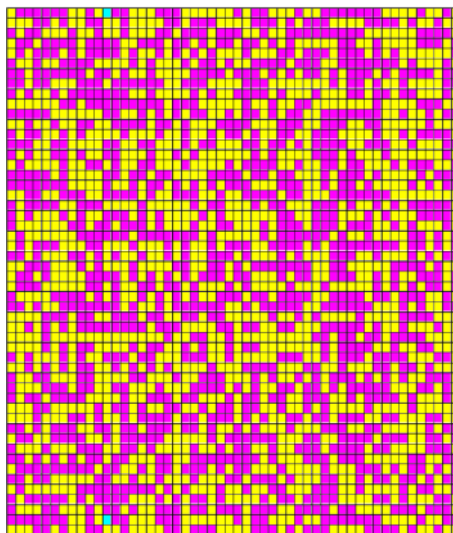


Figura 1. Superficie del electrodo durante el experimento de *stripping* de CO_{ad} simulada por cinética Monte Carlo (magenta: sitios con CO_{ad} y amarillo: sitios libres).

Con el objetivo de introducir esta metodología en los análisis microcinéticos que realizamos en el grupo de investigación, en este trabajo se usó un modelo para la electro-oxidación de monóxido de carbono sobre un electrodo de $Pt(100)$ para llevar a cabo simulaciones Monte Carlo de experimentos de *stripping* de CO_{ad} . Los experimentos consisten en la adsorción del monóxido de carbono bajo la aplicación de un potencial eléctrico E_{ad} y posteriormente, durante un barrido de potencial, se lleva a cabo la formación de especies oxigenadas (OH_{ad}) que reaccionan electroquímicamente con el CO_{ad} para formar CO_2 .

Para hacer las simulaciones computacionales, se escribió el código en el lenguaje de programación de Wolfram Mathematica y se hicieron los cálculos con este mismo software. Para este propósito se utilizaron resultados previos usando la aproximación de campo medio, donde se consideraron dos tipos

de sitios de nucleación para la formación de especies oxigenadas (OH_{ad}), dando explicación a la aparición del prepico en torno a 0,53 V vs. RHE. Una vez incorporados estos aspectos se evaluó la influencia de la velocidad de difusión de CO sobre la superficie electrocatalítica. Estos resultados contribuyen al entendimiento de la dinámica de sistemas catalíticos a través de una metodología que permite estudiar más detalladamente diversos procesos de interés en el desarrollo de sistemas electroquímicos de conversión de energía.

Referencias

- Koper M.T.M., Jansen A.P.J., van Santen R.A., *et al.* Monte Carlo simulations of a simple model for the electrocatalytic CO oxidation on platinum. *J. Chem. Phys.* 1998, 109, 6051-6062. DOI: 10.1063/1.477230
 - Calderón-Cárdenas A., Paredes-Salazar E.A., Varela H. A microkinetic description of electrocatalytic reactions: the role of self-organized phenomena. *New J. Chem.* 2022, 46, 6837-6846. DOI: 10.1039/d2nj00758d
 - López-Cudero A., Cuesta A., Gutiérrez C. Potential dependence of the saturation CO coverage of Pt electrodes: The origin of the pre-peak in CO-stripping voltammograms. Part 2: Pt(100). *J. Electroanal. Chem.* 2006, 586, 204-216. DOI: 10.1016/j.jelechem.2005.10.003
-

Autor de Presentación

Santiago David Tabla Torres es estudiante de sexto semestre del Programa de Química de la Universidad de Nariño. Sus primeros acercamientos con los procesos de investigación los ha realizado en el Grupo de Investigación en Fisicoquímica Química y Aplicada bajo la orientación del profesor Alfredo Calderón en el área de la electrocatálisis, principalmente aplicando modelos microcinéticos en reacciones electroquímicas de interés para el desarrollo de sistemas de conversión de energía.

Email: santiagotabla3101@gmail.com

Análisis del efecto del orden de impregnación de Ni y TiO₂ en las propiedades fisicoquímicas y catalíticas de un catalizador soportado en alúmina para la reacción de metanación de CO₂

Valentina Mendoza-Acuña¹, Juan Fernando García-Navas, Víctor Gabriel Baldovino^{1,2}

¹ Centro de investigación en Catálisis, Universidad industrial de Santander, Piedecuesta– Colombia.

² Laboratorio de Ciencia de Superficies, Universidad industrial de Santander, Piedecuesta– Colombia.

Palabras clave: metanación de CO₂, Ni/Al₂O₃, TiO₂, interacción metal-soporte.

Resumen

Los catalizadores Ni/Al₂O₃ para metanación de CO₂ sufren de desactivación por sinterización del Ni y por una alta formación de depósitos carbonosos. Algunos estudios han propuesto que la adición de una monocapa de TiO₂ en el soporte puede mejorar la capacidad adsorción de CO₂ sobre el catalizador y disminuir la formación de coque debido a la presencia de las vacancias de oxígeno del TiO₂. Además, la fuerte interacción Ni-TiO₂ estabiliza las partículas de Ni e incrementa su dispersión, lo que se traduce en una mayor área metálica activa. Sin embargo, no se han encontrado reportes que prueben que una modificación de la alúmina con TiO₂ mejore la metanación de CO₂. Por lo tanto, este trabajo se centró en analizar los efectos de impregnar TiO₂ sobre las propiedades de un catalizador Ni/Al₂O₃. Para ello, se sintetizaron cuatro configuraciones distintas que permitieran variar el grado de interacción Ni-TiO₂-Al₂O₃, ver Figura 1. Además, se sintetizaron dos catalizadores no modificados como referencias de comparación: Ni/Al₂O₃ y Ni/TiO₂.

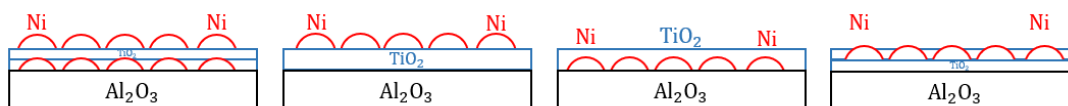


Figura 1. Configuración de los catalizadores sintetizados variando el orden de impregnación de Ni y TiO₂.

Para la impregnación de TiO₂ se empleó isopropóxido de titanio como precursor y etanol como solvente. La impregnación del Ni se realizó mediante la técnica CEDI ajustando el pH de la solución impregnante en un valor de 10 usando NH₄OH. Tras la impregnación, las muestras se secaron y calcinaron en flujo de aire. Los catalizadores se caracterizaron en términos de su composición, textura, acidez, reducibilidad y estado químico superficial. Las pruebas catalíticas se hicieron a 250, 275, 280 y 300 °C con una GSHV=71,43 mL/g*s.

Los resultados de la distribución de afinidad de protones y fisisorción de N₂ demostraron que el TiO₂ (confirmado mediante XPS) se depositó en los grupos OH⁻ superficiales de la alúmina de forma homogénea. Adicionalmente, los perfiles de reducción a temperatura programada, Figura 2, mostraron que la adición de TiO₂ disminuye la temperatura de reducción del Ni, lo cual indica la formación de una distribución de tamaño de partícula más angosta que en el catalizador Ni/Al₂O₃. En el caso de los catalizadores con una capa superior de TiO₂, el TiO₂ genera un cubrimiento parcial de Ni que dificulta su reducción, debido a una mayor interacción metal-soporte. Estos resultados se confirmarán mediante XPS.

Finalmente, se evaluó el comportamiento catalítico de las configuraciones Ni/Al₂O₃, Ni/TiO₂ y Ni-TiO₂/Al₂O₃, ver Figura 3. Esta última presenta una menor energía de activación aparente que los catalizadores de referencia, lo que implica una cinética más favorable asociada probablemente a una mejor dispersión de los sitios activos. Además, el catalizador de Ni-TiO₂/Al₂O₃ presentó selectividad de 100% a metano mientras que el de Ni/Al₂O₃ presentó selectividad a CO de ~20% en todas las temperaturas. Las demás configuraciones se evaluarán para verificar la influencia del orden de impregnación sobre la actividad, selectividad y estabilidad de los materiales en la metanación de CO₂.

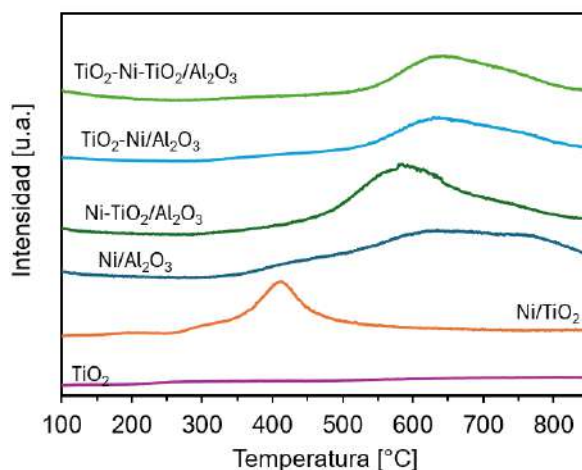


Figura 2. Perfiles de reducción a temperatura programada de los catalizadores sintetizados.

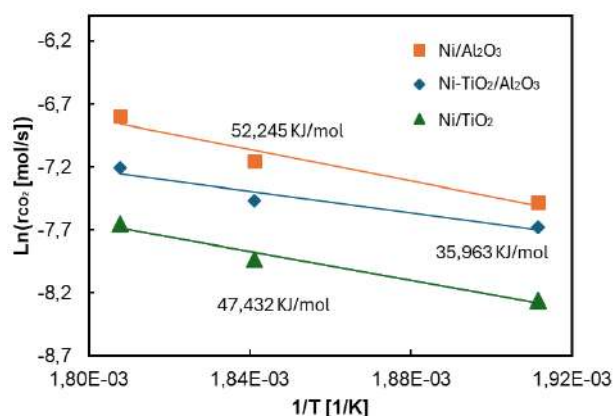


Figura 3. Arrhenius plot de los catalizadores evaluados catalíticamente.

Referencias

- Yu J., Feng B., Liu S., *et al.* Highly active Ni/Al₂O₃ catalyst for CO₂ methanation by the decomposition of Ni-MOF@Al₂O₃ precursor via cold plasma. *Applied Energy*. 2022, 315, 119036. DOI: 10.1016/j.apenergy.2022.119036.
- Xu J., Lin Q., Su X., *et al.* CO₂ methanation over TiO₂-Al₂O₃ binary oxides supported Ru catalysts. *Chinese Journal of Chemical Engineering*. 2016, 24(1), 140–145, DOI: 10.1016/j.cjche.2015.07.002.

Autor de Presentación

Valentina Mendoza Acuña es estudiante de Ingeniería Química en la Universidad industrial de Santander (UIS). De julio de 2022 a julio de 2024, estuvo vinculada al semillero del grupo de investigación en Catálisis (CICAT). A partir de febrero del 2025, se vinculó como estudiante de proyecto de grado en el CICAT. Su investigación se enfoca en el diseño de catalizadores sólidos soportados de Ti y Ni para la reacción de metanación de CO₂.

Email: valentina2201254@correo.uis.edu.co ; vicbaldo@uis.edu.co

Síntesis por autocombustión de nuevos materiales tipo de Fe–Ce–La y su aplicación en la eliminación de contaminantes emergentes en medios acuosos.

Alison Herrera¹, Laura Medina¹, Alejandro Pérez-Flórez², Juan A. Torres-Luna³, Nicolas Vanoy¹, Daniel Llamosa¹, Jahaziel Amaya¹.

¹ Grupo de Investigación Fundamental y Aplicada en Materiales (GIFAM), Universidad Antonio Nariño, Bogotá D.C – Colombia.

² Departamento de Química, Línea de Investigación en Tecnología Ambiental y de Materiales (ITAM), Pontificia Universidad Javeriana, Carrera 7 No. 43-82, Bogotá 110231, Colombia.

³ Laboratorio de Diseño y Reactividad de Estructuras Sólidas (LAB-DRES), Departamento de Química, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá– Colombia.

Palabras clave: Catálisis, Nanomateriales, Oxidación avanzada, Adsorción, Contaminantes farmacéuticos.

Resumen

La realización de investigaciones orientadas a la síntesis y caracterización de materiales con potencial aplicación en procesos de remediación ambiental reviste una importancia crítica en el contexto actual, donde la presencia de contaminantes emergentes en cuerpos de agua representa un desafío creciente para la sostenibilidad ambiental y la salud pública. Muchos de estos compuestos no son completamente eliminados mediante los métodos convencionales de tratamiento de aguas, lo que ha generado preocupación por su persistencia, acumulación en los ecosistemas y efectos adversos a largo plazo. Ante esta problemática, el desarrollo de materiales funcionales capaces de actuar como catalizadores en procesos avanzados de oxidación (fotocatálisis) o adsorción constituye una estrategia prometedora para mejorar la eficiencia de los sistemas de tratamiento y reducir el impacto ambiental de estos contaminantes.

En el presente estudio se llevó a cabo la síntesis de materiales tipo óxidos de compuestos hierro (Fe), cerio (Ce) y lantano (La), mediante el método de autocombustión asistida por glicina, con el objetivo de evaluar su desempeño en la descontaminación de contaminantes emergentes. Para llevar a cabo la síntesis, se empleó una relación molar de 1:1 entre el ion metálico respectivo y la glicina, lo que permitió una combustión eficiente y homogénea al momento de la reacción. Una vez completada la combustión, los materiales resultantes fueron calcinados a una temperatura de 600 °C, con el fin de promover la formación de fases cristalinas estables, eliminar residuos orgánicos y mejorar la cristalinidad. Los productos fueron caracterizados tanto antes como después de la calcinación, utilizando diversas técnicas instrumentales que permitieron analizar su composición fisicoquímica, estructura, morfología y grupos funcionales presentes. La difracción de rayos X (DRX) reveló la formación de fases de óxidos de hierro (Fe₂O₃), cerio (CeO₂) y lantano (La₂O₃), evidenciando que la técnica de autocombustión fue efectiva para generar materiales cristalinos sin necesidad de tratamientos térmicos adicionales intensos. La presencia de picos bien definidos en los patrones de DRX, especialmente después de la calcinación, confirmó la evolución hacia estructuras más cristalinas. Por su parte, la fluorescencia de rayos X (FRX) confirmó la composición elemental de los materiales. Asimismo, el análisis por espectroscopía infrarroja con transformada de Fourier (IR-FT) permitió identificar la presencia de grupos funcionales característicos de los óxidos metálicos. Las bandas observadas en la región de 400 a 800 cm⁻¹ fueron atribuidas a las vibraciones de enlaces M–O (donde M = Fe, Ce, La), mientras que la desaparición de bandas correspondientes a compuestos orgánicos (como restos de glicina) tras la calcinación confirmó la eliminación de materia orgánica del material final. Adicionalmente, las micrografías obtenidas por microscopía electrónica de barrido, SEM (Figura 1) revelaron una morfología “porosa” y esponjosa, característica de materiales obtenidos por autocombustión el sólido más relevante fue el óxido de cerio antes y después de la calcinación. Para todo el sólido se observó una distribución irregular de partículas aglomeradas con tamaños en el rango de micras. En todos los casos la morfología de los agregados

después de la calcinación está más erosionadas, lo que posiblemente se deba a la salida de los gases adicionalmente generados por la descomposición de la materia orgánica.

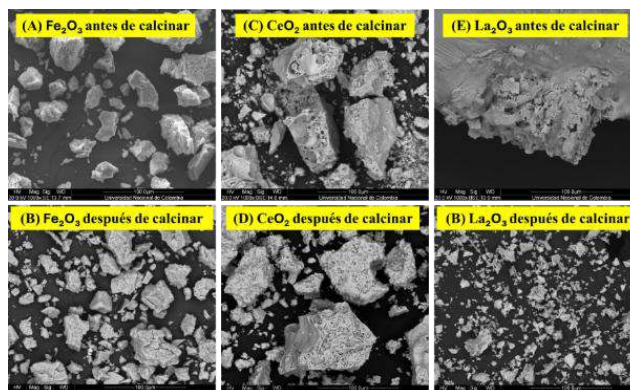


Figura 1. Micrografías SEM para los sólidos obtenidos por autocombustión antes y después de la calcinación.

En conclusión, los resultados de las diferentes técnicas de caracterización de los materiales sintetizados por autocombustión con glicina permiten sugerir el potencial catalítico de los mismos. Estos sólidos se emplearán para aplicaciones ambientales, específicamente en la eliminación total de fármacos contaminantes, y cuyos resultados serán el insumo para el diseño de nuevos óxidos de Fe-La y Fe-La-Ce, combinando facilidad de síntesis, bajo costo y eficiencia catalítica.

Referencias

- B. Pieczykolan, I. Płonka, E. Kudlek, R. Kryst, P. Stuchlik, D. Pokoj, K. Hanzlik, N. Piekarczyk, I. Orłowski, M. Grodzicka, Application of advanced oxidation processes for effective Reactive Red 241 degradation, Desalination Water Treat 323 (2025) 101308. DOI: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.dwt.2025.101308>.
- M.H. Castaño, R. Molina, S. Moreno, Mn–Co–Al–Mg mixed oxides by auto-combustion method and their use as catalysts in the total oxidation of toluene, J Mol Catal A Chem 370 (2013) 167–174. DOI: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.molcata.2013.01.008>.
- N.I. Khamidy, M.N. Kamal, F.R. Mufakhir, E. Nurfani, D. Triyadi, R. Satria, F.K. Nisa, Simple preparation of metal alloys by sol–gel autocombustion method, Mater Lett 382 (2025) 137894. DOI: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.matlet.2024.137894>.

Autor de Presentación

Alison Scolly Herrera Rodríguez es estudiante del programa de Bioquímica de la Universidad Antonio Nariño, sede Bogotá. Actualmente se encuentra desarrollando su trabajo de tesis en la Universidad Pontificia Javeriana, enfocado en el estudio de extractos de plantas con potencial bioactivo. Su formación académica ha estado orientada hacia los procesos naturales, con un interés particular en la investigación aplicada y el aprovechamiento de recursos naturales. Ha participado en espacios académicos e investigativos.

Email: alherrera68@uan.edu.co

Actividad catalítica de la electro-oxidación de metanol modulada mediante pulsos de potencial eléctrico

Daniel F. Figueroa¹, Enrique A. Paredes-Salazar^{1,2}, Cesar A. Mujica Martinez¹, Hamilton Varela³, Alfredo Calderón-Cárdenas¹

¹ Grupo de Investigación en Fisicoquímica Básica y Aplicada, Universidad de Nariño, Pasto – Colombia.

² Facultad de Educación, Universidad CESMAG, Pasto – Colombia.

³ Instituto de Química de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, SP – Brasil.

Palabras clave: Electrocatalisis; Electro-oxidación; Pulsos de potencial; Metanol; Simulaciones numéricas.

Resumen

La llamada electrocatalisis por pulsos es una estrategia para modular la actividad catalítica de un electrodo con la aplicación de señales periódicas de potencial durante una reacción electroquímica. Los efectos de la aplicación de los pulsos pueden ser muy distintos entre diferentes procesos electroquímicos, encontrándose reportes en los que se favorece el transporte de masa de las especies electroactivas o casos en los que la cinética de transferencia de carga eléctrica es la que se modula. En este último caso, la forma óptima de la señal a aplicar guarda una estrecha relación con el mecanismo y las velocidades de cada paso de reacción, de tal manera que se consiga minimizar la cobertura de las especies intermedias que envenenan la superficie catalítica.

Por otro lado, el metanol es un compuesto promisorio para ser usado en celdas de combustible de alcohol directo, donde se usan catalizadores basados en *Pt* para incrementar la velocidad de reacción y pretender la selectividad al producto de mayor oxidación, el CO₂. No obstante, el monóxido de carbono y otros intermedios de reacción carbonáceos actúan como venenos catalíticos disminuyendo la eficiencia faradaica del proceso. Así, para aplicar eficientemente la estrategia de electrocatalisis por pulsos a la reacción de electro-oxidación de metanol (MEOR) sobre *Pt*, es indispensable un análisis microcinético en el que se comprenda la relación entre la velocidad de la reacción global y la contribución cinética individual de cada paso de reacción.

En investigaciones previas, se desarrolló un modelo microcinético para la MEOR sobre *Pt* policristalino, el cual fue adaptado en el presente trabajo para evaluar la respuesta del sistema, en términos de la evolución temporal de la densidad de corriente, la cobertura de las especies adsorbidas y la cantidad de productos de reacción, a la aplicación de pulsos de distintas formas, potenciales medios, periodos y amplitudes. Utilizando el software Wolfram Mathematica se simuló la aplicación de 5 distintos tipos de pulsos, variando los valores de potencial eléctrico medio entre 0,3 V y 0,8 V, los periodos entre 0,50 s y 8,39 s y las amplitudes entre 0,002 V y 0,200 V.

Los resultados fueron usados para optimizar la densidad de corriente y la selectividad a CO₂, entendiéndose la importancia de modular la formación de especies oxigenadas en la superficie del catalizador para que reaccionen con los venenos carbonáceos y se prolongue su actividad catalítica. De esta manera, con pulsos sinusoidales y de señal cuadrada se consiguieron máximos de densidad de corriente en torno a 2,4 mA cm⁻² (Figura 1), mayores en más de 3 veces a las densidades de corriente obtenidas con potenciales constantes.

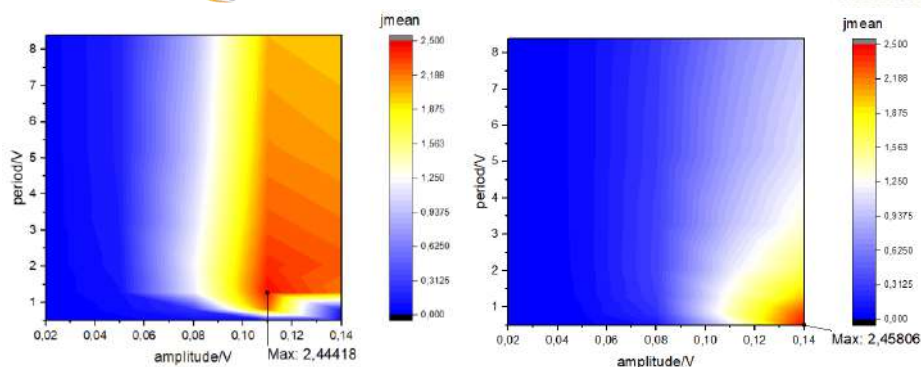


Figura 1. Máximos de densidad de corriente encontrados con los pulsos cuadrado (izquierda) y sinusoidal (derecha) que presentaron valores de $j_{promedio}$ de $2,4 \text{ mA cm}^{-2}$, respectivamente.

Estos resultados abren interesantes perspectivas para la aplicación de la electrocatálisis por pulsos en las reacciones de oxidación de moléculas orgánicas de baja masa molecular, donde las simulaciones microcinéticas son fundamentales para entender la dinámica de éstos procesos electrocatalíticos.

Referencias

- Paredes-Salazar E.A., Calderón-Cárdenas A., Varela H. Microkinetic modeling of the methanol electro-oxidation reaction on platinum. *ACS Catal.* 2023, 13, 9366-9378. DOI: 10.1021/acscatal.3c00838
- Mekazni D.S., Ais-Aran R.M., Ferre-Vilaplana A., *et al.* Why methanol electro-oxidation on platinum in water takes place only in the presence of adsorbed OH. *ACS Catal.* 2022, 12, 1965–1970. DOI: 10.1021/acscatal.1c05122

Autor de Presentación

Daniel Felipe Figueroa es estudiante de Química en la Universidad de Nariño y miembro del Grupo de Investigación en Físicoquímica Básica y Aplicada, donde actualmente realiza su trabajo de grado. Su investigación se enfoca en la reacción de electro-oxidación de metanol usando simulaciones numéricas. Los resultados preliminares de su investigación fueron presentados en las XI Jornadas de Actualización Científica en Química, donde fue reconocido en el primer lugar en modalidad Proyecto Trabajo de Grado.

Email: 1010053719@gmail.com

Valorización de residuos para la obtención de oxalatos mixtos Fe-Zn, como precursores de catalizadores para Síntesis Fischer-Tropsch a base de Fe promovidos con Zn

Olivia Monsalve-Ruiz, Andrés Moreno, Natalia Suárez

Grupo de Investigación en Química de Recursos Energéticos y Medio Ambiente QUIREMA, Universidad de Antioquia, Medellín – Colombia.

Palabras clave: Efecto promotor, oxalato mixto, carburo de hierro, síntesis Fischer-Tropsch.

Resumen

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, metano. 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 $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 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. Estos oxalatos son precursores para la obtención de 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 el oxalato mixto con 50% de Zn y 50%Fe evidencia una descomposición a una temperatura intermedia entre los dos oxalatos puros, mientras que los oxalatos mixtos con menor contenido de Zn, incrementan la temperatura de descomposición 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.

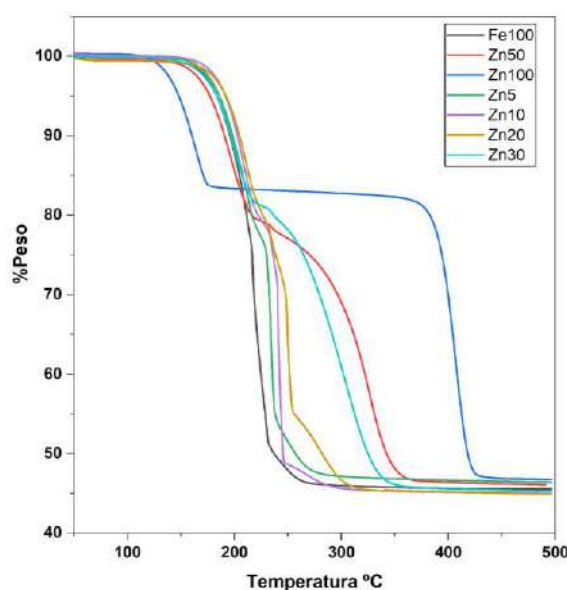


Figura 1. Descomposición térmica de oxalatos puros y mixto, aire, 10°C/min

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.

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

- Zhang C., Xu M., Zixu., *et al.* Uncovering the electronic effects of zinc on the structure of Fe₅C₂-ZnO catalysts for CO₂ hydrogenation to linear α -olefins. *App Cat B: Env.* 2021, 295, 120287. DOI: 10.1016/j.apcatb.2021.120287
- Lee G.W., Kim K.Y., Rhim G.B., *et al.* Effect of Zn promoter on precipitated iron catalyst for linear alpha olefin production via high-temperature Fischer-Tropsch synthesis: Modulating carbon chemical potential. *Fuel.* 2025, 391, 134748.

Autor de Presentación

Olivia Monsalve Ruiz es estudiante de maestría en Ciencias Químicas de la Universidad de Antioquia, donde forma parte del grupo de investigación en Química de Recursos Energéticos y Medio ambiente (QUIREMA). Su línea de investigación se enfoca en la catálisis heterogénea aplicada a la valorización de residuos industriales, con especial interés en el diseño de catalizadores activos para la síntesis Fischer-Tropsch.

Email: olivia.monsalve@udea.edu.co

Comparación de Pretratamientos Alcalinos y Ácidos para Sacarificación de Aserrín de *Eucalyptus Grandis*

Oscar H. Pardo Cuervo¹, Adriana Marcela Gómez Buitrago¹, Henrique Macedo Baudel²

¹ Grupo de Investigación Catálisis, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja – Colombia.

² Instituto Senai de Innovación en Biotecnología, São Paulo-Brasil.

Palabras clave: Biomasa lignocelulósica; Pretratamiento alcalino-oxidativo; Hidrólisis enzimática; Azúcares reductores; *Eucalyptus grandis*.

Resumen

Con el fin de aumentar la cantidad de azúcares reductores obtenidos después de hidrólisis enzimática se evaluó el efecto de pretratamientos ácidos y alcalinos en aserrín de *Eucalyptus grandis* (*E. grandis*). En términos de modificación de los componentes estructurales de aserrín de *E. grandis* los resultados revelan diferencias en la eficacia de los pretratamientos aplicados (Figura 1). El mayor incremento en el contenido de celulosa se observó tras el pretratamiento con NaOH-H₂O₂, con un aumento del 13,14 %, atribuible a la acción sinérgica del medio alcalino y los radicales hidroxilos generados por el peróxido de hidrógeno. En cuanto a la hemicelulosa, el tratamiento con AcOH promovió el mayor aumento (14,81 %), lo que sugiere una preservación de este componente bajo condiciones ácidas moderadas. Por otro lado, la mayor reducción en el contenido de lignina se alcanzó con el pretratamiento combinado de AcOH-H₂O₂, con una disminución del 28,15 %, probablemente debido a la formación de ácido peracético, un agente altamente oxidante y selectivo para la deslignificación. Estos resultados resaltan la capacidad del pretratamiento AcOH-H₂O₂ para reducir eficazmente la lignina sin comprometer significativamente los carbohidratos estructurales, posicionándose como una estrategia prometedora para la valorización de biomasa lignocelulósica.

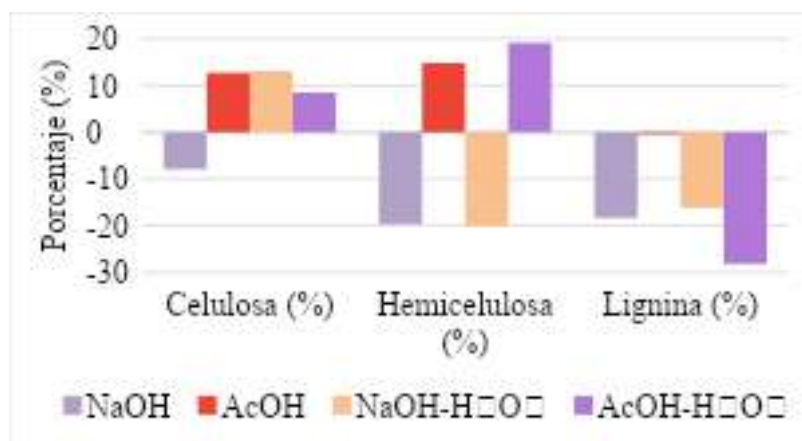


Figura 1. Porcentaje de variación de celulosa, hemicelulosa y lignina en el aserrín de *E. grandis* después de los pretratamientos.

En cuanto a la liberación de azúcares reductores tras 48 h de hidrólisis. El mayor rendimiento neto se alcanzó con el tratamiento combinado de NaOH-H₂O₂, lo que refleja una alta eficiencia en la disrupción de la matriz lignocelulósica y la consiguiente disponibilidad de polisacáridos para la acción enzimática. Le sigue el tratamiento con NaOH solo, confirmando la capacidad del medio alcalino para solubilizar lignina y hemicelulosa, favoreciendo la exposición de la celulosa. En contraste, los tratamientos con AcOH y AcOH-H₂O₂ generaron aumentos netos mucho menores, lo que sugiere que, si bien el ácido acético puede preservar parte de la hemicelulosa, su eficacia en la liberación de azúcares fermentables es limitada bajo las condiciones evaluadas (Tabla 1).

Tabla 1. Cantidad de azúcares reductores obtenidos a partir se aserrín de *E. grandis* antes y después de cada pretratamiento. ($X \pm R$).

Reactivos usados para el pretratamiento	Azúcares reductores (g/L)		
	Tiempo cero	48 h	Neto
Ninguno	0,398 $\pm$ 0,015	0,630 $\pm$ 0,018	0,232 $\pm$ 0,143
NaOH	0,375 $\pm$ 0,003	2,973 $\pm$ 0,457	2,598 $\pm$ 0,177
AcOH	0,411 $\pm$ 0,023	0,429 $\pm$ 0,013	0,018 $\pm$ 1,980
NaOH-H ₂ O ₂	0,379 $\pm$ 0,003	3,620 $\pm$ 0,041	3,241 $\pm$ 0,013
AcOH-H ₂ O ₂	0,371 $\pm$ 0,003	0,907 $\pm$ 0,008	0,535 $\pm$ 0,019

Con el fin de correlacionar la cantidad y tipo de compuestos inhibitorios de las enzimas con la cantidad de azúcares reductores obtenidos, se cuantificaron e identificaron mediante GC-MS los productos generados durante la pirólisis del aserrín de *E. grandis*, tanto en su estado natural como después de los pretratamientos con NaOH (alcalino) y ácido acético (ácido). El pretratamiento con NaOH generó un ambiente más favorable para la hidrólisis enzimática, ya que no produjo compuestos altamente inhibitorios como el formaldehído y el 3-Furaldehído, los cuales fueron más abundantes en el pretratamiento ácido. La alta concentración de ácido acético en el tratamiento con AcOH probablemente contribuyó a la menor producción de azúcares reductores. En contraste, el Fenol, 2-metoxi y el ácido fórmico no parecen haber tenido un impacto negativo significativo en la actividad enzimática después del pretratamiento con NaOH, lo que sugiere que pueden no ser tan inhibitorios en las concentraciones obtenidas.

Referencias

- Sardar S., Mondal C., Chakraborty S., Saha S. Efficacy of alkaline peroxide pretreatment on Eucalyptus grandis as effective lignin removal strategy for production of ethanol using enzymatic hydrolysis. Biomass Convers Biorefin. 2024, 14, 31513–31531. DOI: 10.1007/s13399-024-05532-2.
- Rodrigues D.D.S., Schmitt P.O, Cordeiro L.A., et al. Sustainable Films Derived from Eucalyptus spp. Bark: Improving Properties Through Chemical and Physical Pretreatments. Polymers. 2025, 17, 105. DOI:10.3390/polym17010105.
- Guigou M. et al. Steam Explosion of Eucalyptus grandis Sawdust for Ethanol Production within a Biorefinery Approach. Processes, 2023, 11, 2277. DOI: 10.3390/pr11082277.

Autor de Presentación

Oscar H. Pardo Cuervo es doctor en Química de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (UPTC). Desde febrero del 2015, es investigador del grupo de catálisis de la UPTC. Su investigación se enfoca en catalizadores sólidos para el aprovechamiento de biomasa residual. Es coautor de 15 publicaciones y 7 ponencias. Es docente ocasional en la UPTC.

Email: oscarhernando.pardo@uptc.edu.co

Efecto de la carga de níquel sobre la formación de fases y la actividad fotocatalítica de materiales basados en WO₃ sintetizados por impregnación húmeda

Claudia Castañeda¹, Edwin Sosa¹, Hugo Rojas¹

¹ Grupo de Catálisis, Escuela de Ciencias Químicas, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja-Colombia.

Palabras clave: WO₃; NiWO₄; Óxidos mixtos; Fotocatálisis; Degradación de ácido 2,4-diclorofenoxiacético.

Resumen

En este trabajo se investigó el efecto del contenido de níquel sobre la formación de fases, la estructura y la actividad fotocatalítica de materiales basados en trióxido de tungsteno (WO₃), preparados mediante impregnación húmeda con nitrato de níquel como precursor. Se sintetizaron muestras con contenidos nominales de 0,4; 0,8; 1,6 y 2,4% en masa de níquel, seguidas de calcinación a 400°C. El análisis por difracción de rayos X (DRX) evidenció la presencia de WO₃ en todas las muestras, mientras que la formación de la fase NiWO₄ se observó solo en los materiales con mayores contenidos de Ni (1,6% y 2,4%), indicando la formación de óxidos mixtos a partir de la interacción entre Ni y el soporte. Es importante mencionar que, el NiWO₄ posee propiedades electrocrómicas interesantes, además de una alta estabilidad estructural y buenas propiedades catalíticas. Jianhua *et al.* informaron que la heterounión de esquema Z directa formada por NiWO₄/WO₃ podría reducir la resistencia de transferencia de los portadores fotogenerados. Por otra parte, las áreas superficiales mostraron un ligero aumento con la incorporación de Ni a baja concentración, pero disminuyeron progresivamente a medida que incrementó la carga metálica; este comportamiento podría estar asociado a la formación de fases cristalinas adicionales o a la cobertura parcial de la superficie activa. Los valores de energía de banda prohibida (*E_g*), mostraron un ligero incremento desde 2,66 eV en el WO₃ puro hasta 2,74 eV en la muestra con mayor contenido de Ni, lo que podría reflejar modificaciones estructurales o electrónicas derivadas de la incorporación del metal (Tabla 1).

Tabla 1. Propiedades fisicoquímicas de los materiales estudiados.

Material	S _{BET} (m ² /g)	Tamaño de cristalito (nm)	E _g (eV)
WO ₃	5	20	2,66
0,4NiW	7	21	2,70
0,8NiW	7	22	2,70
1,6NiW	6	21	2,72
2,4NiW	5	21	2,74

La actividad fotocatalítica fue evaluada mediante la degradación del herbicida ácido 2,4-diclorofenoxiacético (2,4-D) empleando radiación UV. En ausencia de material fotocatalítico (fotólisis) se promovió una degradación del herbicida del 37%. Además, se observó una mejora en el desempeño al incrementar la carga metálica hasta 0,8% de Ni, seguido de una disminución de la actividad empleando las muestras con mayor contenido del metal, coincidiendo con la aparición de NiWO₄ (Figura 1). Estos resultados sugieren que cantidades moderadas de Ni pueden favorecer la eficiencia fotocatalítica mediante efectos superficiales y electrónicos, mientras que excesos conducen a transformaciones estructurales que comprometen la separación de carga y la disponibilidad de sitios activos.

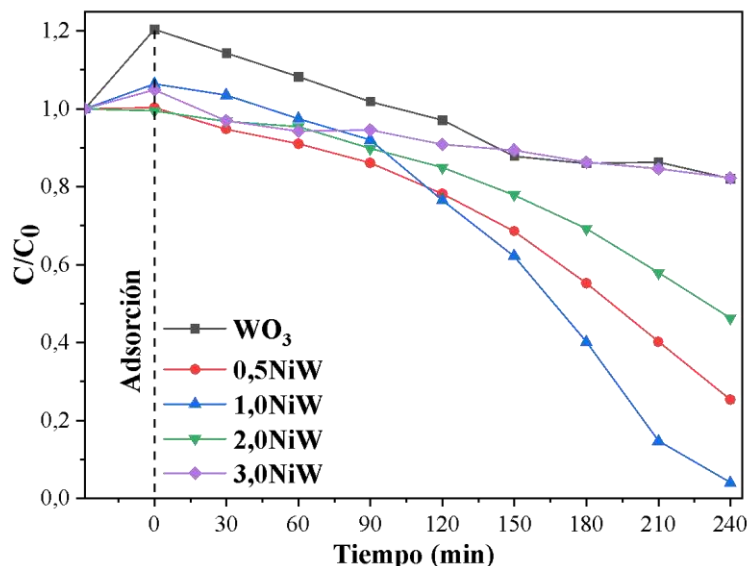


Figura 1. Variación de la concentración relativa del ácido 2,4-D en función del tiempo de reacción empleando los materiales fotocatalíticos.

Referencias

- Hao M., Meng X., Miao, Y. Synthesis of NiWO₄ powder crystals of polyhedron for photocatalytic degradation of Rhodamine. *Solid. State. Sci.* 2017, 72, 103-108. DOI: 10.1016/j.solidstatesciences.2017.08.018
- Jianhua G., Yangang S., Weiwei C., *et al.* Z-scheme heterojunction based on NiWO₄/WO₃ microspheres with enhanced photocatalytic performance under visible light. *Dalton. Trans.* 2021, 50, 13801-13814. DOI: 10.1039/D1DT02558A

Autor de Presentación

Claudia Patricia Castañeda Martínez es doctora en Ciencias (Química) por la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM) de la Ciudad de México. Desde febrero de 2017, es docente de la Escuela de Ciencias Químicas de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia y desde el año 2008 es investigadora del Grupo de Catálisis de la UPTC. Su investigación se enfoca en catalizadores sólidos para la eliminación de contaminantes en agua y producción de H₂. Es coautora de 20 publicaciones y 1 libro de formación en el área de Química Analítica. Ha recibido la medalla al mérito universitario en su doctorado y distinción meritatoria por su tesis de maestría.

Email: claudia.castaneda@uptc.edu.co

Estudio del desempeño fotocatalítico de hidróxidos dobles laminares de MgFe, CoFe y CuFe en la degradación de 4-clorofenol

Sonia Mancipe Estevez¹, Juan Pablo Ortiz Tibaduiza¹, Hugo Rojas¹

¹ Grupo de Catálisis, Escuela de Ciencias Químicas, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja-Colombia.

Palabras clave: fotocatalisis, degradación de 4-clorofenol, MgFe, CoFe y CuFe.

Resumen

En la actualidad, la contaminación ambiental se encuentra relacionada con el desarrollo tecnológico e industrial. Si bien la industrialización ha contribuido al progreso en áreas como la salud pública, la producción de bienes y el acceso a nuevas fuentes de energía, su crecimiento acelerado y sin una adecuada regulación ha generado un uso intensivo de recursos naturales. Esto ha derivado en diversas problemáticas ambientales como la contaminación del agua. El presente estudio plantea la síntesis de materiales tipo hidrotalcita o hidróxidos dobles laminares de MgFe, CoFe y CuFe para ser usados en la degradación fotocatalítica de 4-clorofenol. Este contaminante es un clorofenol clasificado como prioritario por la Agencia de Protección Ambiental de EE. UU. (US-EPA). Su presencia en cuerpos de agua a concentraciones superiores a 1 ppm representa un riesgo para la biodiversidad y la salud humana, pudiendo causar efectos tóxicos, metabólicos e incluso carcinogénicos.

Para llevar a cabo el estudio propuesto, los HDL de MgFe, CoFe y CuFe fueron sintetizados mediante coprecipitación asistida por mecanoquímica. Posteriormente, se caracterizaron por DRX, fisisorción de nitrógeno y espectroscopía UV-Vis de reflectancia difusa. Finalmente, se evaluó su desempeño fotocatalítico en la degradación del 4-clorofenol bajo radiación UV.

Los resultados presentes en la Tabla 1 muestran que el tamaño promedio de cristalito, determinado mediante la ecuación de Scherrer, fue de 13,74 nm, 10,54 nm y 12,92 nm para MgFe, CoFe y CuFe, respectivamente. Estos valores moderados favorecen la estabilidad estructural de los hidróxidos dobles laminares (HDL) durante las reacciones. Los parámetros reticulares a y c , calculados a partir de las reflexiones (110) y (003), relacionados con la separación entre cationes metálicos en las capas tipo brucita y la distancia interlaminar, respectivamente, indican que existe una pequeña variación en la distancia interlaminar que podría deberse a la interacción entre aniones y grupos hidroxilo, pero no hay una modificación en la distancia entre cationes por el cambio en el metal bivalente. Por otro lado, el análisis de fisisorción de nitrógeno evidencia que el área superficial del sólido de CoFe tiene un área de 91 m²/g mayor en comparación a los otros dos materiales, sin embargo, es importante resaltar que la naturaleza del catión M²⁺ afecta la disposición estructural y la formación de poros, donde CoFe, con el mayor volumen de poro (0,25 cm³/g), podría presentar una estructura menos compacta debido a un apilamiento menos denso de las láminas tipo brucita. En contraste, CuFe muestra el menor volumen de poro (0,16 cm³/g), lo que sugiere una mayor densidad estructural y una menor cantidad de poros interconectados. Finalmente, en la caracterización, los valores de energía de banda prohibida (E_g), obtenidos por extrapolación muestran que MgFe presentó el mayor E_g (2,10 eV), seguido de CuFe (2,06 eV) y CoFe (1,89 eV), lo que refleja diferencias en la absorción de luz. Esto indica que la incorporación de distintos cationes bivalentes en la estructura LDH influye directamente en sus propiedades ópticas.

Tabla 1. Propiedades fisicoquímicas de los HDL MgFe, CoFe y CuFe

Fotocatalizador	Tamaño promedio de cristalito (nm)	Parámetros de red (nm)		S _{BET} (m ² /g)	Volumen promedio de poro (cm ³ /g)	E _g (eV)	% de degradación
		a	c				
MgFe	13,74	0,3119	1,717	51	0,20	2,10	20
CoFe	10,54	0,3119	2,238	91	0,25	1,89	35
CuFe	12,92	0,3119	2,046	54	0,16	2,06	60

Los resultados de la actividad fotocatalítica indican que el HDL CuFe presentó la mayor eficiencia fotocatalítica, logrando una reducción del 60 % en la concentración de 4-CF. Este comportamiento se atribuye a la presencia del cobre, que favorece la absorción de luz en el rango UV-Vis. CoFe mostró una eficiencia intermedia, posiblemente relacionada con la naturaleza del catión bivalente y su mayor área superficial. Además, los análisis de DRX revelan que CoFe y CuFe poseen menores tamaños de cristalito, lo que podría influir en su actividad fotocatalítica.

Referencias

- Vázquez Martínez M., Hernández Cadena A., Jesús Magaña J. Á., *et al.* Beneficios de Implementar la automatización en la industrialización de procesos. *Innovación y Desarrollo Tecnológico*. 2023, 15(3), 1223-1229.
- Wang Q. y O'Hare D. Recent Advances in the Synthesis and Application of Layered Double Hydroxide (LDH) Nanosheets. *Chem. Rev.* 2012, 112(7), 4124-4155. DOI: 10.1021/cr200434v
- Peralta A. M. Evaluación del CuO y el Nanocomposito Cu/CuO en la Fotodegradación de 4-clorofenol empleando luz visible y luz UV. BUAP 2019. <https://hdl.handle.net/20.500.12371/4928>

Autor de Presentación

Sonia Mancipe Estevez es magíster en Metalurgia y Ciencia de los Materiales por la UPTC y doctora en Ciencias (Química) por la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM). Participa en el grupo de investigación de Catálisis de la Uptc desde 2008 y es docente de la Escuela de Química de la misma universidad desde febrero de 2017. Su investigación se enfoca en el desarrollo de materiales aplicados a la fotocatalisis y catálisis heterogénea. Ha sido reconocida con la condecoración “Elicer Silva Celis” otorgada por la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, en reconocimiento a su trayectoria académica, científica y profesional.

Email: sonia.mancipe@uptc.edu.co

Desarrollo de transportadores sólidos de oxígeno (TSO) basados en Ni a partir del mineral bauxita para la producción de hidrógeno vía chemical looping reforming de metano

Alba Nelly Ardila Arias¹, Juan David Valencia González¹, Erasmo Arriola Villaseñor¹

Grupo de Investigación en Catálisis Ambiental y Energías Renovables (CAMER), Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid, Medellín-Colombia.

Palabras clave: Sonicación, Mineral Bauxita, Transportadores sólidos de oxígeno, producción de hidrógeno.

Resumen

Esta investigación tuvo como objetivo principal desarrollar y comparar diferentes rutas de modificación del mineral bauxita natural para su aplicación como transportadores sólidos de oxígeno (TSO) en la reacción de chemical looping reforming (CLR) del metano, orientada a la producción eficiente de hidrógeno. Se evaluaron tratamientos termoquímicos basados en sonicación de alta energía, calcinación, activación alcalina con KOH y posterior impregnación con níquel. A partir de estas rutas se prepararon nueve tipos de materiales, con el fin de establecer la influencia de cada tratamiento en la estructura, composición, morfología y, finalmente, en el desempeño catalítico de los TSO sintetizados.

Las caracterizaciones fisicoquímicas mediante DRX, Raman y XPS revelaron la formación de fases activas como Fe_2O_3 , NiO , NiFe_2O_4 y NiAl_2O_4 , así como la reducción de especies indeseables como SiO_2 tras los tratamientos con KOH. Se evidenció que la impregnación con níquel promovió la formación de fases tipo espinela, altamente estables y con buena movilidad de oxígeno. A su vez, la sonicación previa a la impregnación mejoró la dispersión del Ni, como lo demostraron las diferencias entre los perfiles superficiales (XPS) y los contenidos totales (AAS), indicando un mejor anclaje e interacción metal-soporte. Por el contrario, cuando la bauxita fue sonicada sin posterior impregnación metálica, se observaron efectos negativos en la actividad, probablemente por encapsulamiento o bloqueo de sitios redox del hierro.

Los ensayos catalíticos de CLR a 900 °C (Tabla 1), mostraron que las muestras sin níquel presentaron conversiones muy bajas de metano (<11 %), mientras que las impregnadas con Ni superaron el 70 % de conversión, con producciones de hidrógeno superiores a 10 mmol y eficiencias mayores a 50 mmol H_2 /g TSO. Entre todas las muestras, BH5-T1000-20Ni (sonicada e impregnada con Ni) presentó el mejor desempeño global, con mayor producción de H_2 , mejor eficiencia y mayor estabilidad en ciclos redox, sin evidencias de sinterización o desactivación. Además, los TSO con Ni lograron conversiones de CO_2 cercanas al 100 %, lo que permitió una regeneración completa y continua del material, evitando acumulación de carbono y desactivación catalítica.

Tabla 1. Resultados de la conversión de metano para las muestras seleccionadas.

Muestra	Conversión	H_2	CO	H_2/CH_4	H_2/CO	mmol H_2/gTSO	Conversión
	CH_4	producido	producido				CO_2
	%	mmol	mmol	-	-	-	%
BC-T1000	11,00	1,50	1,82	1,26	0,82	7,48	21,25
BC-T1000-20Ni	73,22	10,63	9,11	1,34	1,17	53,13	99,16
BH5-T1000	5,77	0,45	0,91	0,71	0,69	2,23	10,51
BH5-T1000-20Ni	71,37	12,19	9,26	1,58	1,32	60,96	98,33

En conjunto, los resultados obtenidos permiten concluir que el tratamiento combinado de sonicación, activación alcalina e impregnación con níquel es una estrategia efectiva para convertir la bauxita natural en un TSO altamente eficiente y estable para procesos de reformado químico de metano. La mejora estructural inducida por la sonicación y la formación de espinelas como NiFe_2O_4 y NiAl_2O_4 proporcionan estabilidad térmica y capacidad redox sostenida, posicionando a estos materiales como alternativas viables y de bajo costo frente a otros TSO sintéticos reportados en la literatura científica.

Esta investigación contribuye al desarrollo de tecnologías más sostenibles para la producción de hidrógeno a partir de hidrocarburos ligeros. Este estudio comparativo demuestra que la bauxita, modificada mediante calcinación e impregnación con níquel, es un TSO prometedor y de bajo costo para la producción de hidrógeno mediante CLR de metano.

Los resultados de caracterización fisicoquímica de los materiales (FRX, AAS, XRD, UV-VIS RSD, Raman, H₂-TPR y XPS) son coherentes y revelan fenómenos clave como el enriquecimiento superficial del Ni y su distribución más homogénea inducida por la sonicación. La incorporación de Ni es esencial para lograr alta actividad catalítica, conversión de CH₄ (>70%) y producción eficiente de H₂ (>53 mmol/g TSO). El pretratamiento por sonicación de la bauxita antes de la impregnación con Ni mejora significativamente el desempeño del TSO resultante (BH5-T1000-20Ni), logrando la mayor eficiencia de producción de H₂ (60.96 mmol/g TSO), atribuida a una mejor dispersión, accesibilidad y estabilidad del Ni sobre la matriz de bauxita modificada. Ambos TSO con Ni muestran una excelente capacidad para convertir CO₂ (>98%), crucial para prevenir la coquización y asegurar la estabilidad cíclica. Estos resultados destacan el potencial de la bauxita como material precursor y el beneficio de la sonicación en la ingeniería de TSO basados en metales activos soportados, ofreciendo una alternativa eficiente y económicamente atractiva a los materiales sintéticos complejos para la producción sostenible de hidrógeno.

Referencias

- Zhao H., Zhang, B., Sun Z., Zhang H. *et al.* Chemical Looping Conversion of CO₂ Based on Bauxite Residue: Thermodynamic Behavior and Kinetic Characteristics. *J. Energy Inst.* 2023, 109, 101300. DOI:10.1016/j.joei.2023.101300
- Mendiara T., García-Labiano F., Gayán P., Abad A., *et al.* Evaluation of the Use of Different Coals in Chemical Looping Combustion Using a Bauxite Waste as Oxygen Carrier. *Fuel* 2013, 106, 814–826. DOI:10.1016/j.fuel.2012.11.047
- Huang, N.; Gao, X.; Omosebi, A.; Koumoulis, D.; Liu, K. Enrichment of Iron from Bauxite Waste in Chemical Looping Combustion. *AIChE J.* 2023, 69, 1–10, DOI:10.1002/aic.17961
- Mendiara, T.; Gayán, P.; Abad, A.; de Diego, L.F.; García-Labiano, F.; Adánez, J. Performance of a Bauxite Waste as Oxygen-Carrier for Chemical-Looping Combustion Using Coal as Fuel. *Fuel Process. Technol.* 2013, 109, 57–69. DOI:10.1016/j.fuproc.2012.09.038

Autor de Presentación

Alba Nelly Ardila Arias es doctora en Ciencias Ingeniería Química por la Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa (México), es investigador postdoctoral en el Centro de Nanociencia y Nanotecnología (CNYN) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Ensenada-Baja California. Su investigación se enfoca en el desarrollo, caracterización y evaluación de materiales catalíticos a partir de residuos para su aplicación en contextos ambientales y producción de químicos de alto valor agregado. Es autor y/o coautor de 60 publicaciones y más de 500 ponencias. Profesora Titular adscrito a la Facultad de Ciencias y Educación, Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid. Investigadora Sénior, Convocatoria Nacional 957 de 2024-2023 para el Reconocimiento y Medición de Grupos de Investigación de SNCTeI.

Email: anardila@elpoli.edu.co

Producción de hidrógeno vía descomposición catalítica de metano con catalizadores de NZVI y NZVI soportados

Maria H. Brijaldo^{1,2}, Paula Ramírez^{1,2}, Cristian Castillo³, José J. Martínez^{1,2}, Hugo Rojas²

¹ Grupo de Investigación de Farmacia y Medio Ambiente (FARQUIMA), Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja – Colombia.

² Grupo de Investigación de Catálisis de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (GC-UPTC), Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja – Colombia.

³ Centro de Química Estrutural, Institute of Molecular Sciences, Departamento de Engenharia Química, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Lisboa-Portugal.

Palabras clave: Metano; Hidrógeno; Descomposición; Nanopartículas de hierro.

Resumen

El uso continuo de combustibles fósiles como fuente de energía ha suscitado serias preocupaciones por sus enormes emisiones de gases de efecto invernadero. Es fundamental encontrar una producción nueva y más limpia, con el medio ambiente, para sustituir a los combustibles fósiles. El hidrógeno, ha recibido gran importancia por su alto poder calorífico, sus propiedades limpias y libres de contaminación. Con base en esta perspectiva, la presente investigación se centró en la producción de hidrógeno mediante la descomposición del metano, ya que los productos comprenden principalmente hidrógeno y carbono sólido, los cuales son fácilmente separables.

Para esta reacción, se sintetizaron y caracterizaron dos grupos de sistemas catalíticos basados en NZVI (Nanopartículas de hierro cerovalente). Por un lado, los NZVI se obtuvieron utilizando NaBH_4 como agente reductor (NZVI-A y NZVI-A/ Al_2O_3) y el segundo grupo de NZVI se preparó a partir de la reducción de Fe_2O_3 con H_2 (NZVI-B y NZVI-B/ Al_2O_3). Este conjunto de materiales presentó características fisicoquímicas, morfológicas y estructurales que les permitieron un buen desempeño durante la descomposición de metano, generando H_2 como producto principal (Tabla 1). Mediante difracción de rayos X (DRX) y Espectroscopia fotoelectrónica de rayos X (XPS), se verificó la presencia mayoritaria de hierro de valencia cero en los sistemas catalíticos NZVI-B y NZVI-B/ Al_2O_3 . Con base en esta observación, se verificó el efecto del método de síntesis de NZVI, ya que, en los catalizadores basados en NZVI-A, se confirmó la presencia de boro residual, lo cual indicó la fragmentación de las micropartículas de magnetita en la capa de óxido en la estructura núcleo-capas del NZVI, generando partículas nanométricas.

Tabla 1. Área superficial, volumen y diámetro de poro, tamaño de partícula y resultados XPS para catalizadores NZVI y NZVI soportados.

Catalizador	S_{BET} (m^2/g)	Vol. poro (cm^3/g)	Diam. poro (nm)	Tamaño de partícula (TEM) (nm)	XPS		
					Especies Fe $2p_{3/2}$	BE (eV)	% atómico
NZVI-A/ Al_2O_3	213	0,46	6,2	1,1	Fe^{3+}	710,8	(53,3)
					Fe^{2+}	713,8	(46,7)
					Fe^{3+}	710,2	(64,0)
NZVI-B/ Al_2O_3	60	0,18	12,4	3,5	Fe^{2+}	714,1	(33,6)
					Fe^0	706,8	(2,4)
					Fe^{3+}	712,2	(28,3)
NZVI-A	28	0,17	20,2	1,1	Fe^{2+}	716,5	(71,7)
					Fe^{3+}	710,6	(65,1)
					Fe^{2+}	714,8	(32,9)
NZVI-B	16	0,14	33,0	1,7	Fe^0	706,9	(2,0)

La Figura 1 exhibe el comportamiento de conversión de metano a durante 280 min de reacción de descomposición a 800°C . Se observó que en los primeros 30 min de conversión los catalizadores de

NZVI-A/ Al_2O_3 y NZVI-B/ Al_2O_3 alcanzaron conversiones superiores al 50%, no obstante, a lo largo del tiempo de reacción estas fueron disminuyendo hasta estabilizarse en conversiones de metano sobre el 10%, posiblemente por la acumulación de coque en la superficie de los catalizadores. Por otro lado, el sistema NZVI-B presentó un comportamiento catalítico creciente hasta alcanzar conversión de metano alrededor de 90%. Este comportamiento podría estar atribuido en gran parte a la alta presencia de partículas de Fe en estado metálico, haciendo que la transformación del metano se mantenga estable con largo tiempo de reacción. El hidrógeno fue el único gas producto de la reacción detectado por cromatografía de gases, y los rendimientos oscilaron entre el 20 y 30%, siendo el catalizador NZVI-B el que mejor desempeño presentó.

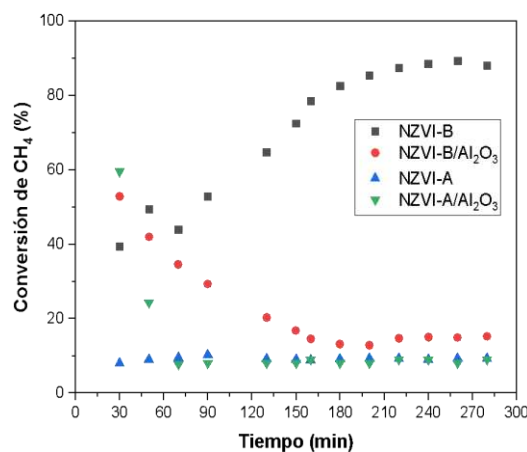


Figura 1. Conversión de metano usando catalizadores de NZVI y NZVI soportados. Masa de catalizador = 300 mg; Temperatura de reacción: 800°C; Flujo de CH_4 : 6 mL/min.

Referencias

- Zhang L., Wen Y., Zhao S., et al. Core-shell structured Fe_3C as high-performance catalyst for methane decomposition. *Fuel*. 2024, 371, 131949. DOI: 10.1016/j.fuel.2024.131949
- Qian JX., Liu DB., Basset JM., Zhou L. Methane decomposition to produce hydrogen and carbon nanomaterials over costless, iron-containing catalysts. *J Clean Prod.* 2021, 320, 128879. DOI: 10.1016/j.jclepro.2021.128879

Autor de Presentación

María Helena Brijaldo es profesora de Química en la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (UPTC). Obtuvo su doctorado en 2016 en la Universidad Federal Fluminense (UFF), Brasil. Sus principales intereses científicos son los catalizadores heterogéneos, su caracterización mediante diferentes técnicas instrumentales y sus aplicaciones para la obtención de biocombustibles a partir de moléculas de plataforma derivadas de biomasa. Además, ha investigado la reacción de hidrogenación en el campo de la química fina para la producción de productos químicos de alto valor agregado.

Email: maria.brijaldo@uptc.edu.co

Estudio de la oxidación de etanol sobre nanotubos de haloisita

Steven Moreno¹, Oscar Pardo¹, Julie Murcia¹, Andreia F. Peixoto²

¹ Grupo de Catálisis, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja – Colombia.

² Departamento de Química e Bioquímica, Faculdade de Ciências, Universidade do Porto, Porto - Portugal

Palabras clave: Etanol, Fotocatálisis, haloisita, FTIR.

Resumen

Se sintetizaron nanotubos de haloisita por organosilación directa con 2-(4-clorosulfonil) etiltrimetoxisilano (HNT-CSPTMS) y ácido clorosulfónico (HNT-SO₃H) cuya síntesis exitosa se comprobó por FTIR (Termo Scientific NICOLET iS50), dada la presencia de vibraciones Si-O asociadas a los grupos silanol (1070 cm⁻¹) y a los grupos sulfónicos (1000 a 600 cm⁻¹). Estos materiales se evaluaron en la oxidación de etanol, bajo irradiación UV-Vis (lámpara Osram Ultravitalux a 30 W/m²), flujo constante de vapor de etanol, durante 60 minutos a 50°C. El seguimiento se realizó a 1, 10, 15, 30 y 60 minutos (Figura 1).

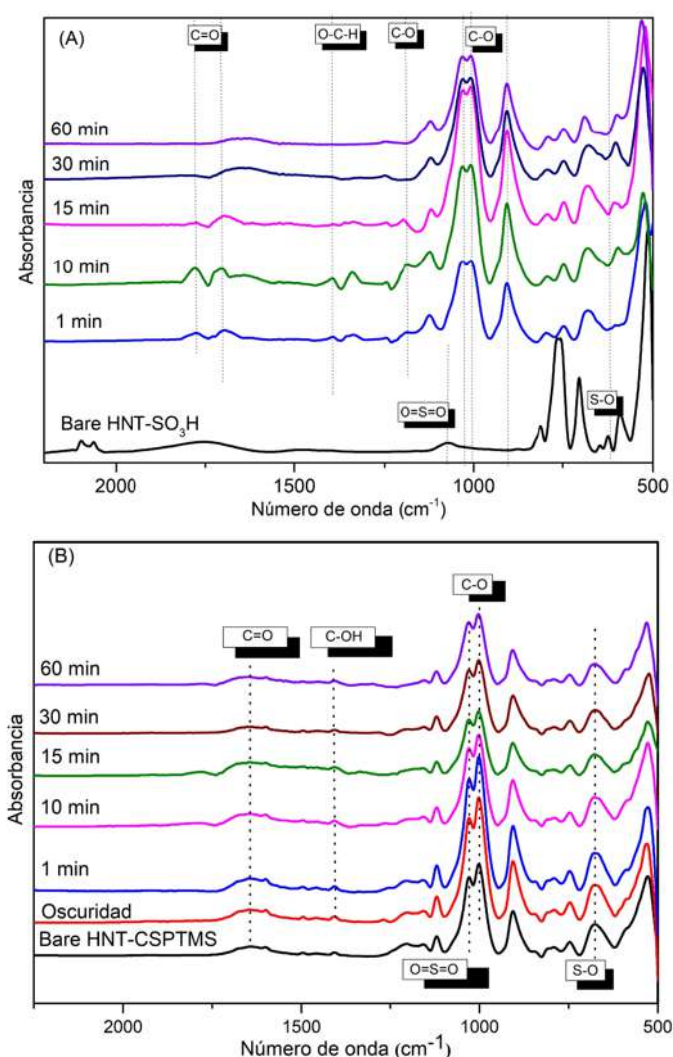


Figura 1. Espectros FTIR de la oxidación de etanol sobre HNT-SO₃H (A) y (B) HNT-CSPTMS.

Se observa disminución de intensidad en las bandas asociadas a SO₃H y a los grupos sulfonilo, después de la adsorción del etanol, indicando que éste se adsorbe preferencialmente sobre el catalizador a través de estos grupos. Las bandas entre 900 y 1060 cm⁻¹ corresponden a vibraciones C-O del etanol. Desde

el primer minuto de irradiación hay bandas localizadas a 1778 cm^{-1} y 1690 cm^{-1} correspondientes a la vibración C=O, indicando formación de acetaldehído. Después de 15 minutos, estas bandas desaparecen y se forma una banda a 1647 cm^{-1} , característica de los aldehídos. La banda a 1191 cm^{-1} indica formación de ácidos orgánicos con vibraciones C-O y la banda en 1390 cm^{-1} del enlace O-C-H, indica formación de ácido acético.

El mecanismo de reacción observado en este trabajo, coincide con la ruta de fotooxidación del etanol hacia acetaldehído, ácido acético, CO_2 y agua, lo cual ha sido reportado ampliamente en la literatura (Hidalgo et al., 2013), demostrando que el HNT- SO_3H transforma al etanol en compuestos orgánicos de alto valor agregado como el acetaldehído.

El material HNT-CSPTMS (Figura 1B), fue poco activo, evidenciando similitud entre los espectros obtenidos por FTIR.

El presente trabajo constituye una propuesta de investigación, cuyos resultados preliminares evidenciaron el potencial de oxidación del material HNT- SO_3H , la siguiente etapa de la investigación incluirá el seguimiento de la reacción a través de cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas, para identificar los intermediarios de reacción y su concentración.

Referencias

- Ranjbari A., Demeestere K., Walgraeve C., *et al.* Novel kinetic modeling of photocatalytic degradation of ethanol and acetaldehyde in air by commercial and reduced Zn: Effect of oxygen vacancies and humidity. *Chemosphere*, 2024, 358, 142118. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2024.142118
- Murcia J., Hidalgo M., Navío J., *et al.* In situ FT-IR study of the adsorption and photocatalytic oxidation of ethanol over sulfated and metallized TiO_2 . *Appl. Catal. B*, 2013, 142, 205. DOI: 10.1016/j.apcatb.2013.05.022
- Almquist C., O'Hare I., Garza L., *et al.* UV-LED Photocatalytic Device for the Oxidation of Ethanol and Hexane Vapor in Air. *Chem. Proc*, 2021, 6, 11036. DOI: 10.3390/ECCS2021-11036

Autor de Presentación

Steven Orlando Moreno Acuña es estudiante de Química de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (UPTC). Desde febrero de 2025 es integrante del grupo de catálisis en la línea de fotocatalisis. La investigación desarrollada hasta el momento se basa en la transformación de contaminantes emergentes en compuestos de alto valor agregado por medio de procesos fotocatalíticos.

Email: steven.moreno@uptc.edu.co

Diseño y funcionalización de MIL-125 con ácido L-glutámico para la formación de un sistema catalítico quirral

Santiago Ortiz¹, Laura-Milena Valdiviezo¹, Fernando Martinez O.¹

¹ Centro de Investigación en Catálisis, Escuela de Química, Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga – Colombia.

Palabras clave: MIL-125, ácido L-glutámico, MOF, Complejo de Mo, Transferencia de Oxígeno

Resumen

Los marcos metal-orgánicos (MOFs) tipo MIL-125 despiertan interés por sus propiedades de estructura porosa, así como fotoactivas en aplicaciones catalíticas. La incorporación de grupos quirales en su estructura permite diseñar sitios activos asimétricos, útiles en catálisis enantioselectiva. En este estudio, se funcionalizó MIL-125 con ácido L-glutámico (AG) para generar un entorno quirral capaz de coordinar un complejo de acetilacetato de dioxomolibdeno (VI), el cual actúa como catalizador en la reacción de Transferencia de Átomo de Oxígeno (TAO).

La síntesis de MIL-125 se realizó en una mezcla volumétrica 9/1 de DMF/metanol junto con ácido tereftálico e isopropóxido de titanio; luego, la solución se calentó a 150°C durante 76 h utilizando un autoclave. El sólido obtenido se lavó con DMF y metanol y se secó a 110°C. Para la funcionalización, el ácido L-glutámico se disolvió en DMF y se mezcló con MIL-125, sometiendo la mezcla a sonicación durante 30 minutos y luego a calentamiento a 80°C durante 72 horas. El material final se lavó y secó, denominándose M-A-10/9.

La caracterización de MIL-125 se realizó mediante el análisis de DRX, el cual confirmó la estructura cristalina de la MOF, mostrando ajuste a datos teóricos de $R_{wp} = 6.44\%$. El FT-IR evidenció señales típicas de enlaces Ti-O (537 cm^{-1}) y carboxilatos del ligando (COOH: 1404 cm^{-1}). Las propiedades texturales, estimadas mediante la isoterma de adsorción/desorción de N_2 a 77K, revelaron un área superficial específica de $854,96\text{ m}^2/\text{g}$ y un tamaño de poro promedio de $6,19\text{ nm}$. Asimismo, la reflectancia difusa UV-Vis indicó una banda amplia en el rango UV-VIS asociado a un carácter de semiconductor, calculándose una banda prohibida óptica de $3,65\text{ eV}$.

La funcionalización con ácido glutámico se midió mediante FT-IR, observándose nuevas señales atribuibles a los grupos funcionales del AG: 513 cm^{-1} (δCOOH), 1381 cm^{-1} (νCOOH), 2922 cm^{-1} ($\nu_{\text{C-H}}$) y 2957 cm^{-1} ($\nu_{\text{asC-H}}$), lo que sugiere su incorporación. El DRX mostró que la cristalinidad de MIL-125 se conservó tras la funcionalización, sugiriendo que el anclaje no afecta la integridad estructural del MOF.

Adicionalmente, el análisis de XPS detectó la presencia de nitrógeno superficial ($2,95\%$), elemento ausente en MIL-125 originalmente, junto con señales de C=C ($284,6\text{ eV}$), C-C ($284,8\text{ eV}$), C-N ($285,5\text{ eV}$), COOH (289 eV) y una nueva señal a $290,2\text{ eV}$ atribuible al enlace éster Ti-O-CO-R(AG). En la región Ti 2p surgió un componente adicional a $459,2\text{ eV}$, atribuible al enlace Ti-O-C(AG), y los desplazamientos observados en la región O 1s, comparados con una mezcla MIL-125/AG, evidencian la formación de nuevos enlaces químicos Ti-O-C(AG) por la funcionalización con AG.

Finalmente, de acuerdo con los resultados obtenidos, la funcionalización del MOF sigue un mecanismo de esterificación de Fischer, donde el -COOH protonado del glutámico está unido por el -OH del clúster de MIL-125, formando un enlace éster sin modificar su estructura y cristalinidad, y probablemente conservando su fotoactividad.

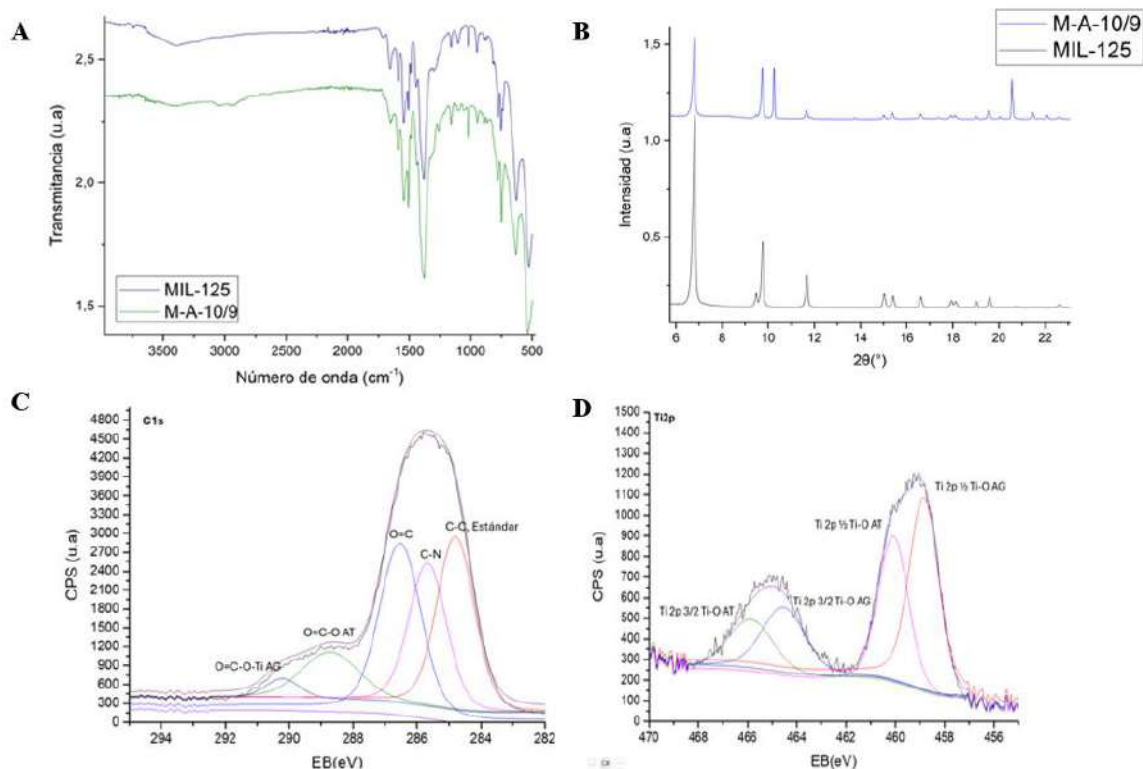


Figura 1. Caracterización espectroscópica de la funcionalización de MIL-125 con AG por: (A) FT-IR, (B) DRX, (C) y (D) XPS de C1s, Ti 2p respectivamente.

Autor de Presentación

Santiago Ortiz Silva es estudiante de Química en la Universidad Industrial de Santander. Desde 2023, realiza actividades de investigación en el Centro de Investigación en Catálisis (CICAT), donde ha trabajado en la síntesis de catalizadores enfocados en la epoxidación de monoterpenos.

Email: santiagoortizsilva8@gmail.com

Obtención de nanohilos de metales de transición: cobre, níquel, cobalto y plata.

Anderson Y. Suárez-Heredia, Valentina Garzón-Cucaita, Juan A. Torres-Luna, José G. Carriazo

¹ Laboratorio de Diseño y Reactividad de Estructuras Sólidas (LAB-DRES), Departamento de Química, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá– Colombia.

Palabras clave: Nanohilos metálicos, nanohilos bimetálicos, catalizadores metálicos, metales de transición.

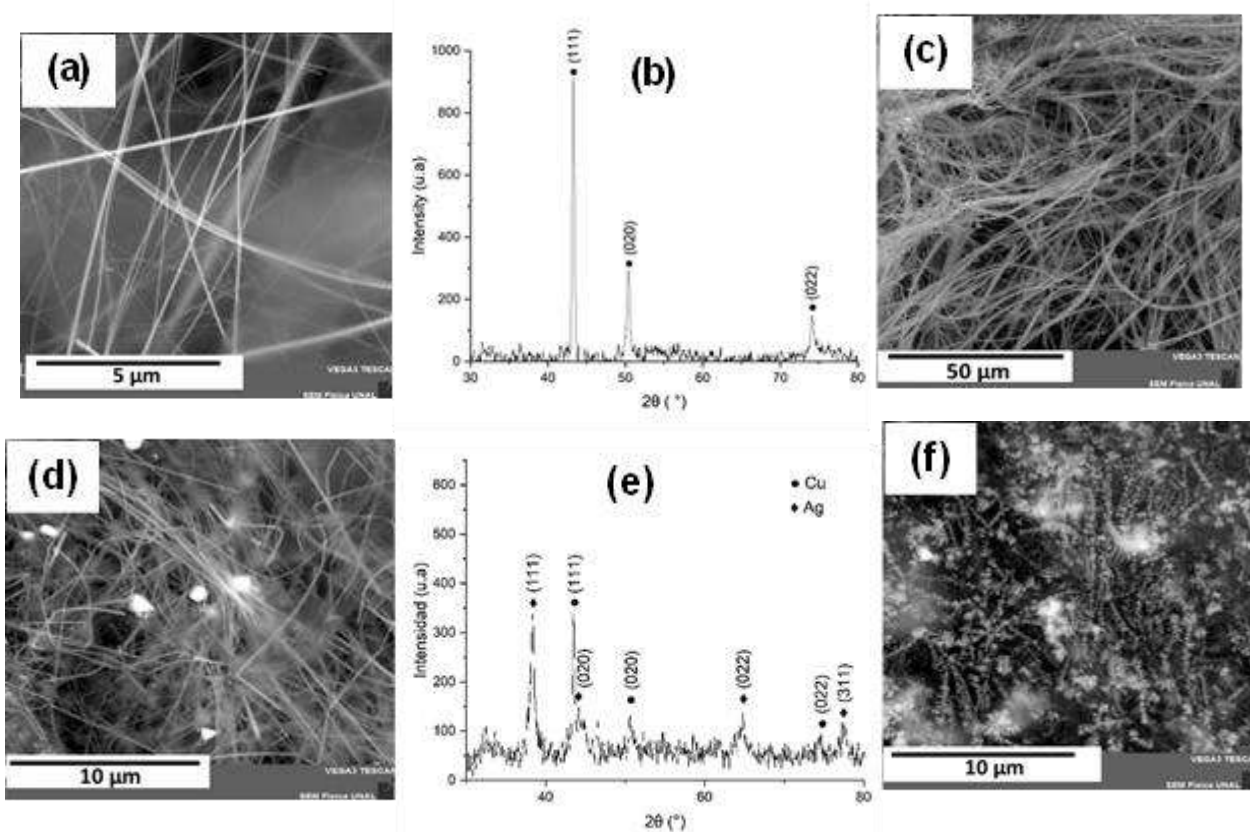
Resumen

Los nanohilos de metales de transición son de gran interés investigativo en los últimos años. Son materiales con sólo una dimensión superior a los 100 nm (materiales 1D) y que ofrecen una excelente relación superficie-volumen, lo que ocasiona que su estructura energética sea continua a lo largo del eje longitudinal y discreta en la sección transversal. Aunque estos materiales son reconocidos por su gran potencial de aplicación en la fabricación de películas transparentes conductoras de electricidad, sensores de gases y sistemas de enfriamiento termoelectrico, en los últimos años se han descubierto potencialidades importantes en Catálisis Heterogénea. Algunos nanohilos metálicos o de óxidos de metales se han evaluado con resultados muy favorables en la reducción de compuestos nitroaromáticos, en reacciones de acoplamiento C-C-, en la reducción electrocatalítica de CO₂ y en la hidrogenación de compuestos orgánicos. En el presente trabajo, se muestran los resultados de la primera etapa de un proyecto sobre la obtención de nanohilos monometálicos de Cu y nanohilos bimetálicos de Cu-Ni, Cu-Ag y Cu-Co. El objetivo de este trabajo fue sintetizar dichos materiales para utilizarlos posteriormente como catalizadores o precursores de catalizadores útiles en reacciones de oxidación total y/o parcial de compuestos orgánicos de interés. El conocimiento en química inorgánica indica que los metales empleados o sus óxidos deben ser catalíticamente activos en reacciones de oxidación de compuestos orgánicos.

La síntesis de los nanomateriales se desarrolló mediante métodos hidrotérmicos. Inicialmente, se prepararon disoluciones de CuCl₂·2H₂O (0,1364 g en 60 mL de agua destilada, hervida y sometida a ultrasonido). Luego, se adicionaron 0,1585 g de glucosa y 1,294 g de octadecilamina (ODA). Toda la mezcla se sometió a burbujeo de N₂ y agitación por 6 horas. La disolución obtenida se transfirió a un reactor hidrotérmico Baoshishan y se calentó a 120 °C durante 24 horas. El producto obtenido se purificó mediante lavados con agua destilada y los nanohilos se separaron con adición de hexano-agua. Los nanohilos mixtos se obtuvieron de manera similar, mediante adición de sales de los otros metales a la disolución inicial de cloruro de cobre(II). Las sales empleadas fueron: NiCl₂·6H₂O, CoCl₂·6H₂O y AgNO₃.

La Figura 1 muestra algunos resultados de caracterización de los materiales obtenidos. Las diferentes imágenes confirmaron la obtención exitosa de los materiales nanoestructurados con morfología de hilos de longitud micrométrica. Las medidas de diámetro demostraron sus dimensiones laterales menores a 100 nm. Los análisis de difracción de rayos X (DRX) confirmaron el carácter metálico de las estructuras. Caracterizaciones adicionales de EDX (composición elemental) confirmaron la conformación monometálica o bimetálica de los hilos, según el caso. Los resultados de IR descartaron la presencia de contaminantes orgánicos o de restos de sales provenientes de los precursores de síntesis. Finalmente, estos resultados permitirán avanzar en la siguiente etapa: la utilización de los nanohilos como catalizadores heterogéneos en reacciones de oxidación parcial de ciclohexeno y en reacciones de reducción de CO₂.

Figura 1. Imágenes de SEM y perfiles de DRX de los materiales sintetizados: a) y b) Nanohilos de



Cu; c) nanohilos de Cu-Ni; d) nanohilos de Cu-Co; e) y f) nanohilos de Cu-Ag.

Referencias

- Hsu C.Y, Rheima A.M., Abbas Z.S., *et al.* Nanowires Properties and Applications: A Review Study. *S. Afr. J. Chem. Eng.* 2023, 286–311. DOI: 10.1016/j.sajce.2023.08.006
- Wasiak T., Janas D. Nanowires as a versatile catalytic platform for facilitating chemical transformations. *J. Alloys Compd.* 2021, 892, 162158. DOI: 10.1016/j.jallcom.2021.162158
- Wang X.Q., Chen Q., Zhou Y.J. Cu-based bimetallic catalysts for CO₂ reduction reaction. *Adv. Sensor Energy Mater.* 2022, 1, 100023. DOI: 10.1016/j.asems.2022.100023

Autor de Presentación

Valentina Garzón-Cucaita es Química y Magíster en Ciencias – Química de la Universidad Nacional de Colombia. Desde 2018 hace parte del Laboratorio de Diseño y Reactividad de Estructuras Sólidas. Su investigación se enfoca en la síntesis, caracterización y evaluación de catalizadores sólidos para la degradación de contaminantes en agua. Actualmente hace parte del grupo Laboratorio Nacional de Insumos Agrícolas del Instituto Colombiano Agropecuario (ICA).

Email: avgarzonc@unal.edu.co

Análisis de la reconstrucción de óxidos metálicos mixtos Mg-Al debidos a procesos de captura de CO₂

Jeison Pinzón¹, Sebastián Sarmiento¹, Víctor Baldovino^{1,2}

¹ Centro de Investigación en Catálisis (CICAT), Universidad Industrial de Santander, Piedecuesta – Santander.

² Laboratorio Central de Ciencia de Superficies (SurfLab), Universidad Industrial de Santander, Piedecuesta – Santander.

Palabras clave: Óxidos mixtos, Captura de CO₂, Hidrofobicidad, Regeneración, Cristalinidad.

Resumen

Los materiales derivados de hidrotalcitas (HTs) Mg-Al se han reportado en la literatura como adsorbentes cristalinos prometedores para la captura de CO₂, principal gas antropogénico de efecto invernadero. Además de su bajo costo y estabilidad térmica, que prolonga su vida útil, estos materiales tienen propiedades aún no exploradas en su totalidad, tales como su afinidad al agua y la posible relación de esta característica con su reconstrucción estructural tras múltiples ciclos de captura de CO₂. En este trabajo se estudió una hidrotalcita Mg₆Al₂(OH)₁₆CO₃·4H₂O (Sigma-Aldrich), la cual fue sometida a tratamientos térmicos entre 220 y 450 °C donde esta última fue considerada la mejor temperatura de activación, bajo una atmósfera inerte de Ar o N₂, con un flujo de 120 mL/min durante 2 h. Posteriormente, el material fue expuesto a múltiples ciclos de adsorción-desorción de CO₂. Su comportamiento fue evaluado mediante difracción de rayos X (DRX), análisis termogravimétrico (ATG), espectroscopía infrarroja (IR) y mediciones de hidrofobicidad mediante ángulo de contacto. Las pruebas de adsorción se realizaron en un reactor de flujo continuo acoplado a un espectrómetro de masas, utilizado para el monitoreo del CO₂ desorbido. Los resultados obtenidos mostraron que la presencia de agua es imprescindible para la adsorción de CO₂; sin embargo, esto no promovió la reconstrucción estructural del material. Así mismo, se evidenció que el arreglo estructural asociado a la hidrofobicidad se perdió de forma irreversible al exponer el material por encima de 370 °C. Se observó una capacidad inicial de adsorción de 33,7 mgCO₂/g de hidrotalcita, la cual disminuye progresivamente con los ciclos de adsorción. La pérdida fue más acentuada durante los primeros diez ciclos (26,7 %), seguida de una tendencia a la estabilización, alcanzando una pérdida total del 31,9 %.

La disminución en la capacidad de adsorción se relacionó con una menor cantidad de agua reintegrada al material durante la etapa de adsorción, lo cual se correlacionó con los resultados obtenidos por IR y DRX, Figura 1. Después del primer ciclo, se observó la reaparición de los picos característicos de la estructura original en $2\theta = 11^\circ$ y 23° ; sin embargo, dichos picos desaparecieron después del décimo ciclo. De manera similar, una muestra previamente activada y luego expuesta al ambiente durante 60 días mostró una leve reaparición del pico en $2\theta = 11^\circ$, lo que sugiere que la reconstrucción estructural es un proceso de cinética lenta y sólo parcialmente reversible. En consecuencia, bajo las condiciones establecidas en este estudio, no se observó que las muestras recuperarán su carácter hidrofóbico durante la exposición prolongada a un ambiente rico en agua y CO₂. Por lo tanto, no se evidenció una relación directa entre la reconstrucción estructural del material y su afinidad al agua.

Referencias

- Mascolo G., Mascolo M.C. On the synthesis of layered double hydroxides (LDHs) by reconstruction method based on the “memory effect”. *Micropor. Mesopor. Mat.* 2015, 214, 246-248. DOI: 10.1016/j.micromeso.2015.03.024
- Suescum M.D, Jiménez J.R., Fernández J.M. Review of the Application of Hydrotalcite as CO₂ Sinks for Climate Change Mitigation. *ChemEngineering* 2022, 6(4), 50. DOI: 10.3390/chemengineering6040050
- Ramírez J.P, Abelló S, Niek M.P. Memory Effect of Activated Mg-Al Hydrotalcite: In Situ XRD Studies during Decomposition and Gas-Phase Reconstruction. *Chem-Eur J.* 2007, 13, 870-878. DOI: 10.1002/chem.200600767

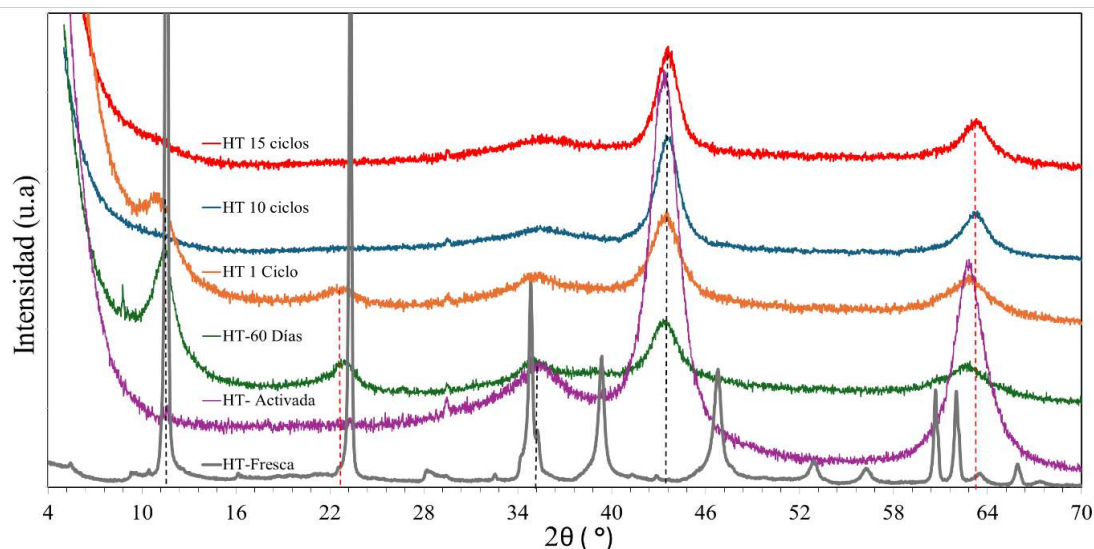


Figura 1. Difractogramas del material durante los diferentes procesos de reconstrucción: hidrotalcita fresca (HT-fresca), hidrotalcita activada (HT-Activada), hidrotalcita expuesta a 60 días al ambiente (HT-60 días), hidrotalcita expuesta a 1 ciclo de adsorción (HT-1 ciclo), hidrotalcita expuesta a 10 ciclos de adsorción (HT-10 ciclos) e hidrotalcita expuesta a 15 ciclos de adsorción (HT-15 ciclos).

Autor de Presentación

Jeison Iván Pinzón Pinzón es un estudiante de Ingeniería Química de la Universidad Industrial de Santander. Desde 2022 ha sido integrante del Semillero de Investigación del Centro de Investigaciones en Catálisis de la Universidad industrial de Santander. Su trabajo de grado en pregrado está enfocado en el análisis de la reconstrucción de óxidos metálicos mixtos Mg-Al debidos a procesos de captura de dióxido de carbono, el cual fue desarrollado en el CICAT.

Email: yeison2194262@correo.uis.edu.co , vicbaldo@uis.edu.co

Estudio de la degradación de contaminantes orgánicos usando como fotocatalizador el óxido $\text{Zn}_{1-x}\text{Bi}_x\text{O}$

Sergio Garzón¹, Juan Ramírez¹, Luis Moreno¹, Yazmin Agámez¹.

¹Laboratorio de investigación en combustibles y energía LICE, Departamento de Química, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá - Colombia.

Palabras clave: Fotodegradación, semiconductor, fotocatalisis, acetaminofén, naranja de metilo.

Resumen

En la actualidad uno de los problemas ambientales con mayor preocupación es la presencia de contaminantes orgánicos en fuentes hídricas, un ejemplo son los azo-compuestos, como el naranja de metilo, que son usados como colorante en la industria textil, los cuales son insolubles en agua y su biodegradación resulta difícil. Los métodos tradicionales como la adsorción, floculación y procesos de lodos activados son deficientes y costosos como una alternativa viable para este tipo de moléculas, por otro lado, la oxidación fotocatalítica ha presentado buenos resultados a concentraciones bajas y medias. Una de las alternativas prometedoras y de uso actual es la fotocatalisis empleando óxidos semiconductores que aceleran la degradación por medio de especies radicalarias como el radical superóxido y el radical hidroxilo.

Otro tipo de compuesto presente en fuentes hídricas son las anilidas, usadas en el sector farmacéutico y agrícola, los residuos de este tipo de moléculas son tóxicas y requieren un tratamiento de fotodegradación, un ejemplo es el acetaminofén (paracetamol), debido a que por su sobreconsumo en la población genera presencia en aguas naturales.

En el presente trabajo se realiza la síntesis del óxido $\text{Zn}_{1-x}\text{Bi}_x\text{O}$ con $x = 0,02, 0,05$ y $0,10$ a temperaturas de calcinación entre 400°C y 600°C . Los óxidos sintetizados fueron caracterizados por DRX, UV-Vis DRS, SEM, EDX y fisisorción de N_2 .

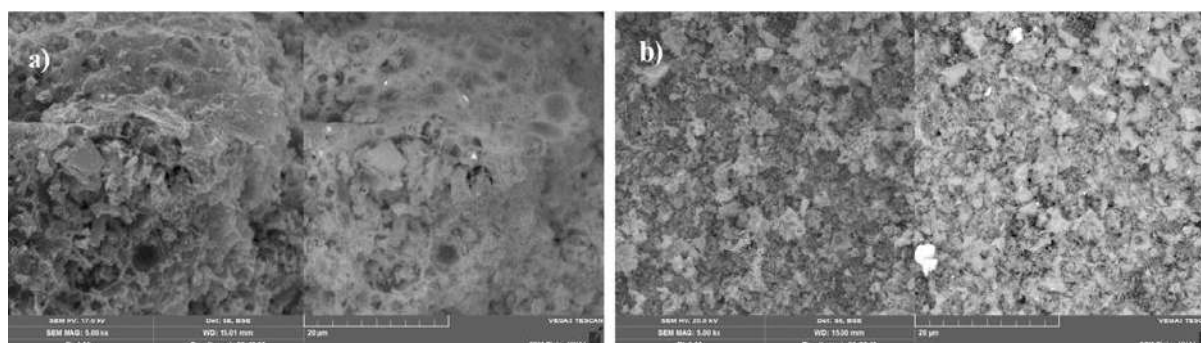


Figura 1. Imágenes SEM obtenidas del $\text{Zn}_{0.98}\text{Bi}_{0.02}\text{O}$ a temperaturas de calcinación (a) 400°C , (b) 600°C

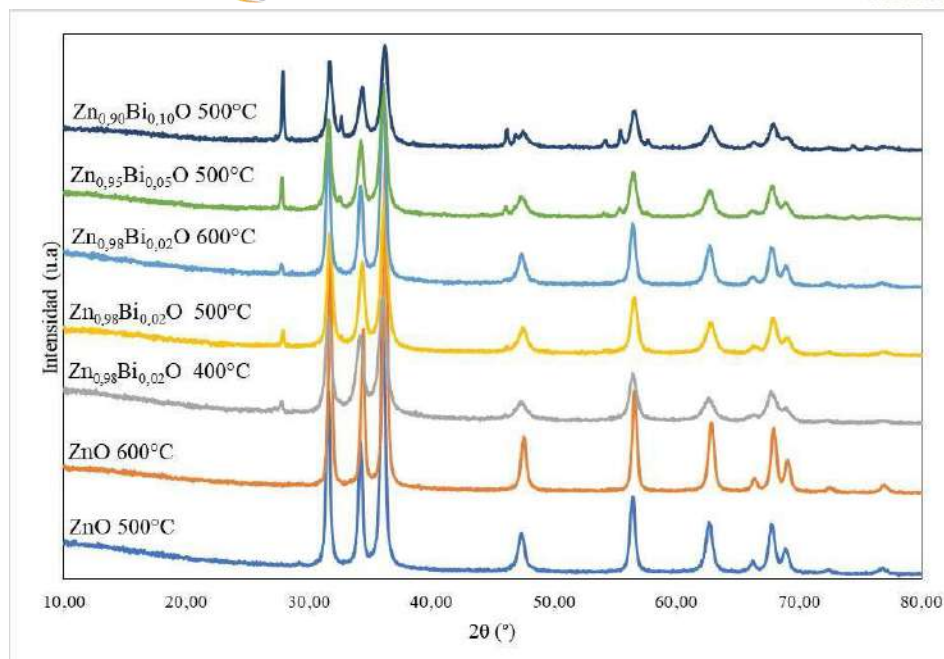


Figura 2. Difractogramas obtenidos de óxidos de zinc modificados con Bi, el primer número es referente a la concentración de bismuto y el segundo indica la temperatura de calcinación.

En los resultados de microscopía electrónica de la Figura 1 se observa que los óxidos obtenidos presentan partículas de forma y tamaños irregulares y se observan menor cantidad de cavidades en las muestras preparadas a 600 °C. Los resultados de área superficial BET indican que el área superficial disminuye al aumentar la temperatura de calcinación, estas muestras mostraron áreas BET menores a 25 m².g⁻¹. Los resultados de DRX de la Figura 2 mostraron que los óxidos obtenidos tienen fase pura con estructura tipo wurtzita. La degradación de acetaminofén y naranja de metilo aumenta al aumentar el grado de sustitución de Zn por Bi.

Referencias

- Peerakiatkhajohn P., Butburee T., Sul J.-H., *et al.* Efficient and Rapid Photocatalytic Degradation of Methyl Orange Dye Using Al/ZnO Nanoparticles. *Nanomaterials-Basel*. 2021, 11(4), 1059. DOI:10.3390/nano11041059
- Jallouli N., Elghniji K., Trabelsi H., *et al.* Photocatalytic degradation of paracetamol on TiO₂ nanoparticles and TiO₂ /cellulosic fiber under UV and sunlight irradiation. *Arab. J. Chem*, 2017, 10, S3640–S3645. DOI:10.1016/j.arabjc.2014.03.014

Autor de Presentación

Sergio Esteban Garzón Barrera, estudiante de pregrado del programa curricular de Química en la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá. Actualmente realizando práctica de investigación en el programa semillero del Laboratorio de Investigación en Combustibles y Energía (LICE) teniendo la dirección del profesor Luis Carlos Moreno Aldana y Yazmin Yaneth Agamez Pertuz.

Email: segarzonb@unal.edu.co

Estudio de las propiedades químicas, fisicoquímicas, tecnológicas y antioxidantes de la almendra del marararay (*Aiphanes horrida*)

Yuliana Rodríguez¹, José Martínez¹, Hugo Rojas¹, Sandra Chaparro¹

¹ Grupo de Catálisis de la UPTC, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja – Colombia.

Palabras clave: Análisis proximal; compuestos bioactivos; perfil lipídico; propiedades tecnológicas.

Resumen

Se realizó un análisis completo de la semilla de Marararay (*Aiphanes horrida*) donde se evaluaron características tanto físicas como químicas, siendo éstas importantes para establecer la viabilidad de la semilla y, por ende, potencializar su consumo y el uso en la industria de alimentos. Se llevó a cabo la caracterización proximal de la semilla de Marararay y el perfil lipídico del aceite obtenido de la semilla. Luego, se cuantificó la capacidad antioxidante, los taninos y fenoles. Finalmente, se llevó a cabo la extracción de los aislados proteicos y se determinaron las propiedades tecnológicas de éstos. El análisis proximal de la semilla se observa en la Tabla 1.

Tabla 1. Análisis proximal de la semilla de Marararay y su comparación con otros estudios

Análisis	Marararay (<i>Aiphanes horrida</i>) (%) [*]	(<i>Acromía aculeata</i>) origen portugués	(<i>Acromía aculeata</i>) origen venezolano
Humedad	7,50 ± 0,2	6,66	5,20 ± 0,08
Materia seca	92,5 ± 0,2	-	-
Cenizas	4,32 ± 0,2	3,18	2,10 ± 0,06
Grasa cruda	40,6 ± 1,6	42,9	53,1 ± 0,82
Proteína cruda	15,9 ± 0,2	13,7	13,7 ± 0,65
Fibra cruda	22,5 ± 0,2	-	25,8 ± 1,91
Carbohidratos	9,18 ± 0,2	33,6	-

^{*} Media ± desviación estándar obtenida de los triplicados de los análisis.

La semilla de Marararay es rica en grasa cruda (40,6%), fibra cruda (22,5%) y proteína cruda (15,9%) lo que concuerda con los otros estudios consultados. El análisis por cromatografía de gases identificó los ácidos grasos más representativos presentes en la semilla (59,6 % láurico, 18,5 % mirístico, 6,3 % oleico, 5,6 % palmítico, 3,6 % esteárico y 2,1 % linoleico). Dentro del perfil lipídico se destaca el contenido de ácidos grasos insaturados (91%), monoinsaturados (6,4%) y poliinsaturados (2,2%). Se obtuvo una capacidad de inhibición antioxidante de 37 %, 759 ppm de fenoles totales y 0,173 mg/g de taninos. El contenido de fenoles es alto en comparación con otros estudios, lo cual hace a la especie óptima para el uso como antioxidante y favorece su aplicación en la industria cosmética. El punto isoeléctrico de las proteínas fue de pH 2 y el punto de solubilidad fue de pH 10. El rendimiento de la extracción de los aislados proteicos fue de 9,71 % con solución salina al 0,1 %p/v. En la Figura 1 se presenta el espectro infrarrojo del aislado proteico extraído en el punto isoeléctrico (pH=2) y se observa una banda ancha hacia los 3281 cm⁻¹ la cual indica la presencia de grupos amino (-NH) en la estructura de la proteína, esta banda corresponde a las vibraciones de estiramiento de los enlaces N-H; los grupos amino suelen ser comunes en los residuos de aminoácidos que componen las proteínas y se encuentran asociados a diversas interacciones moleculares y funciones biológicas. En las propiedades tecnológicas, se obtuvo una capacidad de absorción de agua (CAA) en los aislados proteicos de 2,30 mL/g, una capacidad de absorción de lípidos (CAL) de 1,67 mL/g, una capacidad espumante de 19,2 % con una estabilidad de la espuma de 4 horas aproximadamente y una excelente capacidad gelificante (2 %m/v de concentración mínima de gelificación). La propiedad emulsificante de los aislados proteicos se evaluó en soluciones a diferentes concentraciones, siendo la solución de 8% p/v la que mejor actividad emulsificante presenta (88 %), esta es alta en comparación a la capacidad emulsificante de

otras semillas. Así mismo, la estabilidad emulsificante de la semilla es de 45,6 % valor que se encuentra dentro de un rango de estudio en comparación con otros aislados. El Mararary tiene potencial para su uso como ingrediente alimentario.

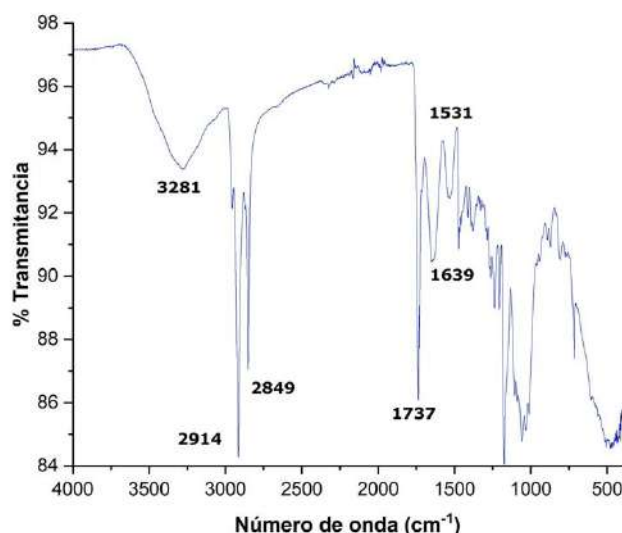


Figura 1. Espectro IR del aislado proteico extraído teniendo en cuenta el punto Isoeléctrico (pH=2).

Referencias

- Arveláez A., Mieres A., Hernández C. Diseño experimental aplicado a la extracción de aceite de la almendra del corozo (*Acrocomia aculeata*). *Rev. Tec. Fac. Ing. Univ. Zulia*. 2008, 31, no. especial, 122–129.
- Belén-Camacho D., López I., García D., *et al.* Evaluación fisico-química de la semilla y del aceite de corozo (*Acrocomia aculeata* Jacq.). *Grasas aceites*. 2005, 56 (4), 311-316.
- Alam, Z. Alhebsi, M. Ghnimi, S and Kamal-Eldin, A. Inability of total antioxidant activity assays to accurately assess the phenolic compounds of date palm fruit (*Phoenix dactylifera* L.). *NFS J*. 2021, 22, 32–40. DOI: 10.1016/j.nfs.2021.01.001

Autor de Presentación

Sandra Patricia Chaparro Acuña es doctora en Ciencias Químicas de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Desde febrero de 2016 está adscrita al Grupo de Catálisis de la UPTC. Su investigación se ha enfocado en biocatálisis, química ambiental y aislados proteicos de semillas. Es coautor de 24 publicaciones y 16 ponencias. Ha sido docente de la Escuela de Ciencias Químicas de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia durante 16 años.

Email: patricia.chaparro@uptc.edu.co

Síntesis de MnO_x a partir de baterías alcalinas gastadas y su aplicación como catalizadores en procesos de oxidación avanzada

Karen Vanessa Mateus-Calderón¹, Angélica María Cervantes Ordoñez², Edwing Alexander Velasco-Rozo¹, Edgar M. Morales-Valencia^{1,3}

¹ Grupo de Investigación en Reingeniería, Innovación y Productividad-GREIP, Instituto Universitario de la Paz-UNIPAZ, Barrancabermeja – Colombia.

² Grupo de Investigación en Innovación, Desarrollo y Competitividad en Sistemas de Producción Agroindustrial-GIADAI, Instituto Universitario de la Paz-UNIPAZ, Barrancabermeja – Colombia.

³ Centro de Investigaciones en Catálisis -CICAT, Universidad Industrial de Santander-UIS, Bucaramanga – Colombia.

Palabras clave: MnO_x reciclado, Catalizadores heterogéneos, Activación de peroxisulfato, Colorantes azo.

Resumen

La creciente acumulación de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE) representa un reto ambiental y una oportunidad para el desarrollo de materiales funcionales a partir de fuentes secundarias. En este contexto, la recuperación de óxidos de manganeso (MnO_x) desde baterías alcalinas agotadas se plantea como una estrategia de economía circular con aplicación directa en la descontaminación de aguas residuales. En esta investigación se evaluó el desempeño catalítico de MnO_x reciclado en la activación de peroxisulfato de sodio ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_8$) para la degradación del colorante azo Orange II, utilizado como contaminante modelo persistente.

El MnO_x reciclado fue obtenido mediante un proceso secuencial de tratamientos ácido-base a una mezcla de cátodos recuperados de baterías alcalinas gastadas. Las partículas de MnO_x fueron caracterizadas mediante AAS para determinar su contenido metálico, FTIR para analizar sus grupos funcionales, SEM-EDS para analizar la morfología, DRX para determinar las fases cristalinas, adsorción de N_2 (BET/BJH) para determinar el área de superficie y la porosidad. Para la caracterización superficial del MnO_x , se plantea el uso de XPS con el fin de identificar los estados de oxidación predominantes (Mn^{2+} , Mn^{3+} , Mn^{4+}), la proporción atómica Mn/O, y la presencia de vacancias de oxígeno o grupos funcionales que intervienen en la activación del peroxisulfato. Las pruebas catalíticas se realizaron en un reactor continuo de lecho fijo, operando a baja presión, con control de flujo, temperatura y presión. La eficiencia de la degradación del Orange II fue monitoreada mediante espectrofotometría UV-Vis ($\lambda \approx 485 \text{ nm}$), y los subproductos fueron identificados por cromatografía líquida de alta resolución (HPLC).

Los resultados preliminares mostraron una degradación eficiente del Orange II bajo condiciones operativas moderadas, con temperaturas entre 25 y 80 °C y presión atmosférica, sin necesidad de reactivos altamente corrosivos ni ambientes presurizados. Esta eficiencia se atribuye a la activación heterogénea del persulfato mediada por el MnO_x reciclado. La caracterización estructural reveló una elevada porosidad y área superficial, atributos que favorecen la accesibilidad del oxidante a los sitios activos. Asimismo, las fases cristalinas identificadas (MnO_2 y Mn_2O_3) y la morfología observada respaldan la estabilidad del material durante el proceso. Aunque se encuentra en curso el análisis por XPS, se espera que este confirme la presencia de especies $\text{Mn}^{3+}/\text{Mn}^{4+}$ y vacancias de oxígeno, las cuales serían responsables de la generación de radicales $\text{SO}_4^{\bullet-}$ y, por tanto, del alto desempeño catalítico observado en la degradación del contaminante.

Los óxidos de manganeso obtenidos a partir de cátodos reciclados demostraron ser materiales catalíticos efectivos para la activación de peroxisulfato en la degradación del colorante Orange II, operando a temperaturas moderadas y sin necesidad de presurización. La síntesis permitió obtener nanomateriales con alta porosidad y estabilidad estructural, lo que favoreció su actividad catalítica. Estos resultados evidencian que es posible valorizar residuos tecnológicos como las baterías alcalinas para producir materiales funcionales aplicables en el tratamiento de aguas contaminadas. El análisis superficial

mediante XPS será clave para confirmar la presencia de especies redox activas y vacancias de oxígeno, lo que permitirá correlacionar la estructura electrónica con el desempeño catalítico y optimizar futuras formulaciones del material.

Referencias

- Wang P., Zhang X., Zhang X., *et al.* Manganese oxide catalytic materials for degradation of organic pollutants in advanced oxidation processes: A review. *J. Water Process Eng.* 2024, 66, 106048. DOI: 10.1016/j.jwpe.2024.106048
- Liu D., Li Q., Hou J., Zhao H. Mixed-valent manganese oxide for catalytic oxidation of Orange II by activation of persulfate: heterojunction dependence and mechanism. *Catal. Sci. Technol.* 2024, 11(11), 3715-3723. DOI: 10.1039/D1CY00087J
- Huang J., Zhang H. Mn-based catalysts for sulfate radical-based advanced oxidation processes: A review. *Environ. Int.* 2019, 133, 105141. DOI: 10.1016/j.envint.2019.105141

Autor de Presentación

Karen Vanessa Mateus Calderón es Ingeniera Química de la Universidad Industrial de Santander (UIS), docente en la Escuela de Ingeniería de Producción del Instituto Universitario de la Paz (UNIPAZ) e investigadora del Grupo de Investigación en Reingeniería, Innovación y Productividad (GREIP). Su experiencia se centra en catálisis heterogénea, economía circular y valorización de residuos tecnológicos. Actualmente, desarrolla materiales funcionales a partir de baterías alcalinas gastadas, con aplicaciones en la remediación catalítica de aguas contaminadas y en el almacenamiento de energía.

Email: karen.mateus@unipaz.edu.co

Modelamiento y simulación microcinética del *stripping* de CO sobre Pt(100)

Mauricio A. Zambrano¹, Enrique A. Paredes-Salazar^{1,2}, Alfredo Calderón-Cárdenas¹

¹ Grupo de Investigación en Fisicoquímica Básica y Aplicada, Universidad de Nariño, Pasto – Colombia.

² Facultad de Educación, Universidad CESMAG, Pasto – Colombia.

Palabras clave: Electrocatalisis; Electro-oxidación; Stripping de CO_{ad} ; Microcinética; Pt monocristalino.

Resumen

El entendimiento de la reacción de electro-oxidación de monóxido de carbono sobre electrodos basados en Pt es crucial para el desarrollo de celdas a combustible. Esto debido a que la oxidación de varios compuestos orgánicos de baja masa molecular, usados como combustibles en estos dispositivos, presentan al monóxido de carbono como un intermedio común fuertemente adsorbido (CO_{ad}) sobre la superficie catalítica desfavoreciendo la cinética electroquímica.

En este contexto, en las últimas décadas se han realizado diferentes estudios buscando una comprensión detallada del mecanismo de reacción, entre los cuales se destacan experimentos de *stripping* de CO_{ad} usando electrodos monocristalinos de Pt. Sin embargo, a pesar de los diversos estudios, el mecanismo de reacción detallado y las especies involucradas no han sido exitosamente correlacionadas con la cinética de reacción observada experimentalmente.

En este trabajo, se propone un modelo microcinético para la reacción de electro-oxidación de CO_{ad} sobre Pt(100), en el que el monóxido de carbono se adsorbe bajo la aplicación de un potencial eléctrico E_{ad} en el electrodo y posteriormente, durante un barrido de potencial, se lleva a cabo la formación de especies oxigenadas (OH_{ad}) en dos tipos de sitios de nucleación, de acuerdo con reportes previos en la literatura. El modelo fue validado mediante la comparación de simulaciones y experimentos voltamperométricos de barrido lineal (Figura 1).

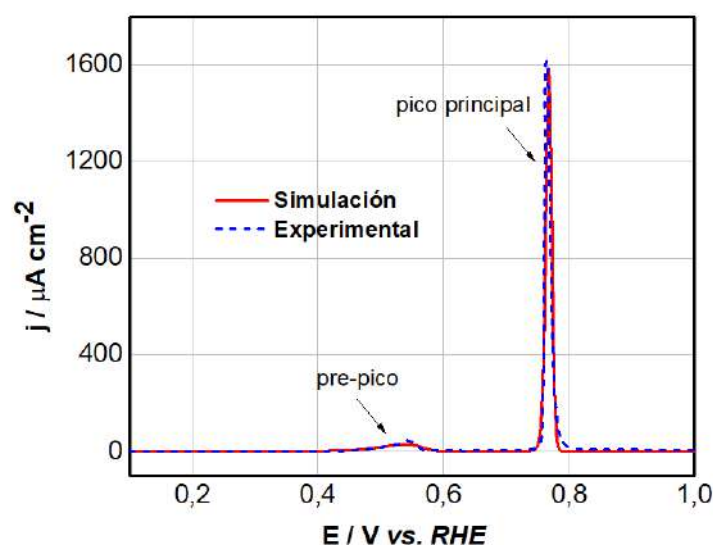


Figura 1. Voltamperogramas de *stripping* de CO_{ad} a 50 mV/s sobre un electrodo de Pt(100) en 0,1 mol/dm³. Potencial de adsorción $E_{ad} = 0,1$ V vs. RHE: Simulación (línea roja sólida); Experimental (línea azul punteada).

Los perfiles para las coberturas superficiales por las especies CO_{ad} y OH_{ad} durante el *stripping* permiten sustentar explicaciones previas sobre la naturaleza de los procesos que dan origen tanto al pre-pico de

oxidación, un aspecto que ha sido materia de debate en esta reacción, como al pico principal. Así, la oxidación del CO_{ad} prosigue previa adsorción de especies oxigenadas en la superficie catalítica. En el caso del pre-pico, las especies OH_{ad} provienen de la nucleación en los defectos de la superficie monocristalina, mientras que las involucradas en el pico principal provienen de la nucleación en las terrazas.

Finalmente, se realizaron experimentos computacionales a diferentes coberturas iniciales de CO_{ad} en la superficie catalítica, la cual es modulada mediante el potencial de adsorción, prediciendo el comportamiento observado experimentalmente, donde la intensidad del pico decrece cuanto mayor es el potencial E_{ad} .

Estos resultados en conjunto, soportan la propuesta mecanicista, permitiendo el avance en el entendimiento de la reacción y abriendo camino a subsecuentes análisis que posibiliten el diseño racional de catalizadores en reacciones de electro-oxidación que involucran especies CO_{ad} como intermedios.

Referencias

- López-Cudero A., Cuesta A., Gutiérrez C. Potential dependence of the saturation CO coverage of Pt electrodes: The origin of the pre-peak in CO-stripping voltammograms. Part 2: Pt(100). *J. Electroanal. Chem.* 2006, 586, 204-216. DOI: 10.1016/j.jelechem.2005.10.003
- Paredez-Salazar E.A., Calderón-Cárdenas A., Varela H. Microkinetic modeling of the methanol electro-oxidation reaction on platinum. *ACS Catal.* 2023, 13, 9366-9378. DOI: 10.1021/acscatal.3c00838

Autor de Presentación

Mauricio Alexander Zambrano Getial es estudiante de 8 semestre del Programa de Química de la Universidad de Nariño. Sus primeros acercamientos con los procesos de investigación los ha realizado en el Grupo de Investigación en Fisicoquímica Química y Aplicada bajo la orientación del profesor Alfredo Calderón en el área de la electrocatálisis, principalmente aplicando modelos microcinéticos en reacciones electroquímicas de interés para el desarrollo de sistemas de conversión de energía.

Email: mzambranogetial@gmail.com

Reutilización eficiente de $\text{H}_3\text{PW}_{12}\text{O}_{40}$ mediante solventes eutécticos profundos en la esterificación de ácido levulínico

Daniel F. Pulido², Gabriel Sathicq¹, Gustavo Romanelli¹, Andrés F. Monroy², Gerardo Caicedo², Hugo A. Rojas², María H. Brijaldo³, José J. Martínez²

¹ Centro de Investigación y Desarrollo en Ciencias Aplicadas “Dr. Jorge J. Ronco” CINDECA—Facultad de Ciencias Exactas—Universidad Nacional de La Plata, La Plata – Argentina

² Escuela de Ciencias Químicas, Facultad de Ciencias, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia UPTC, Avenida Central del Norte, Tunja, Boyacá – Colombia

³ Grupo de Investigación de Farmacia y Medio Ambiente-FARQUIMA, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja – Colombia.

Palabras clave: Solventes eutécticos profundos, biomasa, catálisis ácida, sistemas bifásicos

Resumen

El ácido levulínico sirve como precursor clave de diversos compuestos químicos, su valor comercial reside principalmente en sus derivados, muchos de los cuales ya cuentan con mercados consolidados. Los levulinatos de alquilo, entre los diversos derivados del ácido levulínico, han ganado mucha atención en la industria de los biocombustibles debido a sus propiedades fisicoquímicas, que se asemejan mucho a las de los ésteres metílicos de ácidos grasos del biodiésel. Los ésteres del ácido levulínico se producen principalmente mediante la esterificación del ácido levulínico a partir de alcohol o celulosa utilizando un ácido mineral homogéneo o un catalizador heterogéneo. La esterificación del ácido levulínico (AL) a levulinato de *n*-butilo se lleva a cabo fácilmente con $\text{H}_3\text{PW}_{12}\text{O}_{40}$ (HPA), alcanzando un rendimiento (Y) del 96 % con calentamiento de microondas (Figura 1).

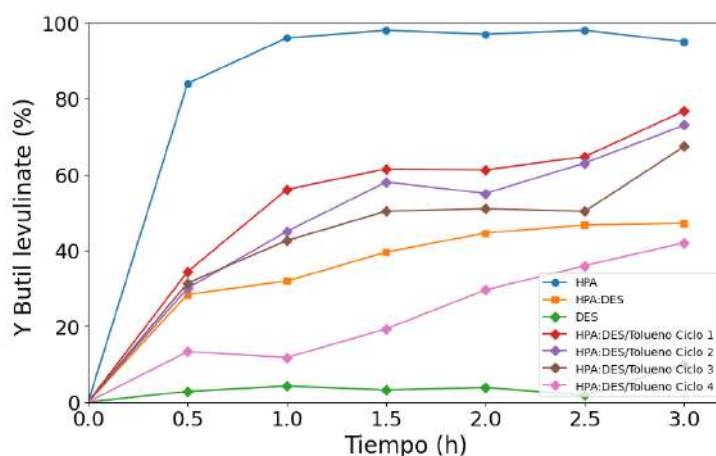


Figura 1. Rendimiento hacia butil levulinato con cada uno de los sistemas estudiados. Condiciones de reacción: 1 mmol de ácido levulínico y 10 mmol de *n*-butanol con 10 mg de catalizador con calentamiento de microondas a 110 °C utilizando 600 rpm. En el caso de las reacciones con DES y tolueno se utilizaron 2 mL de cada solvente.

Sin embargo, la recuperación de este heteropoliácido siempre ha sido un desafío persistente para lograr su reutilización efectiva. Para tal fin, en este estudio, se sintetizó un disolvente eutéctico profundo (DES) basado en cloruro de colina y ácido succínico para la formación de sistemas bifásicos con tolueno. En el sistema bifásico el HPA y el DES son insolubles. Se seleccionó el tolueno porque forma dos fases visualmente identificables. Por lo tanto, la reacción ácida puede llevarse a cabo en la fase DES, actuando el HPA como catalizador homogéneo, y los productos y reactivos también pueden disolverse en la fase de tolueno. En este sistema el rendimiento a las 3h de reacción es del 77 %, incluso mayor que utilizando solo el sistema HPA:DES sin tolueno ($Y_{BL}=47\%$). Tras añadir más butanol y ácido levulínico fresco como sustrato al DES, se puede repetir el ciclo de reacción. El enfoque bifásico permite una recuperación más sencilla del heteropoliácido (HPA). Aunque el rendimiento de BL

disminuye en ciclos sucesivos, esto puede deberse a que el heteropoliácido interactúa con ChCl , que actúa como aceptor de enlaces de hidrógeno (HBA) perdiendo su actividad ácida, como se evidencia por los espectros de FTIR.

Este mismo sistema se aplicó para la obtención de *n*-butil levulinato desde α -celulosa previamente tratada con el solvente eutéctico (cloruro de colina y ácido succínico) en un molino de bolas. Los patrones de DRX de la celulosa pretratada evidencian un aumento en su carácter amorfo, inducido por el pretratamiento con el DES. Al comparar los rendimientos de BL desde celulosa tratada (33%) y sin tratar (25%), se evidencia que el DES además de que permite la recuperación eficiente del HPA, ayuda a incrementar en la celulosa las regiones amorfas que influyen positivamente en la producción de BL.

Referencias

- Monroy A.F., Caicedo G.A., Rojas H. *et al.* Microwave synthesis of alkyl levulinates using a Keggin heteropolyacid from the cellulose of *Eichhornia crassipes*. *Biomass Conv. Bioref.* 2025, 15, 17091–17101. DOI:10.1007/s13399-024-06317-3
- Sathicq Á.G., Gallego-Villada L.A., Alarcón E., *et al.* Microwave-Assisted One-Pot Synthesis of Alkyl Levulinates From Post-Harvest Vegetable Waste. *Adv. Sustainable Syst.* 2025, 9, e00378. DOI: 10.1002/adsu.202500378

Autor de Presentación

Daniel Pulido es estudiante de la Maestría en Ciencias Químicas de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Su interés se centra en la catálisis para transformación de biomasa.

Email: daniel.pulido03@uptc.edu.co

Materiales carbonosos como soportes de NiFe para la hidrodesoxigenación selectiva de guaiacol a ciclohexanol

Juliana Perez Espinoza, Juan José Giraldo Soto, Diana López, Ruben Palacio

Química de Recursos Energéticos y Medio Ambiente, Instituto de Química, Universidad de Antioquia, Medellín – Colombia.

Palabras clave: Materiales carbonosos porosos; Fases activas bimetálicos NiFe; biocarbón-carbón sintético; hidrodesoxigenación catalítica; Ciclohexanol.

Resumen

En la actualidad, la transición a un sistema de producción sostenible bajo un sistema de economía circular es uno de los retos más importantes a nivel industrial, político y social para contribuir al logro de los ODS, para lograrlo se propone la valorización de recursos renovables abundantes como la biomasa lignocelulósica para la producción de energía y materiales basados en carbono. Sin embargo, el bioaceite obtenido mediante procesos termoquímicos de esta biomasa presenta un alto contenido de oxígeno, lo que requiere de un proceso de refinado. Entre las diferentes alternativas de mejora, la hidrodesoxigenación (HDO) catalítica es uno de los procesos que destaca, en donde las propiedades fisicoquímicas del catalizador heterogéneo juegan un papel crucial para dirigir la reacción hacia los productos de interés. En este trabajo se utilizaron materiales carbonosos porosos como soportes para dispersar especies de Ni y Fe, para ser evaluados en la reacción de HDO de guaiacol (GUA) como compuesto modelo derivado de la biomasa lignocelulósica. Los materiales carbonosos se prepararon mediante dos metodologías diferentes: (i) método de nanoreplicación, utilizando sílica SBA-15 como plantilla dura y complejos bimetálicos de Ni+Fe con fenantrolina como fuente simultánea de C, N, Ni y Fe ($\text{Ni}_{2,2}\text{Fe}_{0,1}\text{NCMK3}$); (ii) la preparación de un material carbonoso a partir del raquis, un residuo del cultivo de la palma de aceite (CR), posteriormente se depositaron las especies de Ni y Fe mediante impregnación húmeda ($\text{Ni}_{10,6}\text{Fe}_{1,4}/\text{CR}$).

Se lograron obtener materiales carbonosos con alta área superficial, en especial para el material obtenido por nanoreplicación (Tabla 1). El contenido en masa de metales es superior en el catalizador obtenido mediante impregnación húmeda utilizando como soporte el CR; mientras que se logra incorporar N y Ni, Fe en el material obtenido a partir de complejos de fenantrolina.

Tabla 1. Propiedades fisicoquímicas, texturales y elementales de los catalizadores.

Catalizador	Contenido de metales, ICP (%p/p)		Contenido elemental (%p/p)	Propiedades texturales	Cantidad de NH_3 desorbido ($\mu\text{mol g}^{-1}$)	Densidad de sitios ácidos ($\mu\text{mol m}^{-2}$)
	Ni	Fe	N	S_{BET} (m^2g^{-1})		
$\text{Ni}_{10,6}\text{Fe}_{1,4}/\text{CR}$	10,60	1,42	---	362	7,00	0,02
$\text{Ni}_{2,2}\text{Fe}_{0,1}\text{NCMK3}$	2,17	0,10	1,77	897	19,70	0,02

La caracterización mediante DRX (Figura 1A) evidencia en el patrón de difracción del catalizador $\text{Ni}_{10,6}\text{Fe}_{1,4}/\text{CR}$ picos de difracción característicos del material carbonoso, amplios y de baja intensidad indicando un bajo grado de ordenamiento de la estructura carbonosa; y picos de difracción para la fase Ni^0 , mientras que en el patrón de difracción del catalizador $\text{Ni}_{2,2}\text{Fe}_{0,1}\text{NCMK3}$ no es posible identificar picos característicos de las fases metálicas probablemente debido al bajo contenido de metales y/o la formación de fases amorfas. Las propiedades ácidas fueron caracterizadas mediante TPD de NH_3 seguido por masas (Figura 1B). Los perfiles de desorción presentan una única señal entre 200 – 500 °C en ambos materiales, la cantidad total de NH_3 desorbido es superior en el catalizador $\text{Ni}_{2,2}\text{Fe}_{0,1}\text{NCMK3}$ (Tabla 1), la densidad de sitios ácidos de fortaleza intermedia es similar en ambos materiales.

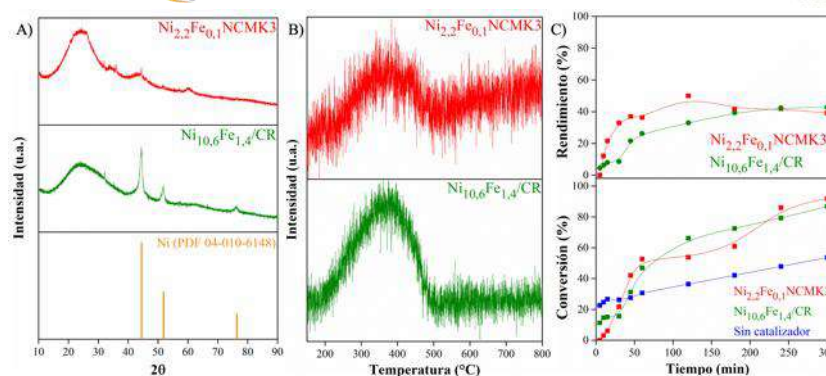


Figura 1. (A) Difracción de rayos X: $10^\circ < 2\theta < 90^\circ$; (B) NH_3 -TPD de materiales reducidos a 550°C (señal $m/z=17$); (C) Conversión de Guaiacol y rendimiento a ciclohexanol en función del tiempo (300°C , 50 bar H_2 , solvente: hexadecano).

Los resultados catalíticos mostraron que se alcanza una mayor conversión de guaiacol en los catalizadores $\text{Ni}_{2.2}\text{Fe}_{0.1}\text{NCMK3}$ y $\text{Ni}_{10.6}\text{Fe}_{1.4}/\text{CR}$ si se compara con la reacción sin catalizador, además estos presentan una elevada actividad ya que alcanzan una conversión superior al 80% luego de 5 horas de reacción (Figura 1C). El producto mayoritario con ambos catalizadores es el ciclohexanol, un producto completamente hidrogenado, pero parcialmente desoxigenado. La comparación de la actividad a isoconversión muestra una mayor selectividad y balance carbono para el catalizador $\text{Ni}_{2.2}\text{Fe}_{0.1}\text{NCMK3}$ con respecto al catalizador $\text{Ni}_{10.6}\text{Fe}_{1.4}/\text{CR}$, lo que indica un mayor control en la formación de subproductos o deposición de coque en la superficie del catalizador.

Tabla 2. Selectividad y balance carbono a isoconversión (300°C , 50 bar H_2 , hexadecano).

Catalizador	$C_{\text{GUA}} (\%)$	Selectividad del producto (%)			$C_{\text{Balance}} (\%)$
					
$\text{Ni}_{10.6}\text{Fe}_{1.4}/\text{CR}$	46,9	55,9	4,3	3,2	78,8
$\text{Ni}_{2.2}\text{Fe}_{0.1}\text{NCMK3}$	42,1	87,7	5,8	---	91,8

Agradecimientos: Minciencias, ECOSNORD Colombia-Francia y CODI Universidad de Antioquia proyectos 80740-031-2023, 2023-60336. Los autores agradecen a la Universidad de Antioquia.

Referencias

- Wang C., Zhang X., Liu Q., *et al.* A review of conversion of lignocellulose biomass to liquid transport fuels by integrated refining strategies. *Fuel Process. Technol.*, 2020, 208, 106485. DOI: 10.1016/j.fuproc.2020.106485.
- Ambursa M. M., Juan J. C., Yahaya Y., *et al.* A review on catalytic hydrodeoxygenation of lignin to transportation fuels by using nickel-based catalysts. *Renew. Sustain. Energy Rev.*, 2021, 138, 110667. DOI: 10.1016/j.rser.2020.110667.

Autor de Presentación

Ruben Palacio es doctor en Química de la Universidad de Poitiers en Francia, actualmente se desempeña como profesor asociado en la UdeA, su trabajo de investigación se focaliza en la preparación de nanocatalizadores porosos para la valorización de compuestos modelo derivados de la biomasa y reacciones de reducción y evolución de oxígeno en baterías metal-aire.

Email: ralberto.palacio@udea.edu.co

Preparación de catalizadores a base de una bentonita modificada con Co, Cu y/o Ni para la hidrogenación catalítica de moléculas derivadas de biomasa vegetal

Paulo-Cesar Cabrera¹, Catherine Especel², Gwendoline Lafaye², Luis-Alejandro Galeano¹

¹ Grupo de Investigación en Materiales Funcionales y Catálisis – Universidad de Nariño – Pasto – Colombia.

² Institut de Chimie des Milieux et Matériaux de Poitiers (IC2MP) – Universidad de Poitiers – Poitiers – France

Palabras clave: Modificación de arcillas; Sistema bimetálico; Biomasa; Catalizadores heterogéneos; Metales de transición

Resumen

El crecimiento proyectado de la población mundial a 10 mil millones para 2050 está intensificando la agricultura y generando residuos lignocelulósicos, muchos de los cuales aún no se aprovechan a pesar de su potencial energético y químico. La valorización catalítica en biorrefinerías ofrece una vía sostenible hacia biocombustibles avanzados y productos químicos plataforma como el ácido levulínico, sorbitol, ácido glucónico, ácido succínico y furfural. En este estudio, se prepararon y caracterizaron catalizadores a partir de una bentonita natural colombiana modificada con Co, Cu y/o Ni, utilizando tres métodos diferentes: (i) capilarización con Al a partir de precursores diluidos (D) o concentrados (C) (ii) intercambio catiónico extensivo sobre arcilla pilarizada con Al, incluyendo una variante modificada a 70 °C (T) y menor concentración de sal metálica, y (iii) intercambio iónico sobre la arcilla cruda. Los materiales (400 mg) fueron reducidos después de una purga preliminar con N₂, mediante flujo de H₂ a 60 mL/min, calentamiento a 10 °C/min hasta 500 °C durante 2 horas, y enfriamiento final también bajo H₂. Luego, los catalizadores se probaron en la hidrogenación catalítica de citral, una molécula modelo para evaluar el desempeño catalítico en la conversión de moléculas plataforma derivadas de biomasa, como el ácido succínico.

Tabla 1. Caracterización fisicoquímica y estructural de las soluciones de intercalación/pilarización y de los materiales a base de arcilla funcionalizados con Co, Cu y/o Ni

Sample	Method	HR	AE (h)	pH	ρ (g/cm ³)	EC (mS/cm)	d ₀₀₁ (nm)
Arcilla refinada	-	--	--	--	--	--	1,43
Al/Co50-Cu50-PILC-D*	(i)	2,00	4	3,74	1,118	67,40	1,71
Al/Co50-Cu50-PILC-C*	(i)	2,85	5	3,48	1,268	82,20	1,36
Co-Cu/Al-PILC	(ii)	-	5	-	-	-	1,68
Co-Cu/Al-PILC-T	(ii)	-	5	-	-	-	1,21
Co-Cu-Clay	(iii)	-	3	-	-	-	0,98
Cu/Al-PILC	(ii)	-	5	-	-	-	1,44
Al/Co50-Ni50-PILC-D*	(i)	2,00	4	3,56	1,006	57,80	1,55
Al/Co50-Ni50-PILC-C*	(i)	2,85	8	3,23	1,178	91,20	1,30
Co-Ni/Al-PILC	(ii)	-	5	-	-	-	1,43
Co-Ni/Al-PILC-T	(ii)	-	5	-	-	-	1,61
Co-Ni-Clay	(iii)	-	3	-	-	-	1,43
Co/Al-PILC	(ii)	-	5	-	-	-	1,52
Al/Cu50-Ni50-PILC-D*	(i)	2,00	4	4,28	1,022	65,71	1,75
Al/Cu50-Ni50-PILC-C*	(i)	2,85	6	2,43	1,672	65,40	1,40
Cu-Ni/Al-PILC	(ii)	-	5	-	-	-	1,78
Cu-Ni/Al-PILC-T	(ii)	-	5	-	-	-	1,42
Cu-Ni-Clay	(iii)	-	3	-	-	-	1,43
Ni/Al-PILC	(ii)	-	5	-	-	-	1,54
Al/Ni-PILC-D	(i)	2,00	4	4,45	1,167	49,70	1,70
Al/Cu-PILC-D	(i)	2,00	4	4,34	1,184	58,60	1,41
Al/Co-PILC-D	(i)	2,00	4	4,87	1,163	44,10	1,41

D:Precursores diluidos; C: Precursores concentrados. T: Intercambio catiónico a 70 °C. Relación Atómica Metálica (AMR) = ((mol M1 + mol M2)/(mol M1 + mol M2 + mol Al)) * 100 = 5,0% (M1/ M2/ M3 = Co/Cu/Ni); HR: Relación de hidrólisis =

(mol OH⁻)/(mol M1+mol M2+mol Al); AE: Tiempo de envejecimiento de la solución de pilarización hidrolizada; ρ : Densidad de la solución de pilarización hidrolizada; EC: Conductividad eléctrica de la solución de pilarización hidrolizada; d_{001} : Espaciado basal del catalizador sólido de arcilla después de la intercalación/pilarización.

La caracterización fisicoquímica incluyó la determinación de d_{001} por difracción de rayos X (XRD) en las arcillas modificadas, junto con pH, ρ y EC de las soluciones de intercalación (Tabla 1). La incorporación de metales de transición modificó la estructura laminar y la superficie de la arcilla, alcanzándose valores de d_{001} de hasta 1,78 nm, como se observó para Cu-Ni/Al-PILC, lo que sugiere una expansión interlaminar probablemente debida a la formación de pilares mixtos a base de alúmina. Las variaciones en pH y EC se correlacionaron con d_{001} y la dispersión de óxidos metálicos: soluciones alcalinas y moderadamente conductivas (ejemplo, Al/Ni-PILC-D) favorecieron la formación de policones y una intercalación eficiente, mientras que soluciones ácidas y altamente conductivas (ejemplo, Al/Co50-Ni50-PILC-C) dieron menores valores de d_{001} y una distribución metálica deficiente. Tras la reducción con H₂, los catalizadores conservaron su estructura, pero mostraron baja actividad en hidrogenación de citral, favoreciendo principalmente la saturación del enlace C=C para formar citronelal y alcoholes parcialmente hidrogenados. Como se muestra en la Figura 1, las mayores conversiones se observaron para el sistema Co-Ni (11,4%), seguido de Cu-Ni (4,8%) y Co-Cu (4,2%). El sistema catalítico Co-Ni presentó la mayor conversión de citral, lo que se atribuye a su mayor contenido metálico y a la dispersión efectiva de las fases activas. Estos resultados sugieren un margen de optimización en condiciones de síntesis y reacción, destacando el potencial de estas bentonitas con metales de transición de primera fila como catalizadores de bajo costo para aplicaciones en biorrefinerías.

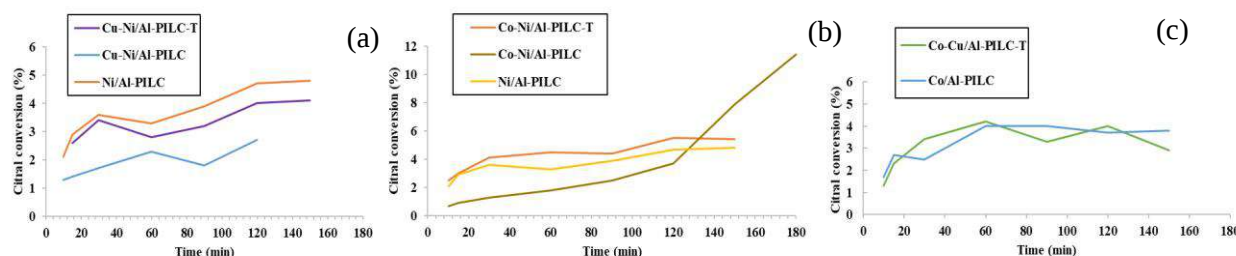


Figura 1. Desempeño catalítico de materiales en hidrogenación de citral: (a) Cu-Ni, (b) Co-Ni, (c) Co-Cu. Carga de catalizador: 0,4g/dm³; Volumen de citral: 3 cm³; volumen de isopropanol: 100 cm³; temperatura de reacción: 90 °C; presión de H₂: 7,5 MPa

References

- Vallejo C, Galeano L, Trujillano R, et al. Preparation of Al/Fe-PILC clay catalysts from concentrated precursors: enhanced hydrolysis of pillaring metals and intercalation. *RSC Adv.* 2020, 10(66), 40450–40460. DOI: 10.1039/d0ra08948f
- Muñoz H, Vallejo C, Blanco C, et al. 10 kg scaled-up preparation of Al/Fe-pillared clay CWPO catalysts from concentrated precursors. *Green Chem.* 2018, 20(22), 5196–5208. DOI: 10.1039/c8gc02445f
- Di X, Lafaye G, Espécel C, et al. Supported Co–Re bimetallic catalysts with different structures as efficient catalysts for hydrogenation of citral. *ChemSusChem*, 2019, 12(4), Pages 807–823. DOI: 10.1002/cssc.201802744

Autor de Presentación

Paulo Cesar Cabrera Moncayo es estudiante del Doctorado en Ciencias Agrarias de la Universidad de Nariño, Magister en Ingeniería Ambiental de la Universidad de Mariana y docente hora cátedra en la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad de Nariño. Su investigación se enfoca en el desarrollo de catalizadores sólidos para la eliminación de contaminantes emergentes en aguas residuales agrícolas y la valorización de biomasa vegetal en procesos de biorrefinería.

Email: paulocabrera28@udenar.edu.co

Preparación de un catalizador a base de hierro obtenido a partir de un precursor MIL-88B (Fe) mediante una síntesis más verde

Mateo Foronda Marín¹, Juan Tapia¹, Juan Carlos Muñoz Acevedo², Andrés Moreno¹

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

² Grupo de Síntesis Inorgánica y Catálisis, SICAT. Instituto de Química, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Antioquia, Medellín-Colombia.

Palabras clave: Pirólisis; Redes metal orgánicas; Ligando; Fase Activa; Atmósfera reductora.

Resumen

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 promisoría 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.

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 noahidratado 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.

Los resultados de caracterización por XRD y espectroscopía Raman e IR, permitieron verificar la formación de la fase cristalina MIL-88B (Figura 1). Por otro lado, mediante análisis TGA en atmósfera inerte se logra determinar la temperatura adecuada para llevar a cabo la pirólisis del precursor MIL-88B y su transformación en la fase activa del catalizador, $\chi\text{-Fe}_2\text{C}_5$; la cual se puede además favorecer por tratamiento térmico posterior en la mezcla de reacción (i.e., gas de síntesis).

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 pirólisis, determinando condiciones claves como la atmósfera inerte (nitrógeno o argón), la temperatura a la cual se realiza, y si se hace en horno horizontal previo a la reacción o en 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.

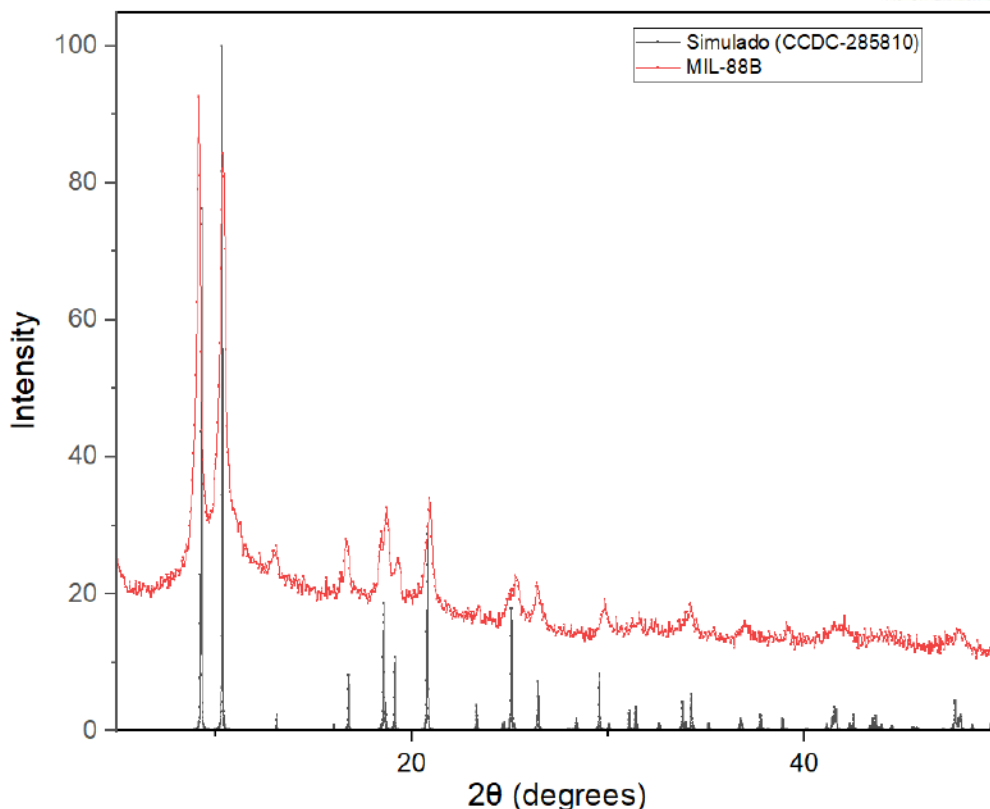


Figura 1. Patrón XRD de la síntesis del precursor MIL-88B-Fe a 45°C, 48h, en una relación de 1:0,8 de metal-ligando en contraste con la base de datos reportada por CCDC.

Referencias

- Ma C., Zhang W., Chang Q., *et al.* θ -Fe₃C Dominated Fe@C core-shell catalyst for Fischer-Tropsch synthesis: Roles of θ -Fe₃C and carbon shell. *J. catal.* 2021, 393, 238-246. DOI: 10.1016/j.jcat.2020.11.033.
- An B., Cheng K., Wang C., *et al.* Pyrolysis of Metal–Organic Frameworks to Fe₃O₄@Fe₅C₂ Core–Shell Nanoparticles for Fischer–Tropsch Synthesis. *ACS catal.* 2016, 6, 3610-3618 DOI: 10.1021/acscatal.6b00464.
- Wu Y.N., Fang Y., *et al.* optimized scalable synthesis and granulation of MIL-88B(Fe) for efficient arsenate removal. *J. Environ. Chem. Eng.* 2022, 10, 6 DOI: 10.1016/j.jece.2022.108556

Autor de Presentación

Mateo Foronda Marín es un estudiante de pregrado en Química, comprometido con el desarrollo científico, con una fuerte orientación a la sostenibilidad. Desea empezar a participar en proyectos relacionados con procesos químicos innovadores y el aprovechamiento de residuos, con especial interés en la economía circular. Se destaca por su gran curiosidad, su capacidad de trabajo en equipo y su interés por seguir aprendiendo y contribuyendo al avance tecnológico con responsabilidad ambiental.

Email: mateo.foronda@udea.edu.co

Síntesis asistida por microondas de benzo[b]furan-2-carboxamidas con potencial actividad antiproliferativa en líneas celulares de cáncer de mama

Karen Rojas Ramírez¹, Hugo Rojas Sarmiento¹, Diana Becerra Córdoba¹, Juan Castillo Millán¹

¹ Grupo de Catálisis de la UPTC, Escuela de Ciencias Químicas, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja – Colombia.

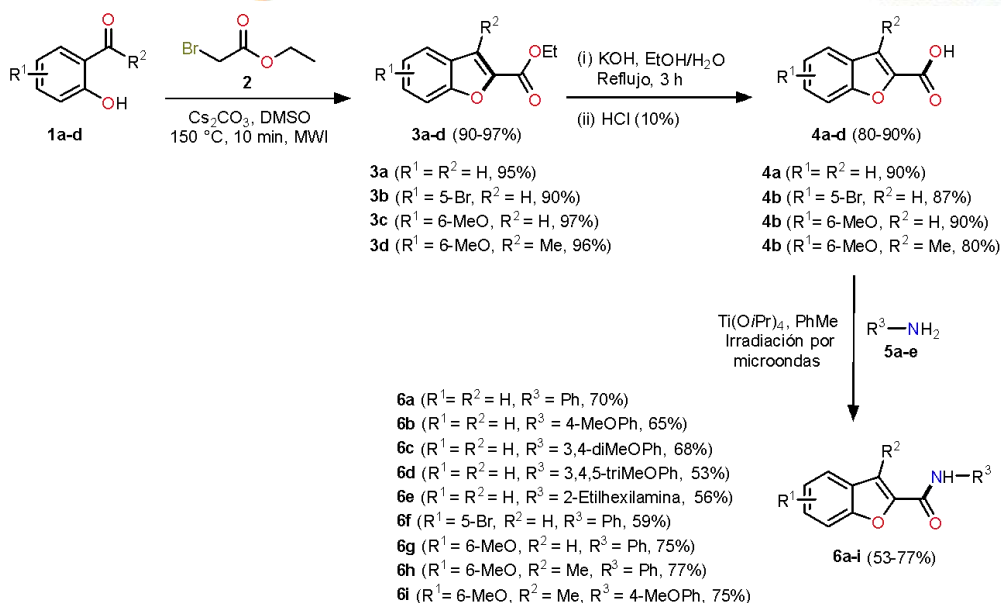
Palabras clave: Benzo[b]furan-2-carboxamida; Amidación directa; Catálisis homogénea, Microondas

Resumen

El cáncer de mama es una de las principales causas de mortalidad en mujeres a nivel mundial, lo que lo convierte en un grave problema de salud pública. Aunque se han logrado avances terapéuticos, la recurrencia y la resistencia a los tratamientos convencionales siguen representando desafíos significativos, lo que ha impulsado la búsqueda de nuevas estrategias farmacológicas más eficaces. En este contexto, el diseño y la síntesis de compuestos con estructuras innovadoras se han convertido en un objetivo prioritario para la química orgánica y medicinal. Entre los heterociclos con mayor potencial destaca el benzo[b]furano, presente en numerosos compuestos naturales y sintéticos. Un ejemplo representativo es la moracina D, que ha demostrado actividad en líneas celulares de cáncer de mama MDA-MB-231 y MCF-7, con valores de IC₅₀ superiores a 200 μ M. En particular, las benzo[b]furan-2-carboxamidas han despertado gran interés por su capacidad para interactuar con blancos moleculares clave en procesos oncológicos, al combinar el núcleo bioactivo del benzo[b]furano con el grupo funcional amida, ampliamente utilizado en la industria farmacéutica. De hecho, aproximadamente el 25% de los medicamentos aprobados contienen este grupo funcional, como es el caso de la Capecitabina (Xeloda®) empleada con éxito en terapia contra el cáncer de mama. Así, la síntesis de benzo[b]furan-2-carboxamidas representa una estrategia prometedora en la búsqueda de agentes más eficaces y selectivos para el tratamiento del cáncer de mama.

En este contexto, se optimizó un protocolo eficiente de síntesis asistida por microondas para la obtención de nuevas benzo[b]furan-2-carboxamidas **6** mediante una reacción de amidación directa entre ácidos benzo[b]furan-2-carboxílicos **4** y aminas primarias **5** empleando catálisis homogénea (Esquema 1). La ruta sintética se inició con una reacción de Rap-Stoermer empleando derivados de *orto*-hidroxibenzaldehídos **1a–c** y *orto*-hidroxiacetofenona **1d**, que reaccionaron con α -bromoacetato de etilo **2** en presencia de Cs₂CO₃ y dimetilsulfóxido (DMSO) bajo irradiación por microondas a 150 °C durante 10 minutos, lo que condujo a la obtención de los benzo[b]furan-2-carboxilatos de etilo **3a–d** en excelentes rendimientos (90–97%). Posteriormente, los ésteres **3a–d** fueron sometidos a hidrólisis básica en reflujo por 3 horas, seguida de acidificación con una solución de HCl (10%), lo que permitió aislar los ácidos benzo[b]furan-2-carboxílicos **4a–d** en buenos rendimientos (80–90%). Por último, la reacción de amidación directa de los ácidos carboxílicos **4a–d** con aminas primarias alifáticas y aromáticas **5a–e** en tolueno como disolvente e isopropóxido de titanio (IV) como catalizador bajo irradiación por microondas, condujo a la formación de las benzo[b]furan-2-carboxamidas **6a–i** en buenos rendimientos (53–77%).

Los precursores y productos obtenidos se caracterizaron estructuralmente mediante espectroscopía FT-IR, UV-Vis y RMN, espectrometría de masas de alta resolución y difracción de rayos-X de monocristal. En la actualidad, se están realizando estudios *in vitro* e *in silico* para evaluar la potencial actividad antiproliferativa de las benzo[b]furan-2-carboxamidas frente a las líneas celulares MCF-7 y MDA-MB-231 asociadas al cáncer de mama.



Esquema 1. Síntesis asistida por microondas de benzo[b]furan-2-carboxamidas **6**.

Referencias

- Arce-Ramos L., Castillo J.-C., Becerra D. Synthesis and biological studies of benzo[b]furan derivatives: A review from 2011 to 2022. *Pharmaceuticals* 2023, 16, 1265. DOI: 10.3390/ph16091265
- Domain A., Bai G., Castillo J.-C., *et al.* Stereocontrol in conformationally stable C(sp²)—C(sp³) atropisomers. *Angew. Chem. Int. Ed.* 2025, e202506810. DOI: 10.1002/ange.202506810

Autor de Presentación

Juan Carlos Castillo Millán (*h*-index = 22) es Tecnólogo Químico (2003), Químico (2008) y Doctor en Ciencias Químicas (2013) en la Universidad del Valle. Entre 2013 y 2017 se desempeñó como investigador postdoctoral en el Institut des Sciences Moléculaires de Marseille (Francia) y en la Universidad de los Andes (Bogotá D.C., Colombia). Desde 2018 es profesor en la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. En 2023 recibió el premio internacional Thieme Chemistry Journals.

Email: juan.castillo06@uptc.edu.co

Transformación de residuos agroindustriales en materiales porosos funcionales con actividad antimicrobiana

Mariana Gallego¹, Cecilia Manrique¹, Laura Cristina Uran¹, Johana Arboleda¹, Adriana Echavarría¹.

¹Grupo de Investigación Catalizadores y Adsorbentes, Universidad de Antioquia, Medellín – Colombia.

Palabras clave: Ni-MOF-74, residuos agroindustriales, biochar, inhibición microbiana.

Resumen

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. 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 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*.

Referencias

- Mohamedali M., Nath D., Ibrahim H., and Henni A. Review of Recent Developments in CO₂ Capture Using Solid Materials: Metal Organic Frameworks (MOFs) in *Greenhouse Gases*, InTech, 2016. doi: 10.5772/62275.
- Saeed-Ul-Hassan M., Ehtisham M., Badawi A. K., *et al*, A comparative study of moisture adsorption on GO, MOF-5, and GO/MOF-5 composite for applications in atmospheric water harvesting. *Nanoscale Adv.* 2024, 6(14), 3668–3679 doi: 10.1039/D4NA00150H.vvv

Autor de Presentación

Mariana Gallego Moreno es estudiante de pregrado en Química de la Universidad de Antioquia. Desde el 2023 hace parte del grupo de investigación Catalizadores y Adsorbentes (CATALAD) de la UdeA. Durante este tiempo ha trabajado como joven investigadora, donde inicialmente se enfocó en la caracterización de diversos materiales mediante técnicas térmicas como TGA, DSC y TPx. Actualmente, se encuentra desarrollando su trabajo de grado enfocado en el desarrollo de materiales porosos a partir del tratamiento de diferentes residuos agroindustriales y su funcionalización con Ni-MOF-74, para evaluar su potencial actividad antimicrobiana para el tratamiento de aguas residuales.

Email: mariana.gallego4@udea.edu.co

Biocatalizadores heterogéneos de la lipasa industrial de *Thermomyces lanuginosus* inmovilizada en soportes glioxil-agarosa bifuncional: caracterización y obtención de biodiésel.

Juan S. Pardo-Tamayo¹, Leidy D. Lerma¹, Cristian D. Salcedo-Cuaran¹, Ana M. Ordoñez¹, Daniela Naranjo¹, César A. Godoy*

¹ Departamento de Química, Laboratorio de Investigación en Biocatálisis y Biotransformaciones (LIBB), Grupo de Investigación en Ingeniería de los Procesos Agroalimentarios y Biotecnológicos (GIPAB), Universidad del Valle, C.P. 76001, Cali, Colombia.

Palabras clave: Lipasa, biodiésel, inmovilización de proteínas, intercambio iónico, interacción hidrofóbica, interacción covalente.

Resumen

El creciente consumo energético y la dependencia de reservas de petróleo finitas han impulsado la búsqueda de alternativas renovables. Este es el caso del biodiésel, cuya producción anual alcanza los 190 mil millones de litros. La producción enzimática de biodiésel representa una alternativa más sostenible frente a la de los catalizadores químicos usados industrialmente. Sin embargo, su aplicación industrial se ve limitada por altos costos e inestabilidad. La inmovilización covalente en glioxil-agarosa (Gx), aunque efectiva para mejorar estos aspectos, requiere pH alcalinos (>10) y residuos lisil accesibles, un impedimento para la mayoría de las enzimas. Como solución, para promover inmovilizaciones en condiciones menos agresivas (pH<10) se propuso obtener Gx bifuncionales que permitieran añadir interacciones soporte-enzima adicionales a las covalentes: hidrofóbicas usando modificantes como hidrazida octanoica (Oct) o fenilacética (Phe), o iónicas, usando taurina (Tau) o reactivo de Girard T (RGT). Estos modificantes se hicieron reaccionar con Gx mediante condensación asistida por microondas (3-6 min, pH 10,0) logrando grados de modificación de Gx de 15 % (Oct), 75% (Phe), 28% (RGT) y 13% (Tau). Los soportes bifuncionales obtenidos se evaluaron en la inmovilización de la lipasa industrial de *Thermomyces lanuginosus* (TLL) entre pH 3,5–10,0 usando aditivos (CTAB, SDS y NaCl), alcanzando porcentajes de 71% con Oct (pH 5,0, CTAB 0,005% p/v) y 78 % con RGT (pH 7,0, SDS 0,1 %), frente a un 34 % en Gx a pH 10 (convencional). En cuanto a la producción de biodiésel, se realizó una optimización utilizando como factores: modificación, pH (3,5-10,0), carga enzimática (1-31 mg/g) y aditivo (Figura 1). El mejor derivado hidrofóbico (pH 5,0, Gx-Oct, CTAB, 10 mg/g) produjo 77 % de biodiésel, mientras que su análogo iónico (pH 7,0, Gx-RGT, SDS, 31 mg/g) logró un 81%.

El modelo obtenido mostró que aun empleando 8 a 27 veces menos enzima (**Figura 1**), los biocatalizadores inéditos compiten con el comercial Novozyme[®] 435. En paralelo, con el objetivo de optimizar el tiempo de operación y reducir la generación de residuos, se implementó una estrategia de inmovilización en una sola etapa (*one-pot*), integrando simultáneamente la modificación del soporte y la inmovilización de TLL. Así fue posible inmovilizar más enzima (94%) y alcanzar mayor producción de biodiésel (84%) ahorrando al menos 50% de tiempo frente al enfoque de dos pasos.

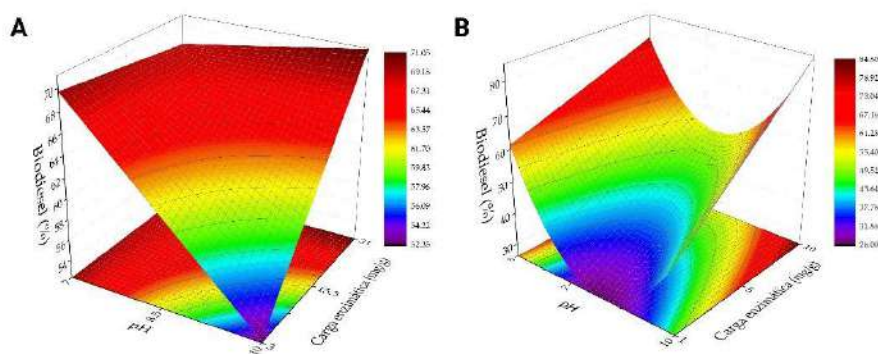


Figura 1. Derivados **A.** iónicos (RGT) y **B.** hidrofóbicos (Oct) en la obtención de biodiésel (como ésteres alquílicos de ácidos grasos) variando la cantidad de enzima ofrecida y el pH en 24 h.

Finalmente, los soportes Gx bifuncionales se usaron con proteínas de diferente naturaleza y origen como las de extractos crudos de *E. coli* o de corazón porcino, logrando inmovilizar hasta un 76% (Gx solo el 26%). En conclusión, estos resultados sugieren que las estrategias basadas en Gx-bifuncional superan el rango de aplicaciones biotecnológicas de la inmovilización covalente convencional en glioxil-agarosa.

Referencias

- Cavalcante, F.T.T., Neto, F.S., Rafael de Aguiar Falcão, I., *et al*, Opportunities for improving biodiesel production via lipase catalysis. *Fuel*, 2021, 288, 119577. DOI: 10.1016/j.fuel.2020.119577
- Godoy, C.A., Pardo-Tamayo J.S., Barbosa O., *et al*. Microbial Lipases and Their Potential in the Production of Pharmaceutical Building Blocks. *Int. J. Mol. Sci.* 2022, 23(17), 9933; DOI:10.3390/ijms23179933
- Khan, R. S., Rather A.H., Wani T.U., *et al*. Recent Trends Using Natural Polymeric Nanofibers as Supports for Enzyme Immobilization and Catalysis. *Biotechnol Bioeng.* 2023, 120(1), 22-40. DOI: 10.1002/bit.28246

Autor de Presentación

Ana María Ordoñez Bolaños es estudiante de último semestre de pregrado en Química en la Universidad del Valle (Colombia). Su trabajo de investigación se centra en el desarrollo de estrategias de inmovilización enzimática en una única etapa mediante la modificación simultánea de soportes de glioxil-agarosa con agentes heterofuncionales, abarcando aplicaciones biotecnológicas como la producción de ésteres etílicos de ácidos grasos (biocombustibles) y procesos de biorremediación. Así mismo, ha extendido su metodología a matrices proteicas complejas para evaluar la robustez de los sistemas desarrollados. Participó como ponente en un evento nacional, el Primer Congreso Nacional ACS Colombia y hace parte del capítulo estudiantil American Chemical Society (ACS) en la Universidad del Valle.

Email: ordonez.ana@correounivalle.edu.co

Estudio de catalizadores Ni⁰/MOF-derivados para la producción de BTEX vía co-hidropirólisis de celulosa/LDPE: efecto de la termólisis y carga metálica en la selectividad

Carlos Romero-Unda^{1,2}, Konstanza Ortiz¹, Serguei Alejandro-Martín^{1,2}

¹ Laboratorio de Cromatografía Gaseosa y Pirólisis Analítica, Universidad del Bío-Bío, Concepción – Chile.

² Departamento de Ingeniería de Procesos y Bioproductos, Facultad de Ingeniería, Universidad del Bío-Bío, Concepción – Chile.

Palabras clave: Metal-organic framework; Aromatización; Biomasa; Plástico; Pirólisis.

Resumen

La necesidad apremiante de sustituir la síntesis fósil-dependiente ha erigido a los métodos pirolíticos como una solución atractiva para la generación de compuestos químicos sustentables. Entre ellos, la co-hidropirólisis catalítica (CCo-HyPy) de biomasa y plásticos destaca por su eficacia en la producción de hidrocarburos aromáticos de alto valor (BTEX). No obstante, la efectividad de esta ruta bio-sintética está intrínsecamente supeditada a las características –en específico la naturaleza– del catalizador que soporta la reacción termoquímica. Esta investigación examina el efecto de la *temperatura de termólisis* y *carga metálica* (Ni⁰) en el marco metal-orgánico (MOF) MIL-53(Al) sobre la distribución de volátiles generados en la CCo-HyPy de celulosa/LDPE. El soporte *prístino* se impregnó por humedad incipiente con 5, 10 y 15 %m/m de níquel y posteriormente se sometió a un tratamiento térmico controlado (*termólisis*) a 650°C y 800°C (10°C/min) en un flujo continuo de N₂ (100 mL/min) durante 2 horas. Los ensayos de CCo-HyPy se realizaron a 600°C/100 psi H₂ en un sistema Py-GC/MS (CDS5200 - Clarus689/SQ-8T). El lecho de reacción se cargó con una relación másica de (1)[*celulosa - LDPE*]/(7)catalizador. El *área pico relativa* (RA) se empleó para determinar la selectividad de los compuestos.

Los registros (*Figura 1*) revelan que el soporte mantiene una selectividad prácticamente invariante ($\Delta RA_{BTEX} \approx 0,05\%$) al elevar la temperatura de termólisis; la incorporación de Ni_{5%} casi duplica la selectividad ($\approx 45,0\%$) y la hace insensible a la temperatura ($\Delta RA_{BTEX} \approx 0,53\%$), mientras que con Ni_{10%} - Ni_{15%} la selectividad cae drásticamente a 650°C ($\approx 20,3\%$ - $22,5\%$) pero se recupera a 800°C ($\approx 27,6\%$ - $30,7\%$), indicando que la temperatura sólo mejora el rendimiento monoaromático cuando la carga metálica supera el umbral óptimo de 5 %m/m. Este comportamiento puede explicarse considerando que, a bajos contenidos de níquel (≤ 5 %m/m), el metal se reduce y dispersa eficazmente en la matriz carbonácea (M_{CAR} ; e.g. NiO + NiAl₂O₄), generando centros hidrogenantes/deshidrogenantes sin enmascarar la acidez del soporte. En cambio, con cargas superiores (> 5 %m/m) se favorece la formación de fases níquel de alta reducibilidad (e.g. NiO superficial) o la sinterización de Ni en la matriz carbonácea durante la termólisis. El exceso de Ni⁰ incrementa drásticamente la capacidad de hidrogenación/hidrogenólisis del catalizador, desviando los intermedios insaturados (e.g. olefinas ligeras C₂ – C₆) hacia hidrocarburos alifáticos saturados (*Figura 1; línea verde*), antes de que puedan ciclar y aromatizarse. Al mismo tiempo, la cobertura metálica ocasiona un bloqueo parcial de los sitios ácidos de la M_{CAR} –críticos para la formación de monoaromáticos– de modo que la RA_{BTEX} se ve disminuida. La termólisis a 800°C potencia la difusión iónica de Ni²⁺ y grafitización de la M_{CAR} (Kukułka et al., 2025), creando mesoporos que re – exponen parte de los sitios ácidos y facilitan la accesibilidad del H₂. Aunque persiste una elevada proporción de NiAl₂O₄ no reducible, la fracción de NiO/Ni⁰ bien dispersa aumenta, recuperándose parcialmente la aromatización ($\Delta RA_{BTEX} = 7,38\%$ a Ni_{10%} y $8,24\%$ a Ni_{15%}). Sin embargo, la relación metal/ácido continúa siendo excesiva, lo que inhibe selectividades mayores a las observadas con Ni_{5%}.

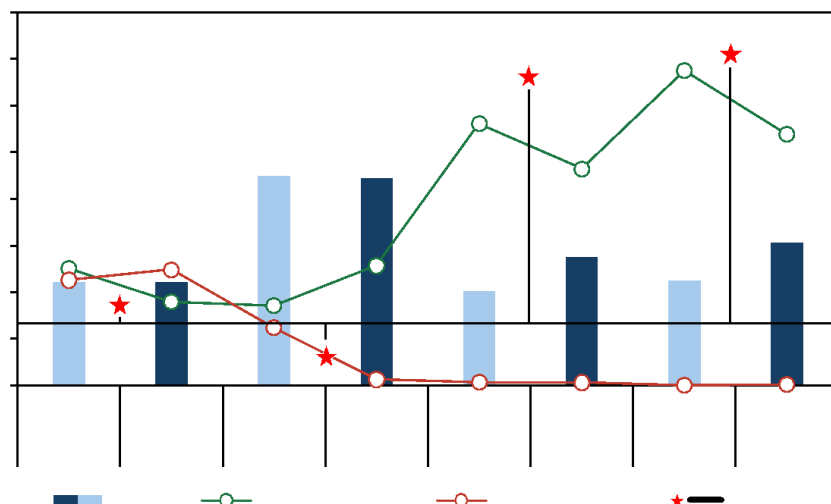


Figura 1. Efecto de la *temperatura de termólisis* y *carga metálica nominal* de Ni^0 sobre la selectividad hacia BTEX. $\Delta\text{RA}_{\text{BTEX}} = \text{RA}_{\text{T800}} - \text{RA}_{\text{T650}}$.

Referencias

- Romero-Unda C., Fernández-Andrade K.J., *et al.* Enhanced aromatic hydrocarbon production from biomass-plastic co-hydrolysis over Ni/MOF-derived catalyst. *Ind. Crops Prod.* 2025, 226, 120749. DOI: 10.1016/j.indcrop.2025.120749
- Kukułka W., *et al.* Enhancing Zinc-Ion Energy Storage: Impact of MOF-5 Derived Carbonization Temperature on Performance. *J. Mater. Chem. A.* 2025,13, 22755-22760. DOI: 10.1039/D5TA03330F

Autor de Presentación

Carlos Romero-Unda es *Ingeniero Civil Químico* y candidato al grado de doctor en *Ingeniería de Materiales y Procesos Sustentables* por la Universidad del Bío-Bío (UBB). Desde abril de 2023, integra el *Laboratorio de Cromatografía Gaseosa y Pirólisis Analítica (LCGPA)* de la misma institución. Su línea de investigación se centra en el diseño de catalizadores sólidos para la valorización de residuos lignocelulósicos y plásticos mediante procesos de termoconversión. Es autor de una publicación indexada y de siete comunicaciones científicas en congresos nacionales e internacionales. Asimismo, ha desempeñado labores de docencia en la UBB.

Email: carlos.romero1701@alumnos.ubiobio.cl

Serguei Alejandro-Martín es Doctor en Ciencias de la Ingeniería/ Ingeniería Química, Universidad de Concepción, Chile. Es el fundador y coordinador del LCGPA de la Universidad del Bío-Bío, donde es profesor asociado en el Departamento de Ingeniería de Procesos y Bioproductos. Sus líneas de investigación actuales son los procesos de transformación termoquímica (co-hidropirólisis catalítica) de residuos lignocelulósicos y plásticos, con énfasis en la valorización de residuos, el diseño y obtención de catalizadores metálicos soportados en zeolitas naturales y marcos organometálicos, la obtención de compuestos químicos de valor agregado y biocombustibles alternativos.

Email: salejandro@ubiobio.cl

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

Laura Castaño¹, Alexander Santamaría¹, Diana Lopez¹, Juan Tapia¹

¹ Instituto 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.

Palabras clave: Oxidación catalítica; Óxidos metálicos; No-estequiometría; BTX; Perovskitas.

Resumen

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.

Se sintetizaron catalizadores: La_xMnO_3 (La_xM) 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 $\text{La}_{0.9}\text{MnO}_3$ 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 $\text{O}_{\text{ads}}/\text{O}_{\text{latt}}$, 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.

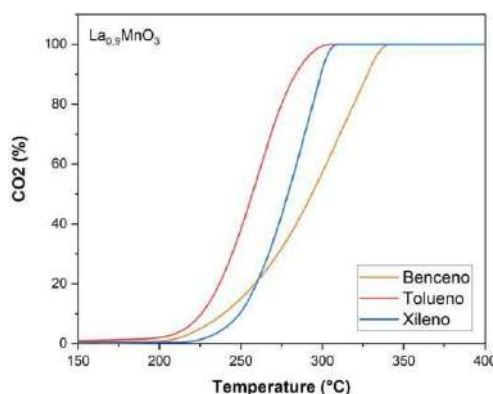


Figura 1. Evaluación catalítica de la perovskita $\text{La}_{0.9}\text{MnO}_3$ para los B

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_2 , 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 disminuyeron las señales de aromáticos y aumentó la de CO_2 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.

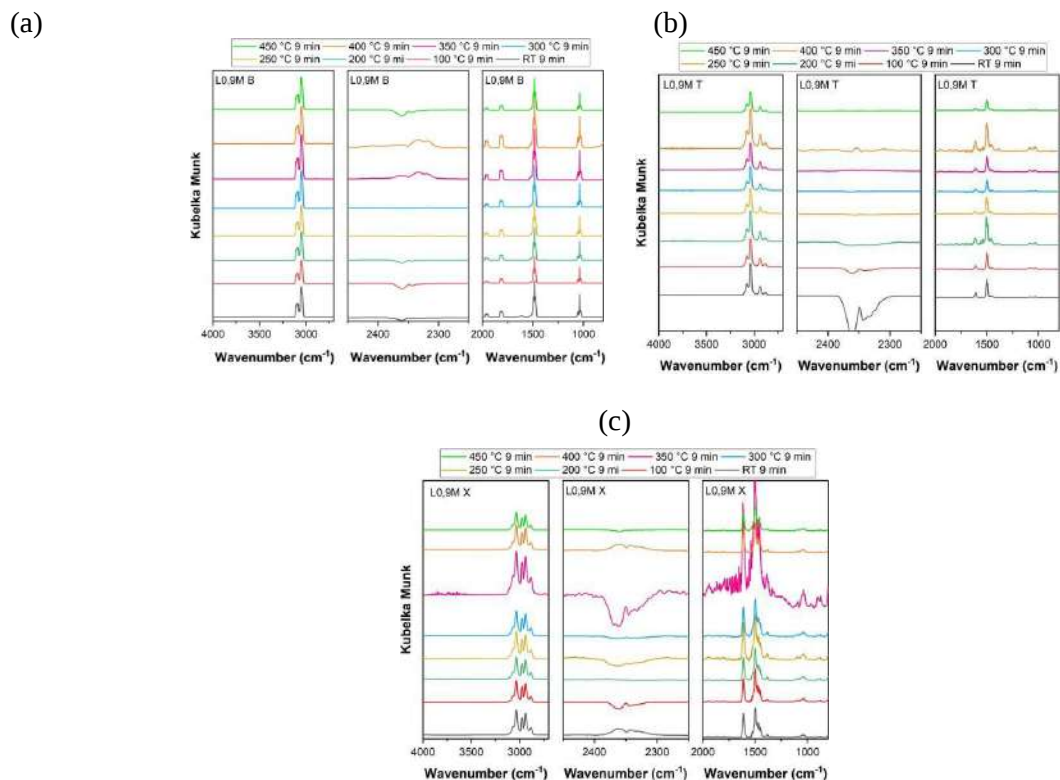


Figura 2. Espectros DRIFT de adsorción de L0.9M para (a) Benceno (b) Tolueno (c) Xileno.

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 $\text{La}_{1-x}\text{A}_x\text{Mn}_{1-y}\text{B}_y\text{O}_3$ (A = Ce, B = Ni) perovskite-type oxides for toluene oxidation. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 2023, 30, 13, 36993–37003. DOI:10.1007/s11356-022-24916-3
- Zhao H., Wang J. Engineering metal oxide catalyst for volatile organic compounds oxidation. *Ionics.* 2024, 30, 11–25. 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. *Inorg. Chem.* 2019, 58(20), 14275–14283. DOI: 10.1021/acs.inorgchem.9b02518
- Lyu Y., Li C., Du X., *et al.* Catalytic removal of toluene over manganese oxide-based catalysts: a review. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 2019, 27, 2482–2501. DOI: 10.1007/s11356-019-07037-2

Autor de Presentación

Laura Marcela Castaño es una estudiante de Química en la Universidad de Antioquia. Desde 2022 trabaja como Joven Investigador en el grupo QUIREMA donde inició con el proyecto de captura de CO_2 a partir de escoria de ferromniquel y continuó su investigación enfocada en el desarrollo de catalizadores de LaMnO_3 para la oxidación de BTX. Participó del Congreso Internacional de Materiales de 2024.
Email: lauram.castano1@udea.edu.co

Obtención de aceite de lignina de la biomasa de la mazorca de cacao usando un proceso de biorrefinería con $\text{Ni}/\gamma\text{Al}_2\text{O}_3$

Abril-González Mónica¹, Verónica Pinos-Vélez^{1,2}, Angélica Vele¹

¹ Grupo de Ingeniería de las Reacciones Químicas, Catálisis y Tecnologías del Medio Ambiente, Departamento de Biociencias, Universidad de Cuenca, Cuenca – Ecuador.

² Departamento de Recursos Hídricos y Ciencias Ambientales, Universidad de Cuenca, Cuenca – Ecuador.

Palabras clave: mazorca de cacao, biorrefinería, lignina first.

Resumen

La Biomasa de cultivos agrícolas como el cacao, se acumula cerca de estos generando problema de plagas y alterando el ciclo de nutrientes del suelo y la actividad microbiana natural del entorno. Por ello, es necesario investigar procesos de aprovechamiento de esta biomasa. Una de estas alternativas de valorización son los procesos de biorrefinería centrados en la descomposición de la lignina y su conversión a biocombustibles y químicos de alto valor agregado.

Este trabajo propone un proceso de biorrefinería usando la biomasa del cacao, a presión autógena catalizado con $\text{Ni}/\gamma\text{Al}_2\text{O}_3$ obtenido por el método del poliol usando como sal precursora de níquel, nitrato de níquel y como agente reductor el propilenglicol (PG). Se optimizaron las condiciones de reacción a través de un diseño experimental, un diseño factorial completo, 2^3 , variando los siguientes factores: Temperatura (160°C y 220°C), Tiempo (120 min y 180 min) y porcentaje de 2-propanol (60 % y 80 %). La variables a optimizar fue el contenido de guayacol en el aceite de lignina (Tabla 1). El catalizador fue caracterizado usando un sortómetro NOVA 2200e y se aplicó el modelo BET para determinar el área superficial específica. En la Figura 1 se presenta la isoterma obtenida que corresponde a un sólido mesoporoso, clasificado como tipo IV según la IUPAC, con un bucle de histéresis tipo H3. Esto indica la presencia de poros en forma de hendidura o agregados de partículas laminares. El bajo volumen adsorbido se traduce en una baja área superficial específica, determinada en $2,014 \text{ m}^2/\text{g}$.

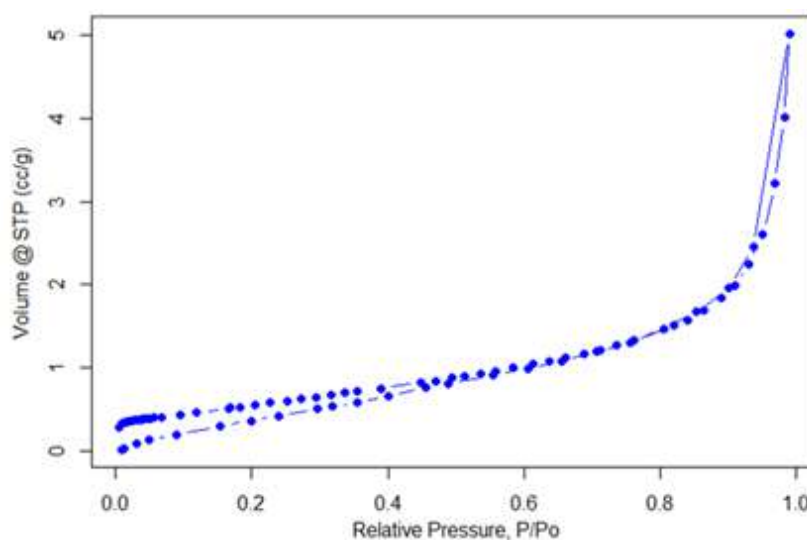


Figura 1: Isotherma de adsorción-desorción de nitrógeno a 77 K del catalizador $\text{Ni}/\gamma\text{Al}_2\text{O}_3$.

Observamos en la tabla 1 que la mayor concentración de Guayacol se obtuvo en los máximos de cada factor. Sin embargo, al hacer el análisis a través de Daniel Plot se encontró que el único factor significativo resultó ser la temperatura.

Tabla 1. Concentración del Guayacol obtenido con los diferentes ensayos de acuerdo al diseño experimental.

Ensayo	Factores			Guayacol (ppm)
	Temperatura (°C)	Tiempo (min)	Propanol (%)	
1	-	-	-	19,5
2	+	-	-	157
3	-	+	-	46
4	+	+	-	146
5	-	-	+	22
6	+	-	+	191
7	-	+	+	50
8	+	+	+	232

Referencias

- Vele-Salto A., Abril-González M., Zalamea S., & Pinos-Vélez V. Mini-Revisión: Aplicación de líquidos iónicos en hidrólisis ácida de material lignocelulósico para la obtención de azúcares. Ciencia En Desarrollo, 2021, 12(1), 55-67. DOI: 10.19053/01217488.v12.n1.2021.12477

Autor de Presentación

Universidad de Cuenca desde 2009. Docente Investigadora. Líneas de investigación son la catálisis y los procesos de oxidación avanzada y procesos de valorización de la Biomasa. Es coautor de más de 30 publicaciones. Ha recibido la mención *cum laude* en su doctorado.

Email: veronica.pinos@ucuenca.edu.ec

Remoción de contaminantes emergentes empleando estructuras metal-orgánicas de Circonio: Efecto del método de síntesis en la capacidad de adsorción

Laura C. León Manrique¹, Jose G. Carriazo¹, Nelson J. Castellanos¹

¹ Laboratorio de Diseño y Reactividad de Estructuras Sólidas (Lab-DRES, 125), Departamento de Química, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, Carrera 30 No. 45-03, Bogotá, Colombia.

Palabras clave: Contaminantes emergentes; Estructuras metal-orgánicas (MOF); Ibuprofeno; Adsorción.

Resumen

La contaminación producida por los productos farmacéuticos como el ibuprofeno (IBU) y la amoxicilina en las aguas superficiales y subterráneas ha sido reconocida por muchos países como un problema ambiental. Este tipo de fármacos son resistentes a la degradación, muy persistentes en medio acuoso, y potencialmente capaces de producir efectos adversos en los organismos acuáticos, y en la salud humana debido al aumento de su concentración y su bioacumulación en fuentes hídricas de captación, que después de un ciclo terminan siendo usadas para consumo agrícola, agropecuario y naturalmente por el ser humano. En esta investigación se evaluó el uso de estructuras metal-orgánicas (MOF) de circonio de la familia de los UiO para la remoción de IBU en agua. Se sintetizaron los MOF UiO-66, UiO-66-NH₂ y el UiO-67, empleando dos metodologías de síntesis (solvotérmico e hidrotérmico). Adicionalmente, se varió la composición del ligante original adicionando ácido bifenil-dicarboxílico (BPDC) en iguales proporciones para la obtención de los sólidos UiO-66-BPDC y el UiO-66-NH₂-BPDC.

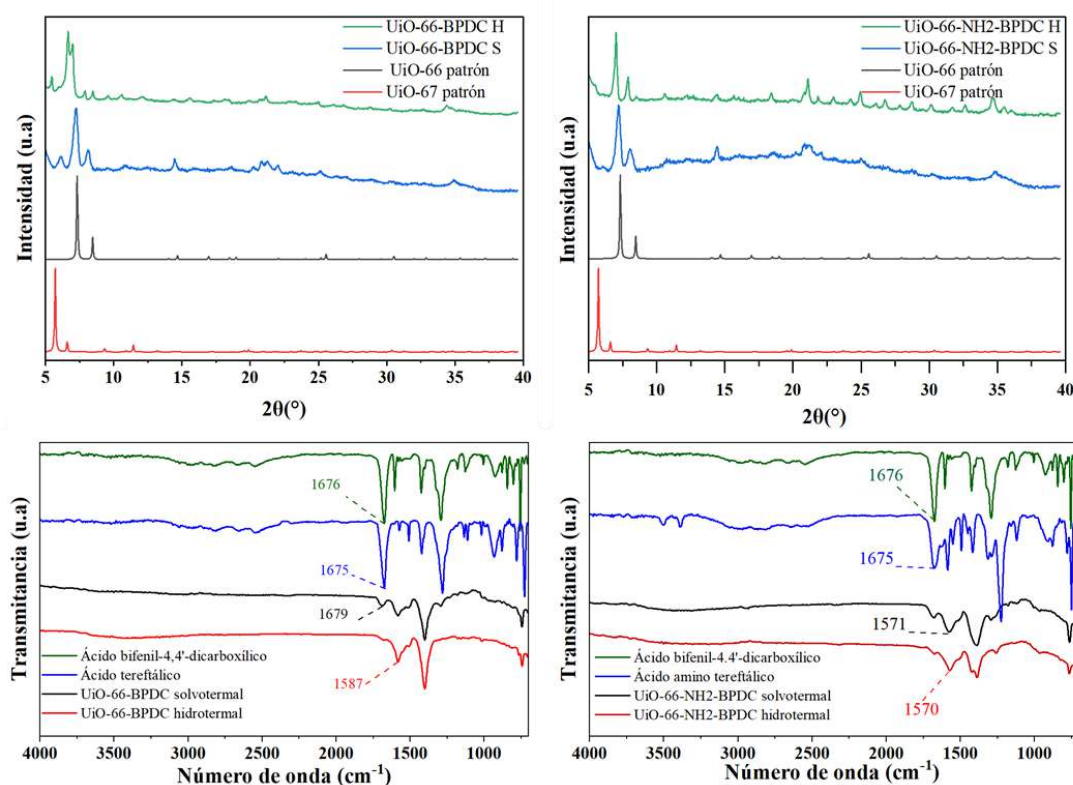


Figura 1. Caracterización por DRX e IR para los MOF sintetizados UiO-66-BPDC y UiO-66-NH₂-BPDC empleando los métodos de síntesis solvotérmico e hidrotérmico.

Los sólidos fueron caracterizados empleando DRX, espectroscopia IR y UV-Vis en estado sólido, confirmando la formación de las estructuras metal-orgánicas y su respectiva cristalinidad (**Figura 1**).

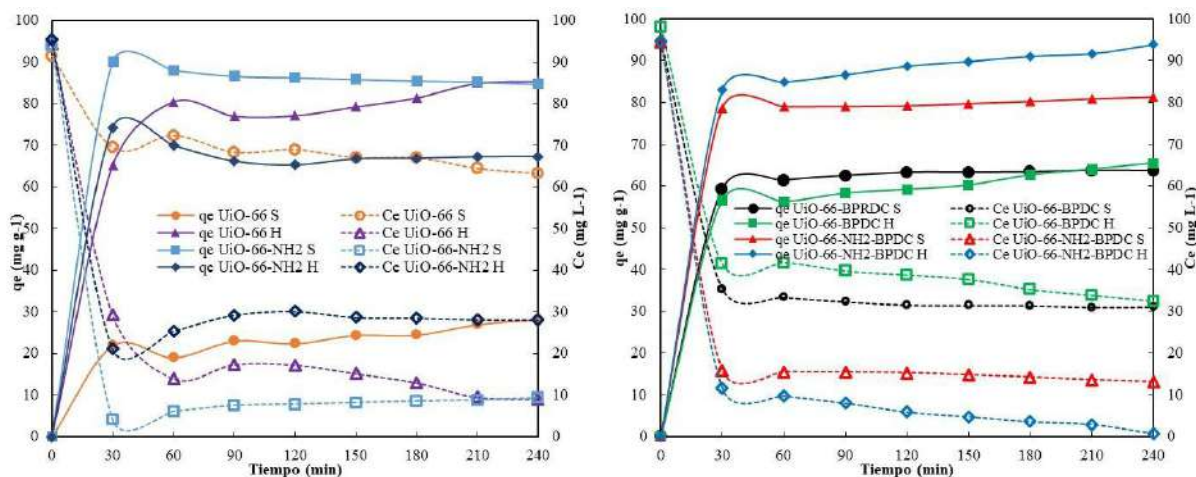


Figura 2. Análisis de la variación de la concentración y la cantidad absorbida de IBP por g de adsorbente en función del tiempo (q_e) para cada uno de los sólidos preparados (S: solvotérmico e H: hidrotérmico).

La cuantificación de IBP en el proceso de adsorción se realizó por espectroscopia UV-Vis a partir de una curva de calibración previamente elaborada empleando la longitud de onda de absorción máxima a 222 nm. De acuerdo con el % de remoción por adsorción obtenido, los MOF sintetizados hidrotérmicamente exhiben una mayor eficiencia de remoción en comparación con los MOF sintetizados solvotérmicamente. La modificación en el ligante del MOF UiO-66-NH₂ con BPDC, exhibió una remoción del 99,2% seguido por el MOF UiO-66 con 90,4%, ambos sólidos con síntesis hidrotérmica. Por otro lado, el MOF UiO-66-NH₂ de síntesis solvotérmica mostró un porcentaje de remoción del 90,1%. A partir de la cantidad de IBP adsorbida por gramo de material adsorbente denominada q_e (mg g⁻¹) se determinó en condiciones de equilibrio la cantidad máxima de contaminante adsorbido por gramo de adsorbente, denominada "capacidad de adsorción máxima (q_m)". Estos resultados ponen de relieve el potencial de los MOFs para hacer frente a la contaminación farmacéutica y sugieren nuevas investigaciones, en particular en la optimización de la síntesis de nuevas estructuras MOF para aplicaciones ambientales.

Referencias

- Barathe P., Kaur K., Reddy S., *et al.* Antibiotic pollution and associated antimicrobial resistance in the environment. *J. Hazard. Mater. Lett.* 2024, 5, 100105. DOI: 10.1016/J.HAZL.2024.100105
- Choina J., Kosslick H., Fischer Ch., *et al.* Photocatalytic decomposition of pharmaceutical ibuprofen pollutions in water over titania catalyst. *Appl. Catal., B.* 2013, 129, 589–598. <https://doi.org/10.1016/J.APCATB.2012.09.053>

Autor de Presentación

Laura C. León Manrique obtuvo su título de pregrado en Ingeniería Sanitaria de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Desde febrero de 2024, viene desarrollando su trabajo de maestría en Ingeniería Ambiental en el Laboratorio de Diseño y Reactividad de Estructuras Sólidas (Lab-DRES, 125) de la Universidad Nacional de Colombia. Su investigación se enfoca en catalizadores sólidos para la eliminación de contaminantes emergentes en agua.

Email: lleonma@unal.edu.co

Modificación de las propiedades superficiales de una sílice biogénica mediante tratamiento con ácido oxálico

Grey Castellar^{1,3}, Yazmín Agámez², Eduard Romero², Luis Moreno³, Jesús Valencia³

¹ Grupo de Investigación Interdisciplinario de Ciencias Básicas, Universidad Autónoma del Caribe, Barranquilla-Colombia.

² Laboratorio de Investigación en Combustibles y Energía, Departamento de Química, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá D.C.-Colombia.

³ Laboratorio de Catálisis Heterogénea, Aplicaciones Fisicoquímicas del Estado Sólido, Departamento de Química, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá D.C.-Colombia

Palabras clave: Tierra diatomácea, Tratamiento ácido, Propiedades de textura, Mesoporosidad.

Resumen

La tierra diatomácea (TD) o kieselguhr, también conocida como diatomita, es una roca sedimentaria de origen biogénico que consiste principalmente en sílice hidratada amorfa ($\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$), semejante en composición al ópalo A. Su empleo en una variedad de aplicaciones como adsorbente en la purificación de agua potable, en la eliminación de iones metálicos y contaminantes orgánicos en medios acuosos, como soporte catalítico en reacciones de transesterificación de aceites y fotocatalisis, entre otras, requiere la limpieza de su estructura silícea, ya que las impurezas pueden bloquear sus poros y disminuir su potencial.

En esta investigación una muestra representativa de tierra diatomácea procedente del municipio de Chivatá (Boyacá-Colombia), se trató con disoluciones de ácido oxálico ($\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4$) y se evaluó el efecto de la concentración inicial (0,1, 0,5 y 1,0 M), la relación masa de TD/volumen de disolución (1:10 y 1:20 g/mL) y el tiempo de lixiviación (2, 4, 6, 8, 10 y 12 h) sobre las propiedades de textura.

Tabla 1. Resultados de las propiedades de textura del tratamiento con $\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4$ 1,0 M y relación 1:20.

Tiempo del tratamiento (h)	Área específica S_{BET} (m^2/g)	Área externa S_{ext} (m^2/g)	Área microporos S_{mic} (m^2/g)
2	77,8	72,8	5,0
4	97,3	95,3	2,0
6	118,2	115,2	3,0
8	126,5	123,7	2,8
10	133,1	128,9	4,2
12	94,8	92,2	2,6

El área específica se calculó aplicando el método de Brunauer, Emmett y Teller (BET) con los datos de adsorción en el rango de presiones relativas entre 0,05 y 0,30; el área externa y el área de microporos se calcularon por el método *t-plot*. La Tabla 1 muestra las propiedades de textura obtenidas mediante estas metodologías y que corresponden a las condiciones evaluadas con los mejores resultados: concentración inicial de $\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4$ 1,0 M y relación 1:20, de donde se infiere que la mayor adsorción de N_2 ocurre en la parte mesoporosa de los sólidos siendo el área externa la que principalmente contribuye al área total (S_{BET}). Se sugiere que el desarrollo de porosidad desde 45,2 m^2/g hasta 133,1 m^2/g , que corresponden a la tierra diatomácea cruda y tratada durante 10 h, respectivamente, se debe principalmente a la reacción del ácido oxálico con la materia orgánica, carbonatos, óxido de hierro, óxidos de metales alcalinos y alcalinotérreos, entre otros, considerados contaminantes.

La Figura 1a muestra que la isoterma de adsorción-desorción de N_2 a 77 K de la tierra diatomácea cruda es de tipo IV con anillos de histéresis H3, según la clasificación de la IUPAC, característica de los materiales mesoporosos. Este tipo de porosidad persiste en todos los tratamientos (Figura 1b).

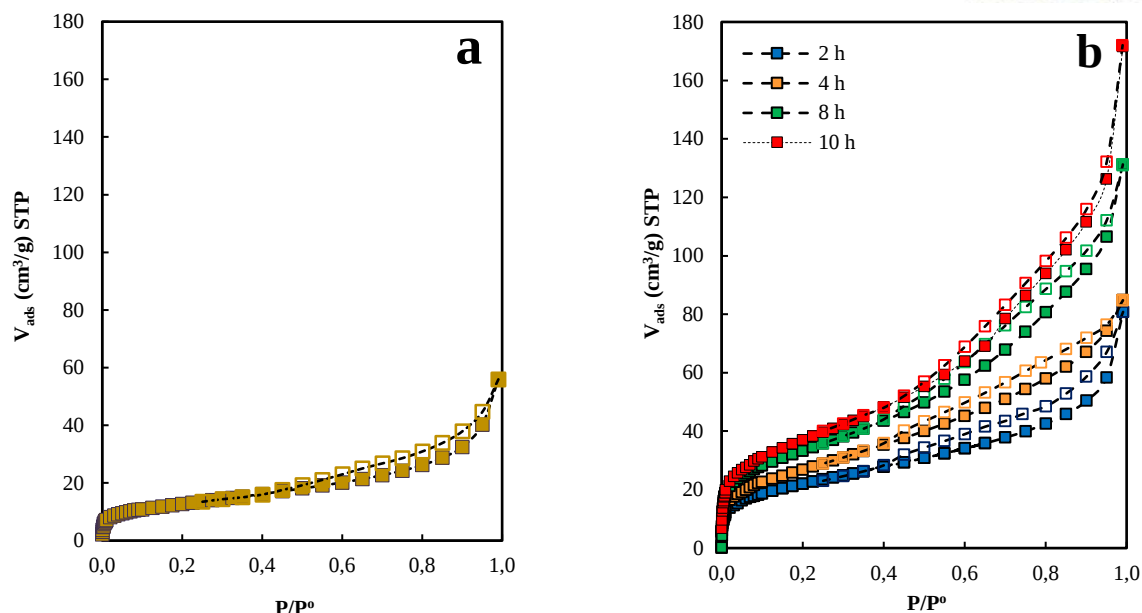


Figura 1. Isotermas de adsorción-desorción de N_2 a 77 K de la tierra diatomácea cruda (a) y tratada con $C_2H_2O_4$ 1,0 M, relación 1:20 (b).

Los resultados de los difractogramas muestran que no ocurren cambios significativos en las señales correspondientes al ópalo A, el cuarzo y las arcillas después del tratamiento con ácido oxálico, y se confirma por la permanencia de sus bandas características en el IRTF (espectroscopía infrarroja con transformada de Fourier).

Referencias

- Agámez Y., Oviedo L., Navarro U., *et al.* Modificaciones de las propiedades texturales y estructurales de una zeolita USY y de sus mezclas con “caolín clay” y clorhidrol como consecuencia del tratamiento hidrotérmico. *Rev. Colomb. Quim.* 2006, 35(1), 7-17. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/22297>
- Cychosz K. A., Thommes M. Progress in the Physisorption Characterization of Nanoporous Gas Storage Materials. *Engineering*. 2018, 4(4), 559–66. DOI: 10.1016/j.eng.2018.06.001
- Jain R., Dhali S., Nigam H., *et al.* Recovery of diatom bio-silica using chemical, thermal, and plasma treatment. *Bioresour. Technol. Rep.* 2022, 18, 101035. DOI: 10.1016/j.biteb.2022.101035

Autor de Presentación

Grey Cecilia Castellar Ortega es magíster y candidata a doctora en Ciencias Químicas de la Universidad Nacional de Colombia. Su investigación se centra en la preparación y evaluación de materiales adsorbentes para la eliminación de contaminantes y, en la síntesis de catalizadores heterogéneos para la transesterificación de triacilglicéridos. Gracias a esta actividad, ha publicado artículos en revistas especializadas, ha participado como ponente en congresos nacionales e internacionales y ha dirigido trabajos de grado de pregrado y posgrado.

Email: grey.castellar@uac.edu.co

Oxidación de limoneno con catalizadores de materiales carbonosos obtenidos de cáscara de naranja

Lic-Amiris Perea¹, Aída-Luz Villa¹

¹ Grupo de Investigación Catálisis Ambiental, Universidad de Antioquia, Medellín – Colombia.

Palabras clave: carbón activado; TBHP; residuo cítrico; oxidación de limoneno; dihidrocarvona

Resumen

Millones de toneladas de cáscaras de naranja son generadas alrededor del mundo; según la FAO en 2019 se produjo 149 millones de toneladas de cítricos, de los cuales aproximadamente el 60% corresponde a residuos como la cáscara de la cual se obtiene aceite esencial compuesto principalmente por el limoneno que al oxidarse produce dihidrocarvona, con aplicaciones en fragancias y perfumes y con actividad inhibitoria al crecimiento fúngico y bacteriano. En este trabajo, se obtuvo carbón activado de las cáscaras de naranja obtenidas de cultivos en Antioquia, el material se utilizó como soporte de hierro para oxidar el limoneno. El carbón activado se preparó por activación química con ZnCl_2 y KOH variando la relación biomasa:agente activante (1:0.5, 1:2); los sólidos $\text{C-ZnCl}_2(0.5)$, $\text{C-ZnCl}_2(2)$, $\text{C-KOH}(0.5)$, $\text{C-KOH}(2)$, se trataron con solución acuosa de $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ con 10 mL de H_2SO_4 (2 M), obteniéndose $\text{FeC-ZnCl}_2(0.5)$, $\text{FeC-ZnCl}_2(2)$, $\text{FeC-KOH}(0.5)$ e $\text{FeC-KOH}(2)$. Los materiales se caracterizaron mediante BET de un punto, FTIR y TPD- NH_3 . El análisis BET (Tabla 1) muestra que al aumentar el contenido de agente activante aumenta el área superficial, con ZnCl_2 se obtiene una mayor área que con KOH y la adición del Fe mejoró el área superficial, lo cual está de acuerdo con Wei et al. Los análisis FTIR mostraron la presencia de bandas a 3322 cm^{-1} y 1100 cm^{-1} relacionadas con la vibración de estiramiento de hidroxilos en grupos fenólicos y en carbonos alifáticos; las bandas en el rango de $1645\text{-}1734\text{ cm}^{-1}$ están relacionadas con la vibración de estiramiento de C-O de grupos carbonilo y grupos carboxilo. Los análisis TPD- NH_3 muestra que la acidez es mayor al adicionar hierro, excepto para los materiales preparados con mayor contenido de agente activante, lo cual puede estar relacionado con la reducción en la intensidad de bandas asociadas a grupos carboxílicos después de la impregnación con hierro.

Tabla 1. Características superficiales de los materiales preparados.

Material	Área BET (m^2/g)	TPD- NH_3 ($\mu\text{mol/g}$)*		Acidez total
		Acidez baja (150-300 °C)	Acidez Media (300-450 °C)	
C-KOH(0.5)	437	47	16	64
FeC-KOH(0.5)	443	99	24	123
C-KOH(2)	533	210	162	372
FeC-KOH(2)	715	129	2	131
C- $\text{ZnCl}_2(0.5)$	630	24	0	24
FeC- $\text{ZnCl}_2(0.5)$	695	86	19	106
C- $\text{ZnCl}_2(2)$	896	597	43	640
FeC- $\text{ZnCl}_2(2)$	1063	77	25	102

*Sitios de acidez baja: 150-300 °C; sitios de acidez media: 300-450; sitios de acidez fuerte 450-650 °C.

La Figura 1 muestra que el aumento de conversión de limoneno siguió una tendencia similar a la observada con el área superficial al variar el agente activante utilizado en la preparación de los catalizadores, obteniéndose la mayor conversión (66%) con el catalizador $\text{FeC-Zn}(2)$. De los productos identificados, el que se obtuvo con mayor selectividad fue la dihidrocarvona, la cual se promueve por la presencia de sitios ácidos Lewis como el zinc y el hierro y sitios ácidos Brønsted proporcionados por el H_2SO_4 . La presencia de Fe en los sólidos y los carbones preparados con ZnCl_2 presentaron la mayor formación de dihidrocarvona; la mayor selectividad (68%) se obtuvo con el catalizador $\text{FeC-ZnCl}_2(0.5)$. Este estudio muestra cómo puede modificarse el área superficial, la acidez y actividad en la oxidación

de limoneno, de los carbones activados, variando el tipo y cantidad de agente activante.

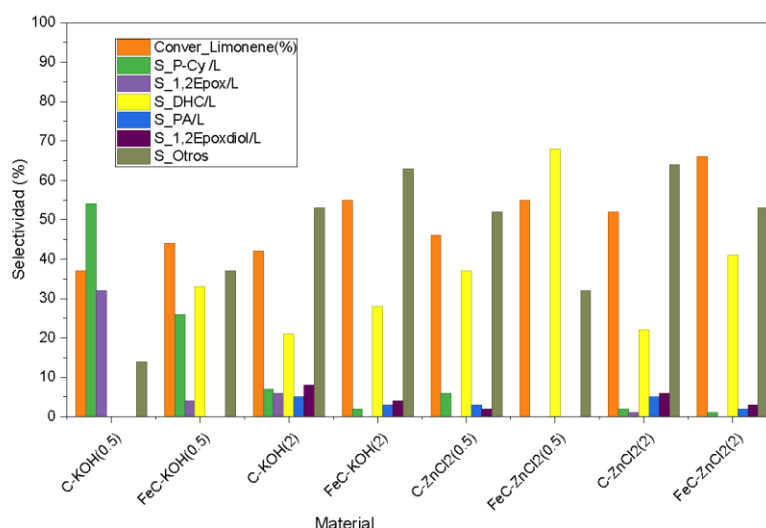


Figura 1. Evaluación de la actividad catalítica de los materiales sintetizados. S: selectividad, P-Cy/L: p-cimeno, DHC/L: dihidrocarvona, 12Epo/L: 1,2 epóxido de limoneno, PA/L: alcohol perílico, 12Epoxiol/L: 1,2 epóxilimoneno diol. Condiciones de reacción: relación molar limoneno:TBHP =1:2, 20 mg de catalizador, 0.28 mmol de limoneno, 0,5 mmol de TBHP, 20 μ L/mL de estándar interno (decano), 1 mL de metanol, 24 h, 70 $^{\circ}$ C, 750 rpm.

Referencias

- Gallego-Villada LA, Perez-Sena WY, Sánchez-Velandia JE, *et al.* Synthesis of dihydrocarvone over dendritic ZSM-5 Zeolite: A comprehensive study of experimental, kinetics, and computational insights. *Chem. Eng. J.* 2024, 498,155377. DOI:10.1016/j.cej.2024.155377
- Wei Q, Chen Z, Cheng Y, Wang X, Yang X, Wang Z. Preparation and electrochemical performance of orange peel based-activated carbons activated by different activators. *Colloids Surf A Physicochem Eng Asp.* 2019, 574, 221-227. DOI:10.1016/j.colsurfa.2019.04.065
- Rejzková A, Vyskočilová E. Limonene oxide isomerization: a broad study of acid catalyst effects. *React. Kinet. Mech. Catal.* 2025, 138(1), 47-69. DOI:10.1007/s11144-024-02774-z

Autor de Presentación

Lic Amiris Perea Cuesta es estudiante de Doctorado en Ingeniería Química de la Universidad de Antioquia (UdeA) desde el año 2024, es beneficiaria del sistema de becas de la convocatoria 933 del Ministerio de Ciencia Tecnología e Innovación. Su investigación Doctoral, la cual desarrolla en el grupo Catálisis Ambiental de la UdeA, tiene como objetivo evaluar las cáscaras de mandarina y de naranja como fuentes de limoneno y carbón activado para la oxidación del limoneno para producir alcohol perílico.

Email: lic.perea@udea.edu.co

Estudio de la oxidación de alcohol bencílico catalizada por óxidos mixtos de Ru/MgAl: Explorando la síntesis con Agar.

Cristian Alvarez-Romero¹, Edwin A. Baquero¹

¹Estado Sólido y Catálisis Ambiental, Departamento de Química, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá D.C. – Colombia.

Palabras clave: Ru/MgAl; Agar; Coprecipitación; Oxidación de alcohol bencílico; Catálisis.

Resumen

La producción de benzaldehído, una molécula de gran interés industrial, mediante la oxidación de alcohol bencílico enfrenta diversos desafíos, como una baja economía atómica, condiciones de reacción severas y desactivación de los catalizadores. Para superar estas limitaciones, se sintetizaron catalizadores basados en rutenio, soportados en óxidos mixtos del tipo Ru/MgAl mediante una técnica sol-gel utilizando Agar como agente polimerizante y se compararon con la síntesis tradicional de coprecipitación, en la oxidación selectiva de alcohol bencílico a benzaldehído. La reacción se llevó a cabo en condiciones suaves, a 368 K y presión atmosférica, evitando el uso de oxígeno, comúnmente empleado como agente oxidante y de solventes orgánicos, utilizando agua como medio de reacción. Los catalizadores sintetizados por Agar lograron una conversión y selectividad de ~100% luego de 8 minutos, en comparación a los de coprecipitación que alcanzaron un 25% menos de conversión, bajo las mismas condiciones (Figura 1).

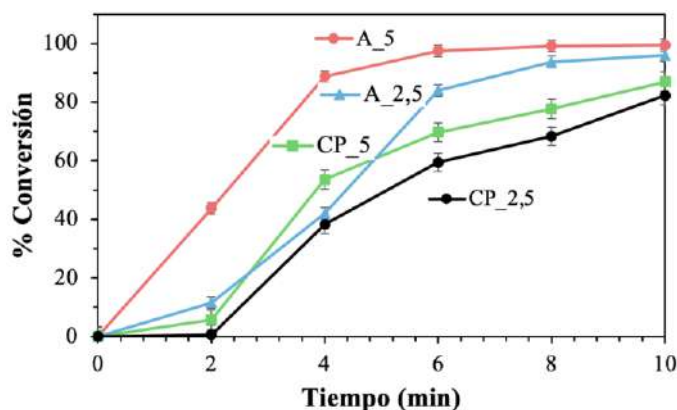


Figura 1. Actividad oxidante de los catalizadores con contenido nominal de rutenio del 5 y 2,5% para los métodos de Agar (A_5 y A_2,5 respectivamente) y coprecipitación (CP_5 y CP_2,5 respectivamente). Condiciones de reacción: 368 K, 1,5 mmol de $K_2S_2O_8$, 1 mmol de alcohol bencílico, 50 mg de catalizador en 10 mL de agua. La selectividad es del 100% hacia benzaldehído para todos los casos.

Para determinar la razón de este cambio se utilizaron técnicas de caracterización desde la superficie hasta el bulk, *i.e.* Sortometría, espectroscopía Raman, microscopías SEM y TEM, XRD, TGA y TPR- H_2 . La información obtenida permitió demostrar que la síntesis con Agar promueve una mayor inclusión del rutenio en la superficie del soporte, con menor proporción entre las fases $RuO_2/MgO-Al_2O_3$ en comparación a los catalizadores sintetizados mediante coprecipitación (Figura 2). Esta diferencia se atribuye a la polimerización de la agarosa que facilita la movilidad de los iones, dispersando y distribuyendo el rutenio de forma más efectiva, lo que genera ambientes electrónicos diferentes a los obtenidos por la coprecipitación y que favorecen la cinética de la oxidación.

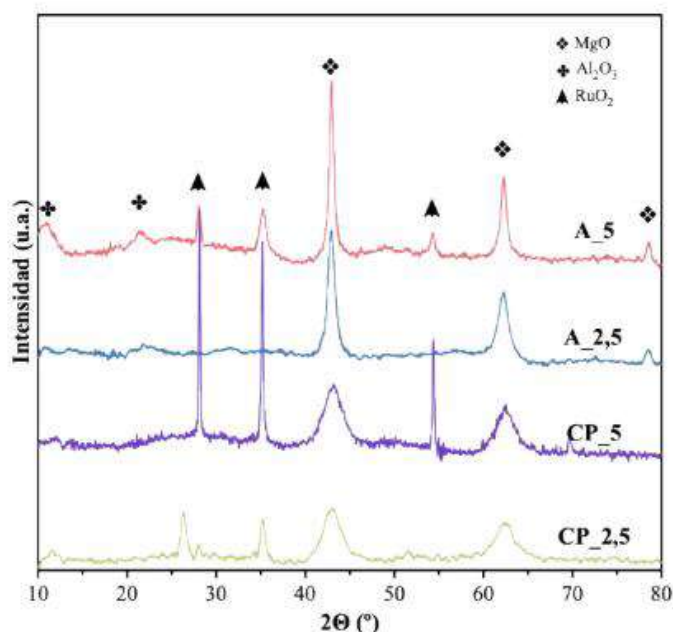


Figura 2. Difractogramas de los catalizadores con contenido nominal de rutenio del 5 y 2,5% para los métodos de Agar (A_5 y A_2,5 respectivamente) y coprecipitación (CP_5 y CP_2,5 respectivamente).

Estos resultados demuestran la capacidad de la síntesis con Agar para la obtención de superficies mesoporosas y amorfas que favorecen la formación selectiva de fases metálicas, sirviendo como sitios activos en oxidaciones de alcoholes y abriendo paso a un diseño racional de catalizadores para reacciones sensibles a la forma y textura de la superficie.

Referencias

- Wang P., Wang J., An X., *et al.* Generation of Abundant Defects in Mn-Co Mixed Oxides by a Facile Agar-Gel Method for Highly Efficient Catalysis of Total Toluene Oxidation. *Appl. Catal. B.* 2021, 282, 119560. DOI: 10.1016/j.apcatb.2020.119560.
- Santos J.R.D., Raimundo R.A., Silva T.R., *et al.* Nanoparticles of Mixed-Valence Oxides Mn_xCO₃-XO₄ (0 ≤ X ≤ 1) Obtained with Agar-Agar from Red Algae (Rhodophyta) for Oxygen Evolution Reaction. *Nanomaterials.* 2022, 12, 3170. DOI: 10.3390/nano12183170.
- Aguilera D.A., Perez A., Molina R., *et al.* Cu-Mn and Co-Mn Catalysts Synthesized from Hydrotalcites and Their Use in the Oxidation of VOCs. *Appl. Catal. B.* 2011, 104, 144–150. DOI: 10.1016/j.apcatb.2011.02.019.

Autor de Presentación

Cristian Álvarez Romero es un Químico por la Universidad Nacional de Colombia (UNAL). Fue investigador entre 2022 y 2023 en el grupo Macromoléculas de la UNAL, donde estudiaba redes metalorgánicas y sus aplicaciones en la fabricación de telas inteligentes. Desde agosto de 2023, es investigador en el grupo de Estado Sólido y Catálisis Ambiental (ESCA) de la UNAL. Su investigación se enfoca en catálisis heterogénea y heterogenización de complejos para la valorización de CO₂, glicerol y producción de hidrógeno. Es autor de una publicación y actualmente es asistente docente en la UNAL.
Email: calvarezro@unal.edu.co

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

Cristian Arley Morillo^{1,2}, María Natalia Suárez¹, Jorge Andrés Moreno¹, Douglas Ramón Rodríguez^{2*}

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

²Grupo de Investigación en Ingeniería de Procesos Integrados, Departamento de Ingeniería Química, Facultad de Ingeniería, Universidad de Antioquia, Medellín – Colombia.

*Email: douglas.rodriguez@udea.edu.co

Palabras clave: bifuncional, combustibles líquidos, caolín, Fischer Tropsch, oxalato de hierro

Resumen

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 pseudobohemita (SiCR) de acuerdo con el procedimiento descrito por Yuan et al. 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 $x\text{FeSiCR}$ donde x indica la relación másica entre el sólido ácido y el oxalato de hierro. Los materiales fueron caracterizados por Fluorescencia de Rayos X (XRF), área específica BET (A_{BET}), desorción a temperatura programada de amoníaco (TPD- NH_3) 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 ($\text{H}_2/\text{CO}/\text{N}_2=45/45/10$), a diferentes velocidades espaciales horarias (GHSV: 9500 a 25000 $\text{g}_{\text{Fe}} \cdot \text{h} \cdot \text{mol CO}^{-1}$). 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 isoterma 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 (A_{BET}) y volumen de poro que podría estar asociado al rearrreglo parcial de la estructura laminar y a la generación de una galería de poros. Los resultados de desorción de NH_3 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 deshidroxilación. 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 $\text{C}_2\text{-C}_4$ a expensas de una disminución en la cantidad de compuestos C_{5+} , 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.

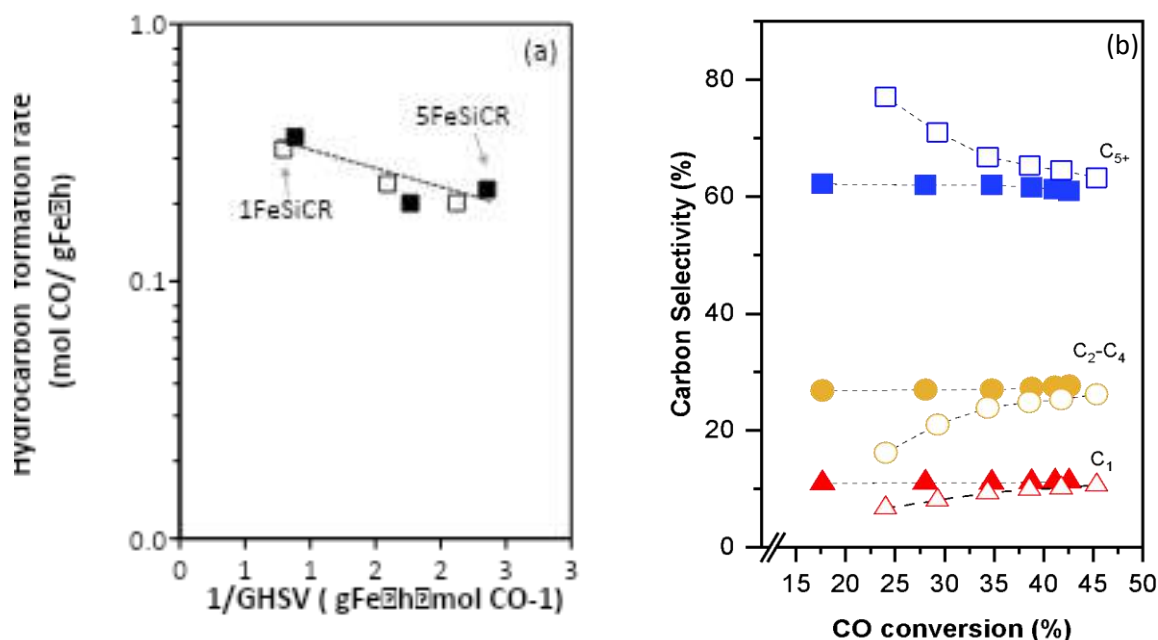


Figura 1. Velocidad de formación de hidrocarburos (a) y distribución de productos (b) en la Síntesis Fischer Tropsch para los catalizadores 1FeSiCR (símbolos abiertos) y 5FeCR (símbolos cerrados).
T=280 °C, P=20 bar, H₂/CO/N₂=45/45/10 % vol.

Referencias

- Yuan C., Li Z., Zhou L., and Ju G. Synthesis of Si-Modified Pseudo-Boehmite@kaolin Composite and Its Application as a Novel Matrix Material for FCC Catalyst. *Materials*. 2022, 15(6), 2169. DOI: 10.3390/ma15062169.
- Flores C., Batalha N., Marcilio N.R., *et al.* Influence of Impregnation and Ion Exchange Sequence on Metal Localization, Acidity and Catalytic Performance of Cobalt BEA Zeolite Catalysts in Fischer-Tropsch Synthesis. *ChemCatChem*, 2019, 11(1), 568–574. DOI: 10.1002/cctc.201800728.
- Lenarda M., Storaro L., Talon A., *et al.* Solid acid catalysts from clays: Preparation of mesoporous catalysts by chemical activation of metakaolin under acid conditions. *J Colloid Interface Sci*, 2007, 311(2), 537–543. DOI: 10.1016/j.jcis.2007.03.015.

Autor de Presentación

Cristian Arley Morillo Pantoja estudiante de Maestría en Ingeniería de la Universidad de Antioquia, formó parte del Grupo de Investigación Química de Recursos Energéticos y Medio ambiente (QUIREMA) y el Grupo de Investigación en Ingeniería de Procesos Integrados (GIPI). Mi línea de investigación está enfocada en la catálisis heterogénea aplicada a la valorización de residuos industriales, con especial interés en el diseño de catalizadores activos para la hidrogenación catalítica de CO₂- Fischer Tropsch.

Email: cristian.morillo@udea.edu.co

Tierra diatomácea: caracterización, modificación térmica y su aplicación en la remoción del colorante azul de metileno

Grey Castellar^{1,4}, Yazmín Agámez², Nubia Céspedes³, Eduard Romero², Luis Moreno⁴, Jesús Valencia⁴

¹ Grupo de Investigación Interdisciplinario de Ciencias Básicas, Universidad Autónoma del Caribe, Barranquilla-Colombia.

² Laboratorio de Investigación en Combustibles y Energía, Departamento de Química, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá D.C.-Colombia.

³ Escuela de Ingenieros Militares, Ejército Nacional de Colombia, Bogotá D.C.-Colombia.

⁴ Laboratorio de Catálisis Heterogénea, Aplicaciones Fisicoquímicas del Estado Sólido, Departamento de Química, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá D.C.-Colombia

Palabras clave: Tierra diatomácea, Calcinación, Azul de metileno, Isotermas de adsorción, Curvas de ruptura

Resumen

Entre los materiales cerámicos naturales, la tierra diatomácea tiene un especial interés debido a su baja toxicidad, alta porosidad y permeabilidad, con buena estabilidad mecánica y química, que le han permitido emplearse como adsorbente y lecho filtrante, entre otras aplicaciones. En esta investigación se evaluó el efecto de la temperatura de calcinación entre 200 y 1000 °C, durante 6 h en atmósfera de aire, sobre las fases cristalinas, la morfología, la textura y las propiedades adsorbentes, en la remoción del colorante azul de metileno (AM), de una muestra representativa de sílice biogénica procedente del municipio de Chivatá (Boyacá) en Colombia. Los resultados de las isotermas de adsorción-desorción de N₂ a 77 K corresponden al tipo IV, típicas de los materiales mesoporosos, con desarrollo del área específica. El análisis por difracción de rayos X indica que se trata de una sílice amorfa con presencia de fases cristalinas como cuarzo, caolinita y moscovita. Las reflexiones del cuarzo se mantienen durante la calcinación, mientras que las reflexiones de las arcillas desaparecen. Las micrografías muestran la predominancia de frústulas cilíndricas porosas que se conservan incluso después de la calcinación (Figura 1).

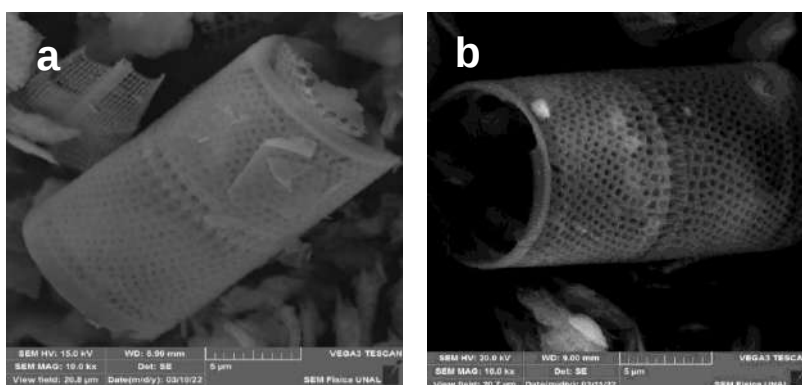


Figura 1. Micrografías de la tierra diatomácea calcinada a 400 °C (a) y 800 °C (b).

La capacidad máxima de adsorción del colorante AM fue de 58,5; 51,5 y 6,81 mg/g para la tierra diatomácea cruda, y calcinada a 500 y 1000 °C, respectivamente; con un ajuste satisfactorio de los datos experimentales al modelo de isoterma de Langmuir. El modelo del tiempo de servicio de la altura del lecho (BDST, de sus iniciales en inglés) aplicado al estudio en columna, se ajusta satisfactoriamente a todas las alturas de lecho en la columna (Figura 2). En conclusión, la persistencia de la mesoporosidad y la conservación de las frústulas, ponen de manifiesto la alta estabilidad térmica de la tierra diatomácea, pero la calcinación hace que disminuya su capacidad adsorbente en la remoción del colorante azul de metileno en solución acuosa.

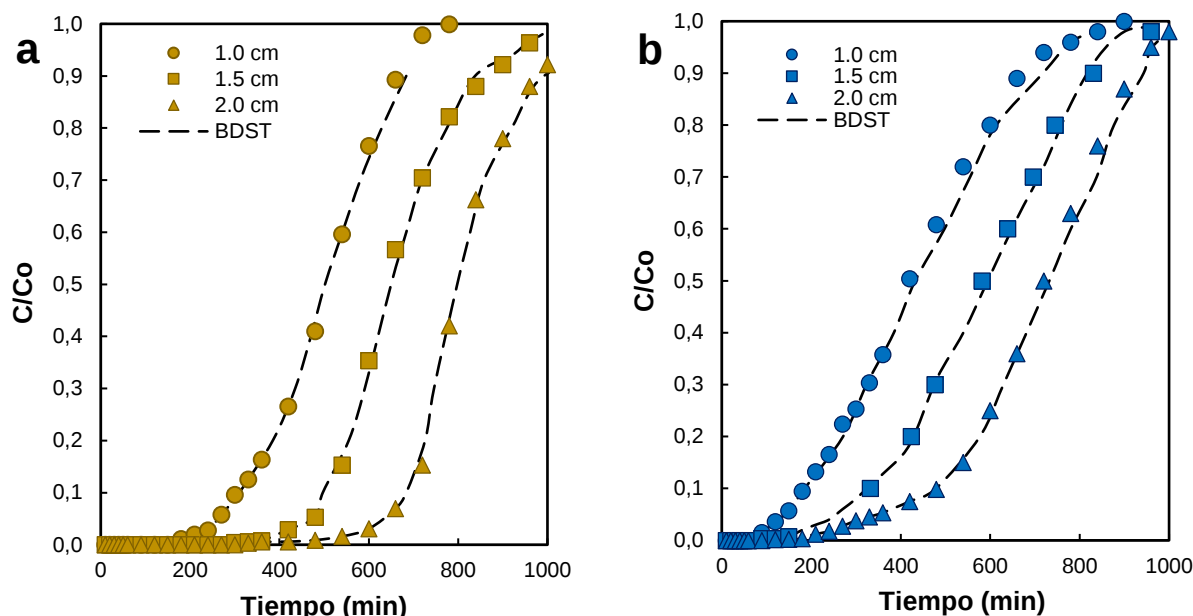


Figura 2. Datos experimentales ajustados al modelo BDST: a) tierra diatomácea cruda y b) tierra diatomácea calcinada a 500 °C.

Referencias

- Cychosz K.A., Thommes M. Progress in the Physisorption Characterization of Nanoporous Gas Storage Materials. *Engineering*. 2018, 4(4), 559–66. DOI: 10.1016/j.eng.2018.06.001.
- Vásquez O.O., Cabrera F.D., Tobón J.I. Performance of Low-Grade Calcined Clays as Supplementary Cementitious Material in Relation to their Geological Characteristics. *Clays Clay Miner.* 2022, 70(2), 233–51. DOI: 10.1007/s42860-022-00184-7.
- Villota M.D., Rodríguez J.E. Bio-silica production from rice husk for environmental remediation: Removal of methylene blue from aqueous solutions. *Mater. Chem. Phys.* 2023, 301, 127671. DOI: 10.1016/j.matchemphys.2023.127671.

Autor de Presentación

Grey Cecilia Castellar Ortega es magíster y candidata a doctora en Ciencias Químicas de la Universidad Nacional de Colombia. Su investigación se centra en la preparación y evaluación de materiales adsorbentes para la eliminación de contaminantes y, en la síntesis de catalizadores heterogéneos para la transesterificación de triacilglicéridos. Gracias a esta actividad, ha publicado artículos en revistas especializadas, ha participado como ponente en congresos nacionales e internacionales y ha dirigido trabajos de grado de pregrado y posgrado.

Email: grey.castellar@uac.edu.co

Degradación del verde de malaquita mediante hidroxiapatita obtenida de escamas de pescado y modificada con Fe⁰

Samuel Tovar¹, Daniel Llamosa², Juan A. Torres-Luna³, Alejandro Pérez-Flórez⁴, Jahaziel Amaya², Jazmín González¹,

¹ Grupo de Investigación Bioingeniería. Universidad Antonio Nariño, Bogotá DC – Colombia.

² Grupo de Investigación Fundamental y Aplicada en Materiales (GIFAM), Universidad Antonio Nariño, Bogotá DC – Colombia.

³ Laboratorio de Diseño y Reactividad de Estructuras Sólidas (LAB-DRES), Departamento de Química, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá– Colombia.

⁴ Departamento de Química, Línea de Investigación en Tecnología Ambiental y de Materiales (ITAM), Pontificia Universidad Javeriana, Carrera 7 No. 43-82, Bogotá 110231, Colombia

Palabras clave: Hidroxiapatita; Escamas de pescado; Remoción de colorantes; Remediación; Nanocompuestos.

Resumen

La extracción de hidroxiapatita (HA) mediante tratamiento alcalino y calcinación es una metodología consolidada para escamas de tilapia (*Oreochromis niloticus*), según se evidencia en la literatura donde se emplea hidróxido de sodio y procesos fisicoquímicos para obtener fases cristalinas puras. En este estudio se implementó por primera vez un protocolo similar en escamas de bocachico (*Prochilodus magdalenae*), comparando su rendimiento morfoestructural con el de la tilapia (T) en muestras con y sin tratamiento químico o calcinación previa. Las caracterizaciones fueron realizadas utilizando FTIR, TGA, SEM, DRX y FRX. Los resultados demostraron que el bocachico constituye una fuente importante de HA. En la figura 1A se muestran los DRX de los diferentes sólidos obtenidos. Los análisis revelaron que los materiales de partida son amorfos, pero los diferentes tratamientos químicos o calcinación conducen a definir la estructura cristalina de HA, especialmente los materiales obtenidos a partir de las escamas de bocachico (B), teniendo en cuenta la coincidencia total entre los picos experimentales y el patrón cristalográfico estándar (JCPDS 09-0432). En la figura 1B se presentan las bandas características identificadas por FTIR, la HA obtenida presenta una estructura química rica en fosfatos (PO₄³⁻), hidroxilos (OH⁻) y carbonatos (CO₃²⁻). Identificación de las muestras de bocachico: BTS (sin tratamiento químico y sin calcinación), BTSC (sin tratamiento químico y calcinado), BT (con tratamiento químico y sin calcinación), y BTC (con tratamiento químico y calcinado). Identificación de las muestras de tilapia: TST (sin tratamiento químico y sin calcinación), TSTC (sin tratamiento químico y calcinado), TT (con tratamiento químico y sin calcinación), y TTC (con tratamiento químico y calcinado). Las diferencias morfológicas son marcadas entre el material de partida y los sólidos después del tratamiento químico y calcinación (figuras 1C-F). En los materiales de partida no hay cambios apreciables entre las muestras provenientes de las escamas de e bocachico y tilapia, en ambos casos la morfología de material es fibroso (figuras 1D y 1E), sin embargo, después de los tiramientos el sólido TTC se observa más rugoso que el sólido BTC (figuras 1D y 1F).

Una vez sintetizados y caracterizados los polvos de HA fueron modificados con nanopartículas de hierro cero-valente (Fe⁰), las cuales fueron preparadas mediante el método de reducción asistido por ultrasonido empleando cloruro de hierro hexahidratado como sal precursora y borohidruro de sodio como agente reductor. Materiales que fueron evaluados en la degradación de verde malaquita.

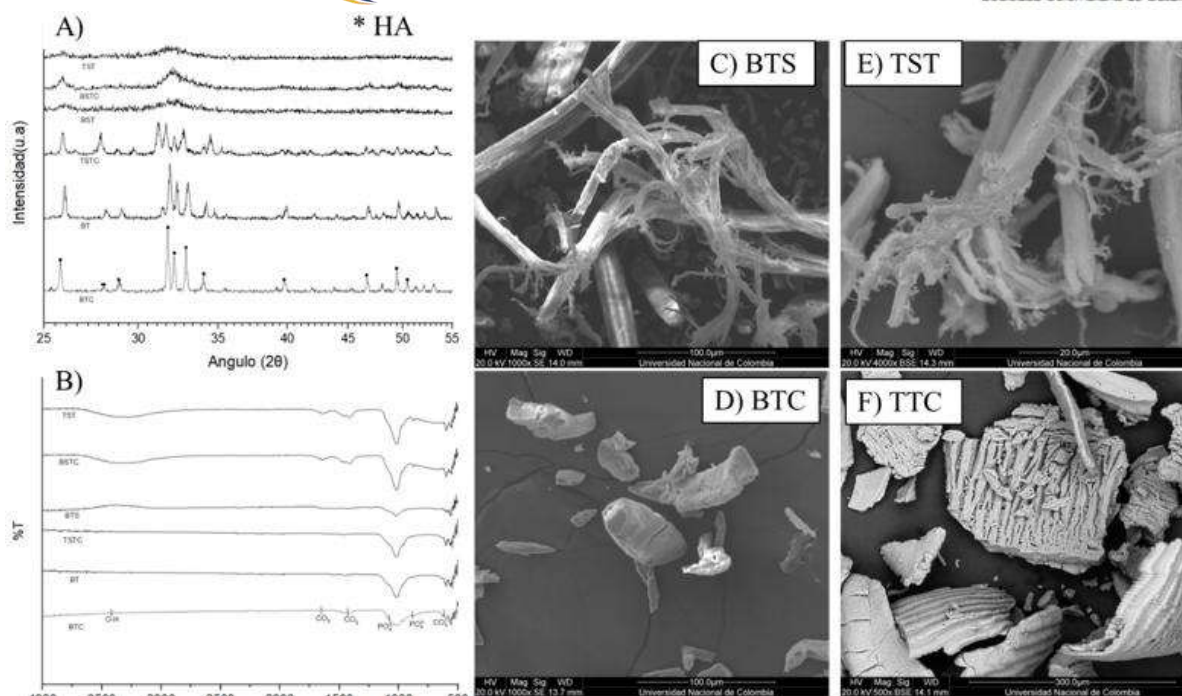


Figura 1. (A) DRX de la HA extraída de escamas de bocachico y tilapia. (B) Espectros FTIR de la HA extraída de escamas de bocachico y tilapia. Micrografías SEM para (C) BTS, (D) BTC, (E) TST y (F) TTC.

Este trabajo presenta un método innovador para valorizar las escamas del bocachico, convirtiéndolas en un catalizador (HA modificada con nanopartículas Fe^0). Este material se emplea eficazmente en la degradación de contaminantes en agua, debido a la sinergia entre la capacidad de adsorción de la HA y el poder reductor del Fe^0 . Así, esta estrategia constituye una alternativa sostenible y eficiente para la remediación de aguas.

Referencias

- Kapoor S, Batra U, Kohli S., *et al.* Structural, thermal and in-vitro analysis of sol-gel derived zinc and fluorine co-substituted nanodimensional hydroxyapatite for biomedical applications. *Mater. Today Proc.* 2022, 57, 761–767. DOI: 10.1016/j.matpr.2022.02.302
- Ojeda O, Blanco C, Daza C. High temperature CO_2 capture of hydroxyapatite extracted from tilapia scales. *Univ. Sci.* 2017, 22(3), 215–236. DOI: 10.11144/Javeriana.SC22-3
- Qui K., Zhuang C., Gholami P., *et al.* Sonochemical synthesis of photocatalysts and their applications. *J. Mater. Sci. Technol.* 2022, 123, 243-256. DOI: 10.1016/j.jmst.2022.02.019

Autor de Presentación

Samuel Felipe Tovar Espinosa estudiante de pregrado de Ingeniería Biomédica de la Universidad Antonio Nariño sede Bogotá, tiene una participación en el Semillero de Investigación en Biomateriales de la misma universidad y es becado del programa Jóvenes a la U de la Alcaldía de Bogotá. Actualmente desarrolla su trabajo de grado enfocado en biomateriales funcionales para aplicaciones en remediación ambiental y en salud, específicamente mediante la modificación con nanopartículas de Fe^0 de HA extraída de escamas de bocachico y tilapia.

Email: stovar23@uan.edu.co

Simulación CFD de los pasos de adsorción de CO₂ y metanación para la producción de gas natural renovable

Andrés Soto-Cañón¹, Rodinson R Arrieta-Pérez¹, Manuel Figueredo¹, Camilo Rengifo², Martha Cobo¹

¹ Grupo de Investigación en Energía, Materiales y Ambiente, Universidad de La Sabana, Chía – Colombia.

² Departamento de Matemáticas, Física y Estadística, Universidad de La Sabana, Chía – Colombia.

Palabras clave: *Dinámica de Fluidos Computacional (CFD), Adsorción de CO₂, Metanación, Materiales de Doble Función (DFM), Gas Natural Renovable (RNG).*

Resumen

Las tecnologías integradas de captura y utilización de carbono (ICCU, por sus siglas en inglés) han surgido como una solución prometedora para combatir el calentamiento global. Las tecnologías ICCU se enfocan en la conversión in situ del CO₂ capturado en productos químicos de alto valor, ofreciendo un doble beneficio: mitigación de carbono y generación de recursos. En el núcleo de este enfoque se encuentran los materiales de función dual (DFM, por sus siglas en inglés), los cuales integran la adsorción de CO₂ (captura) y la metanación con hidrógeno verde (utilización) dentro de un solo sistema, con el fin de producir gas natural renovable (RNG, por sus siglas en inglés). Alcanzar la escalabilidad industrial de esta tecnología depende en gran medida de la simulación numérica y la modelación mediante dinámica de fluidos computacional (CFD, por sus siglas en inglés), herramientas que reducen significativamente tanto los costos de investigación como el tiempo de desarrollo. Este estudio emplea CFD para simular el comportamiento dinámico de los procesos de adsorción de CO₂ y metanación.

Las simulaciones CFD se realizaron utilizando el software COMSOL Multiphysics v5.6. Se modelaron e integraron los fenómenos de transferencia de cantidad de movimiento, masa y calor mediante distintos módulos físicos. Se implementó un modelo lineal para representar la pérdida de masa durante el proceso de adsorción. El comportamiento dinámico experimental se evaluó con un reactor dual a escala de laboratorio. Los datos de equilibrio se obtuvieron con el equipo Micromeritics ASAP 2020+. Los modelos matemáticos implementados para simular los DFM fueron validados mediante la comparación con los datos experimentales.

El modelo matemático para la adsorción de CO₂ en un lecho empacado con DFM fue validado exitosamente, mostrando predicciones confiables del tiempo de rompimiento y el comportamiento dinámico general del proceso de captura (Figura 1, A). Se integró un modelo de cinético de reacción preliminar con el modelo de adsorción dentro del mismo entorno de simulación, afinando las ecuaciones de transporte y permitiendo simular de manera conjunta la captura y conversión con DFM. Los resultados del modelo de reacción acoplado también demuestran predicciones confiables del comportamiento dinámico de la salida de hidrógeno (Figura 1, B, línea verde) y metano (Figura 1, B, línea azul). Al comparar las cantidades totales producidas de metano (Tabla 1), se observa que el modelo tiene una sobreestimación del 24%, equivalente a 0,056 mmol. Esta simulación pionera proporciona información clave para optimizar los procesos ICCU y orientar el diseño de un prototipo a escala para la conversión de H₂ verde y CO₂ en RNG.

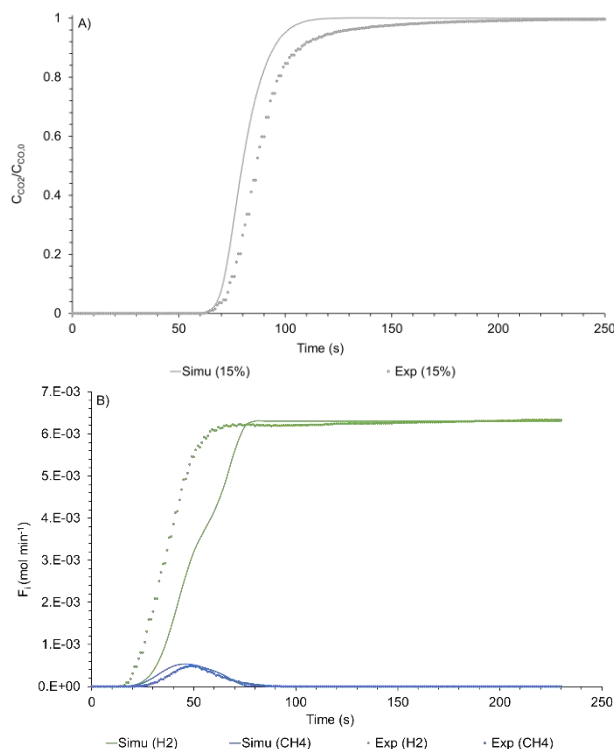


Figura 1. Resultados de simulación (líneas sólidas) comparados con datos experimentales (líneas punteadas): A) Curva de rompimiento a 15% vol CO₂. B) Flujos molares de salida, reacción de metanación.

Tabla 1. Cantidades totales producidas, comparación entre experimental y simulación.

Experimental	Simulado	Error Absoluto	Error Relativo
0,230 (mmol)	0,286 (mmol)	0,056 (mol)	24 (%)

Referencias

- Shao B., Zhang Y., Sun Z., *et al.* CO₂ capture and in-situ conversion: recent progresses and perspectives. *Green Chem. Eng.* 2022, 3, 189-198. DOI: 10.1016/j.gce.2021.11.009
- Ning H., Li Y., Zhang C., *et al.* Recent Progress in the Integration of CO₂ Capture and Utilization. *Molecules.* 2023, 28, 4500. DOI: 10.3390/molecules28114500
- Li S., Deng S., Zhao L., *et al.* Mathematical modeling and numerical investigation of carbon capture by adsorption: Literature review and case study. *Appl. Energy.* 2018, 211, 437-449. DOI: 10.1016/j.apenergy.2018.03.093

Autor de Presentación

Andrés Felipe Soto Cañón es ingeniero químico por la Universidad de La Sabana. Desde abril de 2024, es joven investigador en el grupo de investigación de Energía, Materiales y Ambiente (GEMA) de la Universidad de La Sabana.

Email: andressoca@unisabana.edu.co

Aprovechamiento de Residuos de la Producción de Panela para la Obtención de Puntos Cuánticos de Carbono (CQDs) y su Prometedora Aplicación en la Electrocatalisis

Daniel Gonzalez¹, Johnny Gutierrez¹

¹ Grupo de Investigación Catálisis, Universidad del Cauca, Popayán – Colombia.

Palabras clave: Biomasa; Pirolisis; Puntos Cuánticos de Carbono; Electrocatalisis.

Resumen

Los puntos cuánticos de carbono (CQDs) son nanopartículas con tamaños menores a 10 nm, capaces de emitir fluorescencia bajo luz ultravioleta cuando están en solución (Figura 1). Se caracterizan por ser abundantes, biocompatibles, de bajo costo, con gran área superficial y rápida transferencia de electrones, lo que los hace atractivos en electrocatalisis. Los electrocatalizadores, comúnmente elaborados con metales nobles como platino (Pt), paladio (Pd) y oro (Au), pueden resultar muy costosos y poco accesibles. Para reducir estos costos sin perder actividad, rendimiento ni estabilidad, los CQDs pueden emplearse como soportes, mejorando la conductividad del sustrato y aumentando el área superficial de depósito del catalizador. En mi estudio propongo evaluar dicho catalizador en la oxidación completa de p-benzoquinona como molécula modelo, con el objetivo de proyectar su aplicación en la eliminación de contaminantes recalcitrantes presentes en aguas.



Figura 1. Fluorescencia de los CQDs del bagazo de caña de azúcar.

Los métodos de obtención de CQDs se clasifican en dos grandes grupos: *Top Down* (de arriba hacia abajo) y *Bottom Up* (de abajo hacia arriba). En el primero, las materias primas suelen ser fibras de carbono, carbón activado, entre otros; mientras que en el segundo se utilizan compuestos como ácido cítrico, glucosa o urea. En este trabajo se propone el uso del bagazo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*), un residuo derivado de la producción de panela (azúcar no centrifugada), para la obtención de CQDs, debido a que esta biomasa contiene estructuras ricas en carbono, como lignina (5,70 %), celulosa (29,80 %) y hemicelulosa (20,61 %). Con esta propuesta se busca dar un uso alternativo a dicho residuo y generar un valor agregado para las industrias relacionadas con el aprovechamiento de la caña de azúcar.

Para sintetizar los CQDs, la muestra vegetal se lavó con abundante agua desionizada tipo 1, se secó a 80 °C durante 24 horas y se redujo su tamaño de partícula hasta un diámetro de 0,2 mm. La pirólisis se realizó según lo mostrado en la Figura 2, obteniéndose biocarbón, al cual se le aplicó un proceso de exfoliación ultrasónica para obtener los CQDs, como se ilustra en la Figura 3. Es importante mencionar que la metodología empleada es una combinación de *Bottom Up* y *Top Down*, debido a que la pirólisis se clasifica como una técnica *Bottom Up*, y el tratamiento ultrasónico como *Top Down*.



Figura 2. Pirólisis del bagazo de caña.

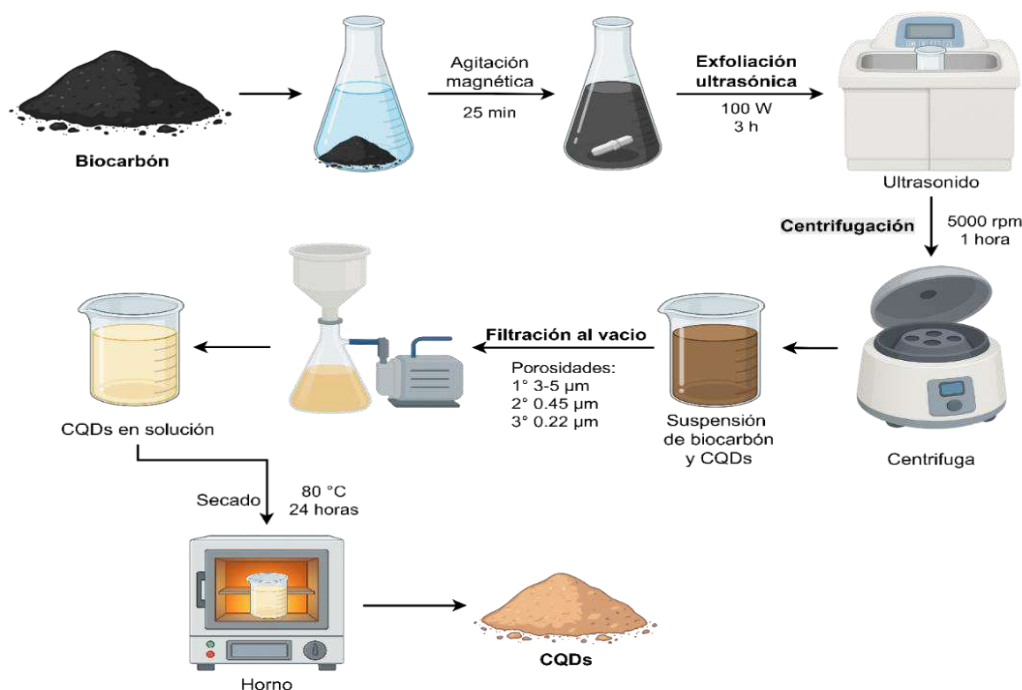


Figura 3. Síntesis ultrasónica de CQDs.

Referencias

- Tian L., Li Z., Wang P., *et al.* Carbon quantum dots for advanced electrocatalysis. *J Ener Chem.* 2021, 55, 279–294. DOI: 10.1016/j.jechem.2020.06.057.
- Resano D., Guillen O., Ubillús F., *et al.* Caracterización fisicoquímica del bagazo de caña de azúcar industrial y artesanal como material de construcción. *Inform Tecnol.* 2022, 33 (2), 247–258. DOI: 10.4067/S0718-07642022000200247.

Autor de Presentación

Daniel Reynaldo González Gutiérrez es estudiante de trabajo de grado del pregrado de Química Pura de la Universidad del Cauca (UNICAUCA), en Popayán, Colombia. Desde principios de 2024, forma parte del grupo de investigación en Catálisis, dentro de la línea de electrocatálisis. Su investigación se centra en la elaboración de nuevos electrocatalizadores con CQDs para su posible aplicación en la eliminación de sustancias recalcitrantes en agua.

Email: drgonzalez@unicauca.edu.co

Valorización de guaiacol y bioaceite mediante hidrodesoxigenación catalítica con Ni-Mo soportados en nanozeolita Y.

Andres Felipe Caballero¹, Cecilia Manrique¹, Laura Cristina Uran¹, Johana Arboleda¹, Adriana Echavarría¹.

¹ Grupo de Investigación Catalizadores y Adsorbentes, Universidad de Antioquia, Medellín – Colombia.

Palabras clave: Nanozeolita Y, hidrodesoxigenación, bioaceite, biocombustible.

Resumen

Este estudio se desarrolló catalizadores basados en zeolita Y de tamaño nanométrico (nanoZY) modificados con metales de transición (Ni, Mo) y tierras raras (La, Ce), para la transformación de guaiacol y bioaceite altamente oxigenado en bicomcombustibles con propiedades similares a la de los combustibles fósiles, mediante la hidrodesoxigenación catalítica (HDO).

La nanozeolita Y (tamaño partícula <100 nm) se sintetizó siguiendo el método descrito por Mendoza et al., seguido de un intercambio iónico con soluciones de 0,25 M de $\text{La}(\text{NO}_3)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ y $\text{Ce}(\text{NO}_3)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$. Los soportes modificados (xZY x=La,Ce) se peletizaron con γ -alúmina (60:40 p/p) e impregnaron secuencialmente con MoO_3 (15%) y NiO (3%) mediante impregnación húmeda incipiente.

Los catalizadores obtenidos se caracterizaron mediante DRX, FRX, SEM, NH_3 -TPD y adsorción de N_2 . La caracterización por DRX confirmó la estructura cristalina de la nanoZY con un tamaño de cristalito de $24,6 \pm 1,2$ nm y cristalinidad de 89%. Los resultados de FRX corroboraron una relación Si/Al de 2,3 para la nanoZY. Por otro lado, los catalizadores mostraron una combinación de isothermas tipo I y IV, típicas de materiales microporosos como las zeolitas y mesoporosos como γ -alúmina, respectivamente. Según los resultados de NH_3 -TPD, los soportes HY y xZY (x=La,Ce) presentaron dos picos de desorción, correspondientes a los sitios de acidez débil y fuerte.

La actividad catalítica de los materiales se evaluó en un microrreactor (PID Eng&Tech) de lecho fijo. Inicialmente, se realizó con el guaiacol como molécula modelo y posteriormente con el bioaceite obtenido. La velocidad espacial fue de 1.0 h^{-1} y una presión de 4 MPa en presencia de H_2/N_2 (Flujo: 100 mL/min), a temperaturas entre 150–250°C. Los productos líquidos resultantes se analizaron mediante cromatografía de gases (GC). La incorporación de metales como el La y Ce fomentó la absorción de compuestos oxigenados y favoreció la eliminación de oxígeno presente en el bioaceite, mientras que el Ni y Mo generaron sitios activos capaces de disociar el hidrógeno molecular, activarlo y transferirlo para que participe en reacciones de saturación o rotura de enlaces C-O.

Referencias

- Mendoza C. and Echavarría A. A systematic study on the synthesis of nanosized Y zeolite without using organic structure-directing agents: control of Si/Al ratio. *J. Porous Mater.* 2022, 29, 3, 907–919. DOI: 10.1007/s10934-022-01218-0
- Zhou J. and An W. Unravelling the role of oxophilic metal in promoting the deoxygenation of catechol on Ni-based alloy catalysts. *Catal. Sci. Technol.* 2020, 10, 20, 6849–6859. DOI: 10.1039/d0cy01361g
- Tang F., Wang L., Dessie Walle M., et al. An alloy chemistry strategy to tailoring the d-band center of Ni by Cu for efficient and selective catalytic hydrogenation of furfural. *J. Catal.* 2020, 383, 172–180. DOI: 10.1016/j.jcat.2020.01.019.

Autor de Presentación

Andres Felipe Caballero Medina es ingeniero de materiales de la Universidad de Antioquia (UdeA). Desde el 2021 se vinculó al grupo de investigación Catalizadores y Adsorbentes (CATALAD). Durante este tiempo trabajó como joven investigador y realizó su trabajo de grado enfocado en el desarrollo de catalizadores basados en espinelas de Co-Mn para la eliminación de compuestos orgánicos volátiles y hollín. Actualmente, cursa sus estudios de Maestría en Ingeniería de Materiales, con énfasis en la investigación y desarrollo de aluminosilicatos nanoestructurados para la producción de biocombustibles a partir de bioaceite.

Email: andes.caballero@udea.edu.co

Síntesis de material carbonoso a partir de cáscara de cacao y orina como activantes de PMS para la remoción de acetaminofén en agua

Victor Galindo Acosta^{1,2}, Efraim Serna Galvis¹, Alba Nelly Ardila Arias²

¹ Grupo de Investigación en Remediación Ambiental y Biocatálisis GIRAB, Universidad de Antioquia, Medellín – Colombia.

² Facultad de Ciencias y Educación, Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid, Medellín – Colombia.

Palabras clave: Residuos lignocelulósicos; Material carbonoso; Peroximonosulfato; Carbocatálisis; Especies reactivas de oxígeno.

Resumen

La industria cacaotera en Colombia ha mostrado una expansión sostenida, acompañada de un aumento en la generación de residuos agroindustriales, dado que solo el 10 % del fruto de *Theobroma cacao* se emplea en la elaboración de chocolate. En este contexto, las cáscaras (cacotas), subproductos lignocelulósicos, representan una fuente potencial para obtener materiales carbonosos catalíticos. En este estudio se empleó biomasa residual de cacao del Bajo Cauca antioqueño, con un contenido de lignina del 41,91 %, adecuado para procesos de carbonización. Se propuso una metodología alternativa para sintetizar materiales carbonosos dopados con nitrógeno, usando orina sintética como fuente de dopante. La biomasa seca y molida fue mezclada con orina sintética en proporción cacao:urea de 2:1 y sometida a pirólisis a 800 °C. Los materiales obtenidos se evaluaron como carbocatalizadores para activar peroximonosulfato y degradar acetaminofén (ACE), logrando una remoción del 73 % del contaminante en 15 minutos y una sinergia catalítica superior a 4 en los primeros 5 minutos (figura 1).

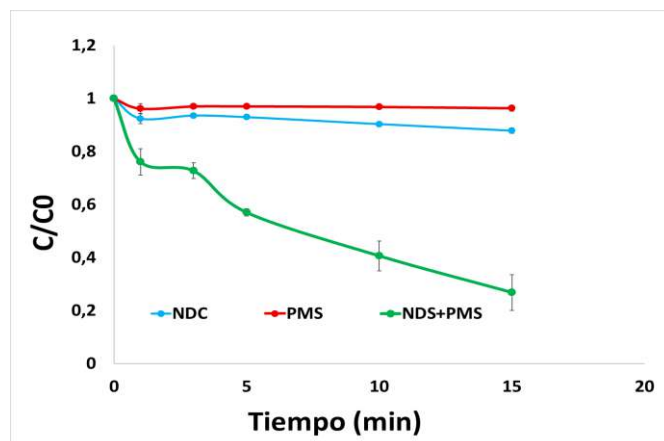


Figura 1. Degradación de acetaminofén a través de adsorción (NDC), oxidación directa (PMS) y carbocatálisis (NDS+PMS).

Para dilucidar la ruta de degradación involucrada, se realizaron ensayos adicionales con metanol (MeOH) como scavenger de radicales. Los resultados, presentados en la Figura 2, muestran que no se observa una inhibición significativa en la remoción de ACE al comparar el sistema catalítico con y sin MeOH, tanto a los 10 como a los 15 minutos de reacción, evidenciando que el proceso de degradación no está dominado por radicales libres, y que posiblemente se encuentre involucrado un mecanismo no radicalario (ej. especies como el oxígeno singlete o activación por complejo superficial).

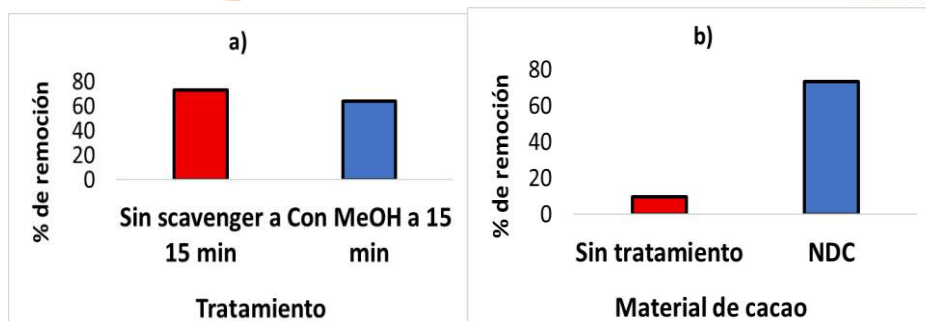


Figura 2. a) Porcentajes de remoción mediante ensayos de *scavenging* con metanol a 15 minutos. b) Porcentajes de remoción de ACE a 15 minutos con material sin tratar y con NDC.

Referencias

- Campos-Vega R., Nieto-Figueroa K.H., and Oomah B.D. Cocoa (*Theobroma cacao* L.) pod husk: Renewable source of bioactive compounds. *Trends Food Sci Tech.* 2018, 81, 172-184. DOI: 10.1016/j.tifs.2018.09.022.
- Paredes-Laverde M., Porras J. Acelas N., *et al.* Rice husk-based pyrogenic carbonaceous material efficiently promoted peroxymonosulfate activation toward the non-radical pathway for the degradation of pharmaceuticals in water. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 2023, 30, 59, 123616–123632. DOI: 10.1007/s11356-023-30785-1
- Zeng Y., Wang F., He D., *et al.* Role of superoxide radical and singlet oxygen in peroxymonosulfate activation by iron-doped bone char for efficient acetaminophen degradation. *Chem. Eng. J.* 2023, 459, 141642. DOI: 10.1016/j.cej.2023.141642.
- Quimbaya-Nañez C., Serna-Galvis E. A., Silva-Agredo J., *et al.* Mn-based material derived from industrial sawdust for the elimination of ciprofloxacin: Loss of antibiotic activity and toxicity via carbocatalysis assisted by ultrasound. *J Environ Chem Eng.* 2024, 12, 2, 112015. DOI: 10.1016/j.jece.2024.112015.

Autor de Presentación

Victor Manuel Galindo Acosta es Químico de la Universidad de Córdoba, magíster en ciencias-química de la Universidad Nacional de Colombia y candidato a doctor en Ciencias Químicas de la Universidad de Antioquia. Es investigador adscrito a los grupos de investigación en Catálisis ambiental y Energías Renovables CAMER del Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid, y del Grupo de Investigación en Remediación Ambiental y Biocatálisis GIRAB de la Universidad de Antioquia. Su investigación se enfoca en la valorización de residuos lignocelulósicos para la obtención de materiales carbonosos con capacidad catalítica para procesos de oxidación avanzada con el objetivo de remover contaminantes en el agua.

Email: victor.galindo@udea.edu.co

Producción de hidrógeno mediante la reacción Water Splitting (fotodivisión del agua) utilizando hidróxidos dobles laminares de Zn/Al y Ni/Al como fotocatalizadores

Elisa Pimentel Martínez¹, Gloria Alicia Del Ángel Montes¹, Israel Rangel Vazquez¹, Esthela Ramos Ramírez¹

¹ Universidad Autónoma Metropolitana – Unidad Iztapalapa, Departamento de Química, Área de Catálisis, Ciudad de México – México

² Departamento de Química, División de Ciencias Naturales y Exactas, Universidad de Guanajuato, Guanajuato - México.

Palabras clave: Fotocatálisis; Hidróxidos Dobles Laminares (HDL); Producción de Hidrógeno; Fotodisociación del Agua; Zn/Al y Ni/Al.

Resumen

Este proyecto evalúa hidróxidos dobles laminares (HDL) Zn/Al y Ni/Al como fotocatalizadores para la producción de hidrógeno mediante la fotodisociación del agua bajo irradiación UV-Visible. Los materiales se sintetizaron por coprecipitación controlada y se caracterizaron mediante XRD, FTIR, SEM y TEM, confirmando estructuras laminares ordenadas. Se estudiaron relaciones molares 3:1, 2:1 y 1:1 para determinar su influencia en la eficiencia catalítica. Los resultados mostraron una generación significativa de hidrógeno, evidenciando un comportamiento fotocatalítico favorable, lo que respalda el potencial de estos HDL en procesos sostenibles de obtención de hidrógeno, en la figura 1 se muestran las caracterizaciones realizadas.

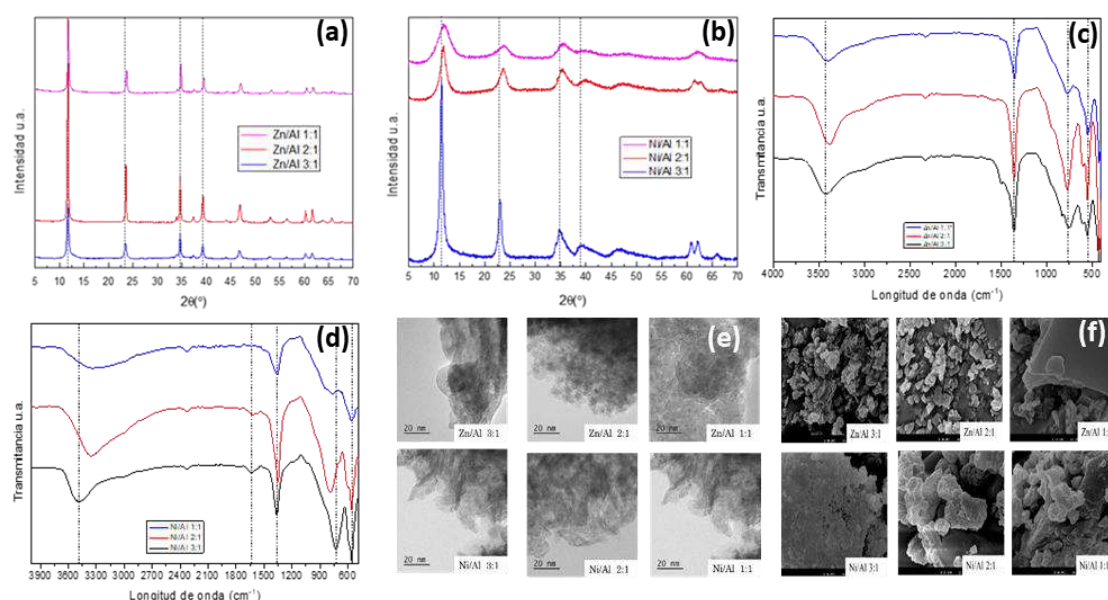


Figura 1. (a) DRX Zn/Al, (b) DRX Ni/Al, (c) FTIR Zn/Al, (d) FTIR Ni/Al, (e) TEM Zn/Al y Ni/Al y (f) SEM Zn/Al y Ni/Al

En la figura 1 se muestran los resultados obtenidos de los materiales Zn/Al y Ni/Al con relaciones molares 3:1, 2:1 y 1:1 respectivamente, obteniendo 6 materiales, los cuales se fueron evaluados para la producción, en la gráfica 2 se puede observar la competencia que tiene cada uno a cada hora respecto a la variación del metal bivalente, por último, se muestra una tabla cuantificando la cantidad de hidrógeno producido.

En conjunto, los resultados sugieren que la eficiencia fotocatalítica está fuertemente influenciada por la relación catiónica y el tipo de metal divalente. Los análisis estructurales, morfológicos y ópticos confirmaron la formación exitosa de las fases laminares típicas de los HDL, observándose láminas apiladas en las imágenes SEM. La difracción de rayos X permitió calcular las distancias interplanares y tamaños de cristal mediante la ecuación de Scherrer. La espectroscopía FTIR confirmó la presencia de vibraciones características.

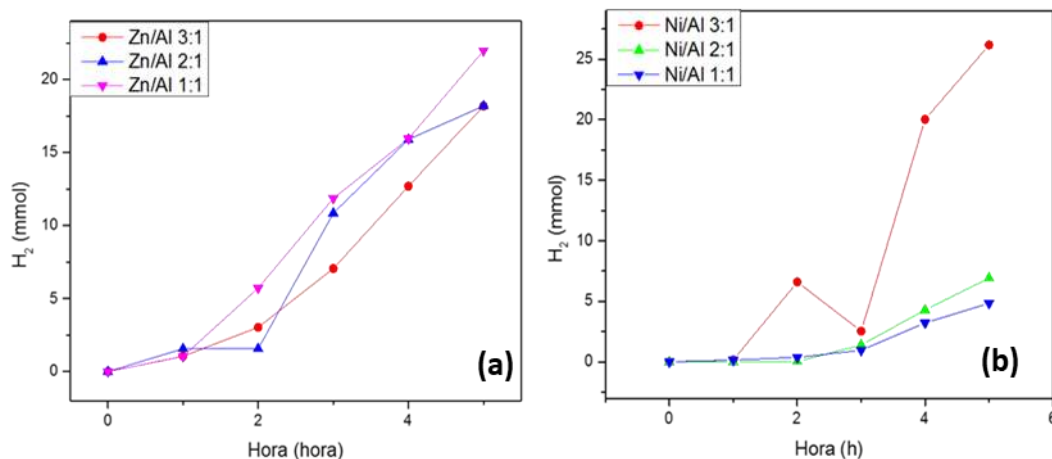


Figura 2. (a) Producción de hidrógeno utilizando Zn/Al (3:2, 2:1 y 1:1) **(b)** Producción de hidrógeno utilizando Ni/Al (3:2, 2:1, y 1:1)

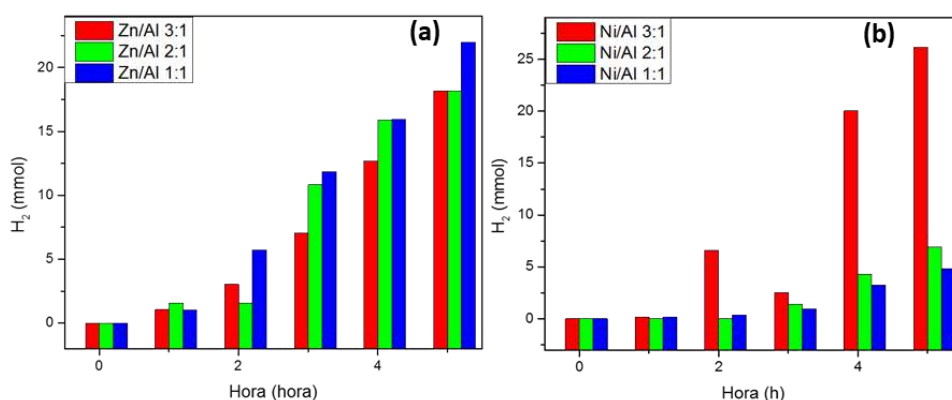


Figura 3. (a) Seguimiento hora por hora de la producción de hidrógeno utilizando Zn/Al (3:2, 2:1 y 1:1) **(b)** Seguimiento hora por hora de la producción de hidrógeno utilizando Ni/Al (3:2, 2:1, y 1:1)

Tabla 1. Resultados obtenidos de la producción de hidrógeno utilizando hidróxidos dobles laminares de (a) Zn/Al (3:1, 2:1, y 1:1) (b) Ni/Al (3:2, 2:1, y 1:1)

Hora (h)	Zn/Al 3:1 (mol)	Zn/Al 2:1 (mol)	Zn/Al 1:1 (mol)	Hora (h)	Ni/Al 3:1 (mol)	Ni/Al 2:1 (mol)	Ni/Al 1:1 (mol)
0	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0,00
1	1,06	1,56	1,04	1	0,17	0,00	0,16
2	3,03	1,56	5,72	2	6,60	0,03	0,37
3	7,06	10,84	11,86	3	2,54	1,40	0,96
4	12,69	15,90	15,94	4	20,02	4,29	3,22
5	18,18	18,18	21,97	5	26,18	6,93	4,84

Referencias

- Sherryna A., Tahir M., Nabgan W., Recent advancements of layered double hydroxide heterojunction composites with engineering approach towards photocatalytic hydrogen production: A review. *Int. J. Hydrogen Energy*, 2022, 47, 2, 862-901, DOI: 10.1016/j.ijhydene.2021.10.099
- Li C., Jing H., Wu Z., Jiang D. Layered Double Hydroxides for Photo (Electro) Catalytic Applications: A Mini Review. *Nanomaterials*. 2022, 12, 3525. DOI: 10.3390/nano12193525

Autor de Presentación

Elisa Pimentel Martínez es Maestra en Ciencias Químicas por la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM) distinguida con el Mérito Universitario a los estudiantes más destacados de su generación. Actualmente cursa el Doctorado en Ciencias Químicas en la UAM, Unidad Iztapalapa, dentro del Departamento de Química, en el área de Catálisis, bajo la dirección de la Dra. Gloria Alicia Del Ángel Montes. Email: gepm@xanum.uam.mx

Biocarbón Activado y Perovskitas: Una Alianza Eficiente contra la Contaminación por Fármacos

Christian Varela^{1,3}, Yazmin Agámez¹, Eduard Romero¹, Luis Rodríguez^{1,2}, **Luis Moreno^{1,3}**

¹Laboratorio de investigación en combustibles y energía LICE, Departamento de Química, Facultad de Ciencias / Universidad Nacional de Colombia, Bogotá - Colombia.

²Grupo de investigación en procesos químicos y bioquímicos, Departamento de Ingeniería Química, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá - Colombia.

³Laboratorio de Aplicaciones Fisicoquímicas de Estado sólido AFES, Departamento de Química, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá - Colombia.

Palabras clave: Semiconductor; fotocatalisis; contaminantes emergentes; Biocarbón activado.

Resumen

La creciente presencia de contaminantes farmacéuticos como el acetaminofén en cuerpos de agua representa una amenaza para los ecosistemas acuáticos y la salud humana. En este trabajo se presentan nuevos materiales híbridos formados por óxidos semiconductores del tipo perovskita $\text{Zn}_{1-x}\text{M}_x\text{TiO}_3$ ($\text{M} = \text{Fe}^{3+}$, La^{3+}) soportados sobre biocarbón microporoso derivado de tusa de maíz, diseñados para la remoción simultánea de estos contaminantes mediante procesos combinados de adsorción y fotodegradación.

Los óxidos fueron sintetizados por coprecipitación y calcinación, mientras que el soporte carbonoso fue activado con ZnCl_2 y tratado térmicamente a 700°C . El fotocatalizador $\text{Zn}_{1-x}\text{M}_x\text{TiO}_3$ ($\text{M} = \text{Fe}^{3+}$, La^{3+}) fue soportado por impregnación incipiente. Los materiales fueron caracterizados por DRX, UV-Vis DRS, SEM, EDX y fisisorción de N_2 . Se evaluó su eficiencia en la degradación de azul de metileno y acetaminofén mediante espectrofotometría UV-Vis. Los materiales compuestos mostraron alta área superficial para el biocarbón (hasta S_{BET} de $2378 \text{ m}^2 \cdot \text{g}^{-1}$) como se muestra en la figura 1; evidenciando la presencia de microporosidad en su estructura. Los valores de band gap entre 3,11 y 3,24 eV para los semiconductores permite concluir que dopaje con Fe^3 extendió la absorción hacia la región visible.

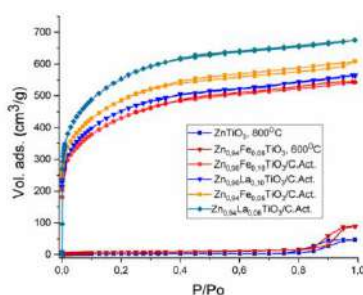


Figura 1. Isotermas de adsorción-desorción de las muestras de óxidos sobre carbón activado obtenidos con diferentes condiciones de preparación.

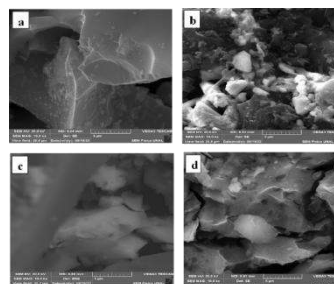


Figura 2. (a) C. Act.- ZnCl_2 1:1 a 700°C , (b) C. Act.- ZnCl_2 1:2 a 700°C , (c) $\text{Zn}_{0,9}\text{Fe}_{0,1}\text{TiO}_3/\text{C.Act.}$ - ZnCl_2 1:1 d) $\text{Zn}_{0,9}\text{Fe}_{0,1}\text{TiO}_3/\text{C.Act.}$ - ZnCl_2 1:2.

En la Figura 2 se observan las micrografías de C. Act. obtenidos mediante la activación de biomasa de tusa de maíz con diferentes relaciones de ZnCl_2 a) 1:1, b) 1:2 a 700°C y $\text{Zn}_{0,9}\text{Fe}_{0,1}\text{TiO}_3$ soportado sobre carbón activado al 10 % p/p c) con ZnCl_2 1:1 d) con ZnCl_2 1:2. En estas imágenes, se observa que tanto los carbones activados como los óxidos $\text{Zn}_{0,9}\text{Fe}_{0,1}\text{TiO}_3$ soportados sobre carbón activado presentan partículas de forma y tamaño irregular acompañados con cavidades. Estas características están asociadas con la alta área superficial que poseen estos materiales. Los resultados de DRX mostraron que los carbones activados son amorfos y que el óxido soportado tiene una estructura hexagonal del grupo espacial P63mc (141).

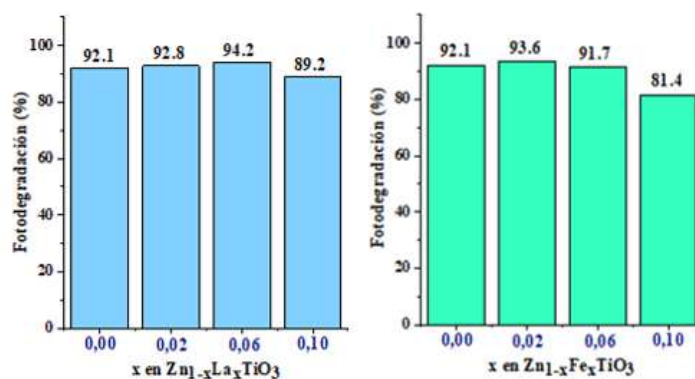


Figura 3. Porcentaje de fotodegradación de acetaminofén en función del contenido de La^{3+} y Fe^{3+} .

En la figura 3 se observa la relación entre el porcentaje de fotodegradación de acetaminofén en función de x en $Zn_{1-x}La_xTiO_3$ y $Zn_{1-x}Fe_xTiO_3$. Aunque los resultados no revelan una correlación significativa entre el porcentaje de remoción y el valor de x, se logra observar los valores de x que muestran la mayor remoción, los cuales son x = 0,06 y 0,02 para La y Fe, respectivamente. Estos resultados sugieren que la incorporación de un pequeño porcentaje de La y Fe pueden tener un impacto significativo en la eficiencia de remoción de contaminante. Sin embargo, es importante destacar que la relación entre el valor x y % de remoción puede depender de otros factores.

Estos resultados posicionan a los materiales $Zn_{(1-x)}M_xTiO_3/C$ como una plataforma eficaz, sostenible y adaptable para el tratamiento de aguas contaminadas con residuos emergentes, aportando al desarrollo de tecnologías de descontaminación ambiental.

Referencias

- Behraves S., Mirghaffari N, Alemrajabi A. A, et al. Photocatalytic degradation of acetaminophen and codeine medicines using a novel zeolite-supported TiO_2 and ZnO under UV and sunlight irradiation. *Env. Sci. Poll. Res.* 2020, 27(21), 26929 –26942. DOI: 10.1007/s11356-020-09038-y
- Gloria D. C. S., Brito, C. H. V., Mendonça, T. A. P., et al. Preparation of TiO_2 /activated carbon nanomaterials with enhanced photocatalytic activity in paracetamol degradation. *Mater. Chem. Phys.* 2023, 305, 127947. DOI: 10.1016/j.matchemphys.2023
- Akşit, D., & Soyulu, G. S. P. Photocatalytic degradation of paracetamol by semiconductor oxides under UV and sunlight illumination. *Turkish J. Chem.* 2022, 46(6), 1866–1874. DOI: 10.55730/1300-0527.3486

Autor de Presentación

Luis Carlos Moreno Aldana es doctor en Ciencias – Química por la Universidad Nacional de Colombia. Es docente e investigador del Departamento de Química y miembro del Laboratorio de Investigación en Combustibles y Energía (LICE) de la misma institución. Su línea de investigación se centra en la síntesis, caracterización y aplicación de materiales carbonosos y fotocatalíticos para procesos de remediación ambiental y valorización de residuos. Ha dirigido múltiples proyectos de investigación aplicada. Es autor y coautor de publicaciones científicas, ponencias en congresos nacionales e internacionales, y ha contribuido a la formación de talento humano en los niveles de pregrado y posgrado.

Email: lcmorenoa@unal.edu.co

Explorando la posibilidad de emplear baterías posconsumo desechadas como precursores para la síntesis de electrocatalizadores

Sergio Blanco¹, Pedro Delvasto²

¹ Grupo de Investigación en Bioquímica y Microbiología - GIBIM, Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga-Colombia.

² Grupo de Investigación en Química Estructural – GIQUE, Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga-Colombia.

Palabras clave: *Electrocatalizadores base níquel, electrólisis alcalina de agua, hidrógeno verde.*

Resumen

Este estudio investiga la utilización de baterías domésticas recargables posconsumo como precursores en la fabricación de recubrimientos metálicos catalíticos, destinados a la reacción de evolución de hidrógeno (HER). A través de una estrategia de micro-reciclaje, se desensamblaron las baterías para obtener masa negra, la cual se lixivió en una solución de ácido cítrico y peróxido de hidrógeno. Los metales disueltos se electrodepositaron sobre cobre puro, utilizando una celda de dos electrodos a distintos potenciales (-1900 mV, -2000 mV y -2100 mV). El recubrimiento generado a -2000 mV presentó una composición de 93% Cd y 7 % Ni.

La caracterización electroquímica de este recubrimiento se realizó mediante voltametría cíclica (CV) y análisis potentiodinámico, en soluciones de KOH (0,1 M y 1,0 M), para evaluar su rendimiento en HER. Los resultados de CV indicaron una estabilidad electroquímica del electrodo sintetizado, para un amplio rango de voltajes operativos, desde la reacción de evolución de oxígeno hasta la HER. Las pendientes de Tafel para HER mostraron una reducción tan sólo una cuarta parte, en comparación con un electrodo estándar de Ni puro, lo que resalta la actividad catalítica prometedora del recubrimiento sintetizado. Estos hallazgos validan la viabilidad del micro-reciclaje de baterías posconsumo desechadas, como una estrategia sostenible para producir materiales catalíticos electroactivos, con un potencial significativo para la generación de hidrógeno. La investigación subraya la importancia de explorar nuevas fuentes de materiales catalíticos, contribuyendo al avance de tecnologías limpias y sostenibles en la producción de energía.

Referencias

- Rueda H, Arenas M, Vargas-Balda R, Blanco S, Delvasto P. Production of a nickel-based catalyst for urea electrooxidation using spent batteries as raw material: Electrochemical synthesis and implications from a circular economy stand-point. *Sustain Mater Technol.* 2021, 29, e00296. DOI:10.1016/j.susmat.2021.e00296
- Blanco S, Orta-Rodriguez R, Delvasto P. Influence of Na⁺, K⁺, Mn²⁺, Fe²⁺ and Zn²⁺ ions on the electrodeposition of Ni-Co alloys: Implications for the recycling of Ni-MH batteries. *J Phys Conf Ser.* 2017, 786(1), 012033. DOI:10.1088/1742-6596/786/1/012033

Autor de Presentación

Pedro Delvasto es doctor en ciencia y tecnología de materiales por la Universidad Complutense de Madrid. Desde marzo de 2015 está vinculado con la Escuela de Ingeniería Metalúrgica y Ciencia de los Materiales en la Universidad Industrial de Santander, donde lidera el Semillero INNOVAMAT del Grupo de Química Estructural (GIQUE). Su investigación se enfoca en economía circular de metales y procesos sustentables en minería y metalurgia, con énfasis en la valorización de baterías domésticas desechadas. Es coautor de 35 publicaciones en estos campos del saber.

Email: delvasto@uis.edu.co

Aplicación de la catálisis bifuncional en la síntesis de 3-ciano-2(1H)-piridonas con importante actividad antiproliferativa

Diana Becerra Córdoba¹, Diana Hurtado Rodríguez¹, Hugo Rojas Sarmiento¹, Mario Macías López², Juan Castillo Millán¹

¹ Grupo de Catálisis de la UPTC, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja – Colombia.

² Grupo de Cristalografía y Química de Materiales, Departamento de Química, Universidad de los Andes, Bogotá D.C. – Colombia.

Palabras clave: Catálisis ácido-base; Reacción multicomponente; 3-Ciano-2(1H)-piridonas; Actividad antiproliferativa; Análisis estructural

Resumen

Las reacciones multicomponente (RMC) representan un enfoque catalíticamente eficiente para la obtención de heterociclos funcionalizados con alta economía atómica. En esta investigación se describe la síntesis de 3-ciano-2(1H)-piridonas **4** mediante una RMC entre aldehídos (hetero)aromáticos **1**, 2-cianoacetamida **2** y acetofenonas **3** en presencia de acetato de amonio, el cual actúa simultáneamente como reactivo y catalizador bifuncional ácido-base, facilitando la formación *in situ* de los intermediarios clave: aductos de Knoevenagel y las enaminas. La estrategia permitió obtener una serie de 3-ciano-2(1H)-piridonas **4** con rendimientos entre 40 y 84% bajo condiciones libres de disolvente a 100 °C, con tiempos de reacción entre 30 min y 24 h (Figura 1a). Los productos fueron caracterizados mediante espectroscopía de IR, UV-Vis (con desplazamientos batocrómicos dependientes de la polaridad del disolvente), RMN mono y bidimensional, análisis térmico y difracción de rayos-X de monocristal. Estos análisis confirmaron la presencia del tautómero lactama en estado sólido, así como su organización supramolecular mediante interacciones del tipo N-H...O, C-H...O, C-H... π , C-N... π y π ... π (Figura 1b).

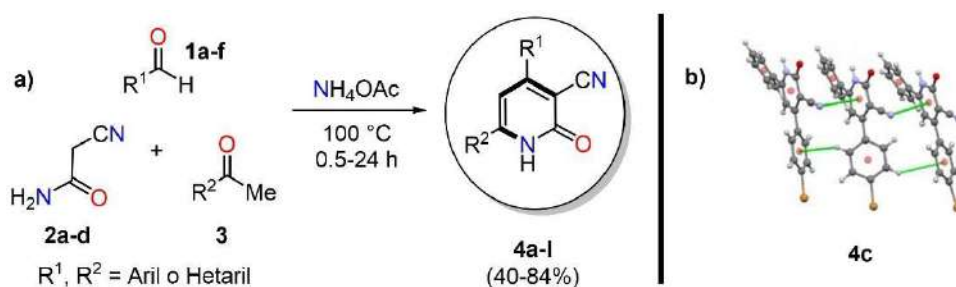


Figura 1. a) Síntesis multicomponente de 3-ciano-2(1H)-piridonas **4a-i** en ausencia de disolvente. b) Representación de las cadenas moleculares formadas por dímeros del compuesto **4c** determinadas mediante análisis de difracción de rayos-X. Las esferas de color café representan los átomos de bromo.

Desde una perspectiva aplicada, todos los compuestos sintetizados fueron evaluados por el National Cancer Institute (EE.UU.) frente a un panel de 60 líneas celulares tumorales humanas, utilizando una concentración fija de 10 μM mediante el método de Sulforodamina B (SRB). Entre ellos, los compuestos **4f** y **4j** se destacaron por su significativa actividad antiproliferativa, lo que motivó su elección para ensayos adicionales a cinco concentraciones (Figura 2b). El compuesto **4f** mostró valores de GI_{50} entre 2,63 y 7,73 μM en seis líneas celulares pertenecientes a cinco tipos de cáncer, siendo particularmente activo frente a las líneas OVCAR-4 (cáncer de ovario) y HS 578T (cáncer de mama). Por su parte, el compuesto **4j** mostró valores de GI_{50} entre 3,80 y 7,72 μM en ocho líneas celulares, con mayor efectividad frente a OVCAR-4 (cáncer de ovario) y SN12C (cáncer renal). En conclusión, ambos compuestos presentaron actividad antiproliferativa común frente a cinco líneas celulares: NCI-H322M

(pulmón), OVCA-4 (ovario), SN12C (riñón), T-47D (mama) y HS 578T (mama), lo que sugiere la posible existencia de un mecanismo de acción compartido. Además, considerando que ambas estructuras contienen un fragmento análogo al farmacóforo del inhibidor epigenético Tazemetostat, se plantea su potencial como estructuras base para el diseño racional de nuevos inhibidores selectivos de EZH2 (Enhancer of Zeste Homolog 2), una enzima implicada en la progresión de diversos tipos de cáncer (Figura 2a).

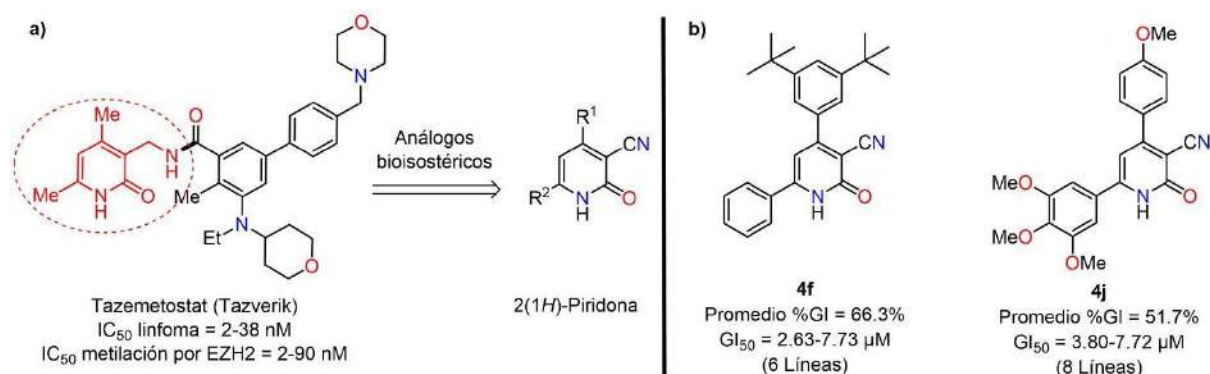


Figura 2. a) Estructura molecular y porcentajes de inhibición reportados para el fármaco comercial Tazemetostat (Tazverik). b) Estructuras de las 3-ciano-2(1H)-piridonas **4f** y **4j**, que demostraron la mejor actividad antiproliferativa frente a múltiples líneas celulares de cáncer.

Referencias

- Kuntz K.W., Campbell J.E., Keilhack H., *et al.* The discovery of EPZ-6438 (Tazemetostat), a potent, selective, and orally bioavailable EZH2 inhibitor. *J. Med. Chem.* 2016, 59, 1556–1564. DOI: 10.1021/acs.jmedchem.5b01865
- Hurtado-Rodríguez D., Salinas-Torres A., Rojas H., *et al.* Bioactive 2-pyridone-containing heterocycle syntheses using multicomponent reactions. *RSC Adv.* 2022, 12, 35158–35176. DOI: 10.1039/D2RA07056A
- Hurtado-Rodríguez D., Becerra D., Rojas H., *et al.* Crystal structure, spectroscopy, DFT and thermal studies of 3-cyano-2(1H)-pyridones as potential anticancer agents. *RSC Adv.* 2024, 14, 24928–24941. DOI: 10.1039/D4RA04563G

Autor de Presentación

Diana Karina Becerra Córdoba (*h-index* = 13) es Química y Doctora en Ciencias Químicas por la Universidad del Valle. Entre 2014 y 2015 realizó una estancia postdoctoral en el Institut des Sciences Moléculaires de Marseille (Francia). Desde 2017 se desempeña como profesora en la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Sus líneas de investigación se centran en la síntesis orgánica sostenible, mecanismos catalíticos y diseño racional de moléculas bioactivas. Ha publicado 37 artículos en revistas indexadas y ha participado en múltiples proyectos de investigación. Actualmente, mantiene una participación en redes de colaboración nacional e internacional en las áreas de la catálisis, la química medicinal y la química supramolecular.

Email: diana.becerra08@uptc.edu.co

Síntesis hidrotermal de puntos cuánticos derivados de biocarbón de la cascarilla de café para aplicaciones electrocatalíticas

Sergio Sánchez¹

¹ Grupo de Investigación en Catálisis, Universidad del Cauca, Popayán – Colombia.

Palabras clave: Puntos cuánticos de carbono, cascarilla de café, síntesis hidrotermal, biocarbón, nanomateriales sostenibles.

Resumen

La creciente demanda de materiales carbonosos sostenibles para aplicaciones electrocatalíticas ha impulsado la búsqueda de alternativas a los costosos catalizadores basados en metales nobles. En este escenario, los puntos cuánticos de carbono (CQDs) han surgido como materiales prometedores debido a su alta área superficial, excelente conductividad eléctrica y propiedades catalíticas intrínsecas. Una estrategia atractiva es la obtención de CQDs a partir de biomasa residual, como la cascarilla de café, que no solo reduce costos, sino que también contribuye a la economía circular. En el departamento del Cauca (Colombia), una de las principales regiones cafetaleras del país con una producción anual de aproximadamente 1,5 millones de sacos de café, y por cada tonelada de café cosechado, se producen aproximadamente 0,18 toneladas de cascarilla de café, cuya disposición inadecuada puede generar impactos ambientales. Este trabajo propone su valorización mediante métodos sostenibles como la pirólisis controlada y procesos hidrotermales, optimizando parámetros clave como el tamaño de partícula y la funcionalización superficial para mejorar su desempeño electrocatalítico.

El proceso inició con el pretratamiento de 1 kg de cascarilla de café, que fue lavada con agua desionizada para eliminar impurezas y luego secada al aire libre durante 48 horas. Posteriormente, el material se trituró en un molino con malla de 1 mm para garantizar homogeneidad en el tamaño de partícula. Para la obtención del biocarbón, se tomaron 235,5 g del material triturado y se sometieron a pirólisis en un reactor metálico. El proceso se realizó bajo atmósfera inerte de N₂, comenzando con un flujo de 1,0 L/min para purgar el sistema y luego reduciéndolo a 0,2 L/min para mantener un ambiente libre de oxígeno. El perfil de calentamiento consistió en una rampa de 30 minutos hasta alcanzar 350°C, seguida de una etapa isotérmica de 6 horas. Finalmente, el biocarbón obtenido se dejó enfriar a temperatura ambiente, se homogeneizó con un procesador de alimentos y se almacenó como material precursor para la síntesis de CQDs. La síntesis de los CQDs se llevó a cabo mediante un tratamiento hidrotermal del biocarbón en medio acuoso, utilizando una proporción de 1,83% (masa/volumen). La mezcla se calentó a 200°C durante 3 horas en un reactor, permitiendo la formación de CQDs con propiedades ajustables. Posteriormente, el material se purificó mediante filtración con papel filtro de diferentes tamaños de poro, obteniendo así una suspensión de CQDs lista para su caracterización.

En conclusión, este estudio demuestra la viabilidad de obtener CQDs a partir de cascarilla de café, un residuo agroindustrial abundante en regiones como el Cauca. La metodología empleada, que combina pirólisis controlada y síntesis hidrotermal, representa un enfoque sostenible para la producción de nanomateriales carbonosos con potencial aplicación en procesos electrocatalíticos, como la degradación de contaminantes orgánicos. Los resultados sientan las bases para futuras investigaciones orientadas a correlacionar las propiedades estructurales de los CQDs con su actividad catalítica, así como a explorar su integración en sistemas electroquímicos más complejos.

Referencias

- Le M., Hu B., Wu M., *et.al.* Construction of Co, N-Coordinated Carbon Dots for Efficient Oxygen Reduction Reaction. *Molecules*. 2022, 27(15), 5021. DOI: [10.3390/molecules27155021](https://doi.org/10.3390/molecules27155021)
- Suraj P., Sreekumar S., Aru, P., *et.al.* Feasibility study of coffee husk char-derived carbon dots to enhance solar photovoltaic-thermal applications. *J. Anal. Appl. Pyrol.* 2024, 179, 106509. DOI: [10.1016/j.jaap.2024.106509](https://doi.org/10.1016/j.jaap.2024.106509)

- Seitz L., Nordlund D., Gallo A., *et.al.* Tuning Composition and Activity of Cobalt Titanium Oxide Catalysts for the Oxygen Evolution Reaction, *Electrochim. Acta.* 2016, 193, 240-245, DOI: [10.1016/j.electacta.2016.01.200](https://doi.org/10.1016/j.electacta.2016.01.200)

Autor de Presentación

Sergio Andrés Sánchez Rojas es estudiante de último semestre del pregrado de Química Pura en la Universidad del Cauca. Actualmente desarrolla su trabajo de grado en el Grupo de Investigación en Catálisis del Departamento de Química de la misma universidad. Su investigación se centra en la obtención de puntos cuánticos de carbono a partir de cascarilla de café mediante síntesis hidrotermal, con el fin de aplicarlos en electrocatalizadores para la degradación de sustancias orgánicas.

Email: seansanchez@unicauca.edu.co

Adsorbentes híbridos tipo MOF/Zeolita para la captura de CO₂ en motor diésel.

Daniel Manco¹, Adrián Gómez¹, Sandra L. Amaya¹, Cecilia Manrique², Laura Urán²

¹Grupo de Investigación e Innovación en Energía – GIEN, Facultad de Ingeniería, Institución Universitaria Pascual Bravo, Medellín – Colombia.

²Grupo Catalizadores y Adsorbentes, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Antioquia, Medellín – Colombia.

Palabras clave: adsorción de CO₂, planta diésel, adsorbentes híbridos, MOF/zeolita.

Resumen

Las emisiones de gases de efecto invernadero continúan en aumento, deteriorando cada día más la calidad del aire. Según el Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (2021), estas emisiones son un 50 % superiores a las generadas en 1990, provocando cambios permanentes en el sistema climático que podrían volverse irreversibles si no se toman medidas inmediatas. Colombia para el 2030, se ha comprometido a reducir sus emisiones de gases de efecto invernadero en un 20 % con respecto al 2010. El país representa aproximadamente el 0,4 % de las emisiones mundiales. En la actualidad, se han utilizado varias técnicas para capturar el CO₂, entre ellas se encuentran, el uso de materiales nanoporosos como adsorbentes de gases, específicamente, redes metal orgánicas (MOF), zeolitas de tamaño micro y nanométrico, las cuales presentan alta área superficial y una porosidad uniforme, propiedades que son claves en la capacidad de adsorción de un material. Por tanto, el proyecto está enfocado en determinar la capacidad de adsorción selectiva de CO₂ en corrientes de gases de combustión provenientes de fuentes móviles usando adsorbentes tipo MOF con zeolitas.

La etapa metodológica se dividió en dos fases, síntesis y evaluación de materiales. En la primera, se sintetizó el MOF por el método solvotérmico, empleando precursores de metal níquel (Ni) y el ácido-2,5-dihidroxitereftálico como ligando orgánico. Posteriormente, se obtuvo la zeolita X utilizando el método hidrotérmico. El material resultante se sometió a un tratamiento post síntesis basado en el procedimiento reportado por Al-Naddaf et al. (2018), con el propósito de introducir grupos -COOH en la estructura de la zeolita. Finalmente, se preparó el material híbrido mediante un proceso solvotérmico, partiendo de una solución que contenía los precursores del MOF y cantidades variables de zeolita.

Para la fase de evaluación, los materiales sintetizados se probaron en un sistema de escape (mofle) de una planta eléctrica diésel marca MP referencia 3500 LH mono cilíndrico de 4 tiempos, refrigerado por aire y con una potencia nominal de 3,5 kW. Las variables de operación se monitorearon mediante un sistema de adquisición de datos basado en una tarjeta Arduino, a la cual se conectó un sensor de temperatura. La comunicación entre la tarjeta y el computador permitió la recolección de datos y la generación de gráficas en tiempo real. Adicionalmente, se integró un analizador de gases MD-Gas-5C para la medición de monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO₂) e hidrocarburos no quemados (HC).

A partir de los resultados preliminares, se observó en el perfil de temperatura (Figura 1a) una tendencia constante a lo largo del tiempo, tanto con como sin monolito en el sistema de escape de gases; con una disminución de temperatura asociada a condiciones externas durante la corrida. Por otro lado, en la Figura 1b se registró el porcentaje de emisiones de CO₂ de dos materiales, en función de la temperatura, mostrando valores muy similares entre sí en el tiempo.

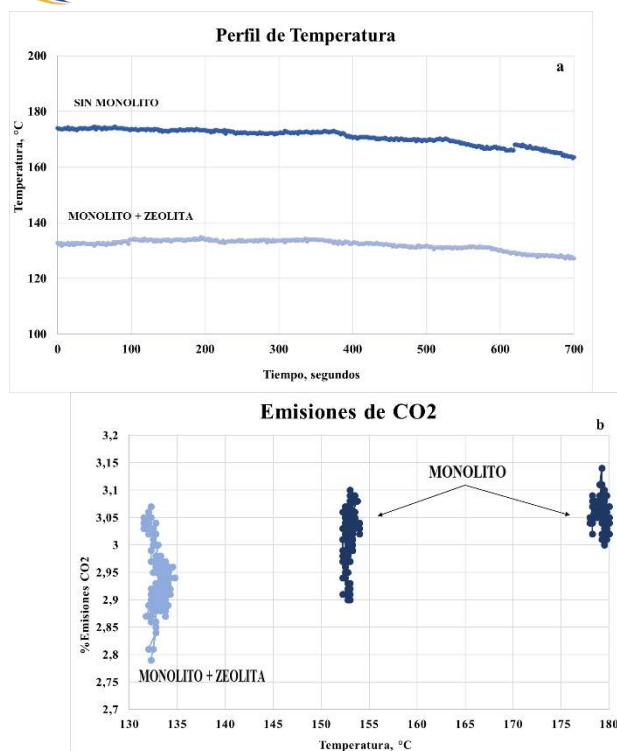


Figura 1. (a) Perfil de temperatura, (b) Emisiones de CO₂.

Referencias

- Yáñez E., Ramírez A., Núñez-López V., *et al.* Exploring the potential of carbon capture and storage-enhanced oil recovery as a mitigation strategy in the Colombian oil industry. *Int. J. Greenhouse Gas Control.* 2020, 94, 102938. DOI:10.1016/j.ijggc.2019.102938
- Du W., Liang Z., Luo X., Song Y., *et al.* conductive anionic Co-MOF cage with zeolite framework for supercapacitors. *Chin. Chem. Lett.* 2020, 31(9), 2309–2313. DOI: 10.1016/j.cclet.2020.04.017
- Al-Naddaf Q., Thakkar H., & Rezaei F. Novel Zeolite-5A@MOF-74 composite adsorbents with core-shell structure for H₂ purification. *ACS Appl. Mater. Interfaces.* 2018, 10(35), 29656–29666. DOI: 10.1021/acsami.8b10494

Autor de Presentación

Sandra Liliana Amaya Bustos es doctora en Ingeniería con énfasis en Materiales y Magíster en Ciencias Químicas de la Universidad de Antioquia. Actualmente es profesora de tiempo completo del Departamento de Mecánica en la Institución Universitaria Pascual Bravo y adscrita al grupo de Investigación e Innovación en Energía - GIEN. Su investigación se enfoca en la síntesis y caracterización de materiales con aplicaciones en catálisis y adsorción.

Email: sandra.amaya@pascualbravo.edu.co

Functionalization of Bentonite with Cu-Ni for the Catalytic Hydrogenation of Citral

Diana Fernanda Córdoba Chávez¹, Paulo César Cabrera Moncayo^{1,2}, Gwendoline Lafaye³, Catherine Especel³, Luis Alejandro Galeano¹

¹ Grupo de Investigación en Materiales Funcionales y Catálisis (GIMFC), Universidad de Nariño, Pasto – Colombia.

² Grupo de Investigación en Agroforestería y Recursos Naturales – ARENA, Universidad de Nariño, Pasto – Colombia.

³ Institut de Chimie des Milieux et Matériaux de Poitiers (IC2MP), Universidad de Poitiers, Poitiers – France.

Palabras clave: Pillared clay; catalytic hydrogenation; citral; copper; nickel.

Abstract

This study assessed different strategies for incorporating Cu and Ni onto a Colombian bentonite previously refined by particle size, aiming to obtain active catalysts for the hydrogenation of citral (an unsaturated aldehyde used as a model molecule for highly accumulative platform molecules in biorefineries, such as succinic acid). Bentonite is a layered clay mineral with a high cation exchange capacity and intrinsic textural properties, making it an attractive and low-cost support for developing catalytic materials. To improve its textural and thermal properties, the clay can be modified through a process called pillaring, which involves introducing poly-hydroxycationic species (such as Al_{13}^{7+}) into the interlayer space, thereby increasing its specific surface area, thermal stability, and accessibility to active sites. Three modification strategies were used: (I) co-pillaring of Cu and Ni with Al from either diluted or concentrated precursors; (II) ion exchange on the previously Al-pillared clay (Al-PILC); and (III) direct ion exchange on the refined clay (Table 1). The materials were characterized by XRD, H_2 -TPR, TGA/DSC, N_2 adsorption, DRIFTS and UV-Vis spectroscopy, and ICP-OES. Prior to catalytic testing, the materials were reduced at 50 °C below the delamination temperature (determined by TGA/DSC) for 2 hours. However, a second reduction was carried out at 500 °C for 2 h under an inert atmosphere to prevent oxidation, immediately before testing.

Table 1. Cu-Ni functionalized clay materials and main physicochemical features

Strateg y	Sample code	Cu (wt. %)	Ni (wt. %)	d_{001} (nm)	S_{BET} (m ² /g)
(I)	Al/Cu50				
	-Ni50- PILC-C	2,24	2,96	1,40	96
	Al/Cu50				
	-Ni50- PILC-D	0,18	0,01	1,75	164
(II)	Cu- Ni/Al- PILC*	6,77	5,21	1,78	42
	Cu- Ni/Al- PILC- T**	2,93	2,22	1,42	49
	Ni/Al- PILC	--	0,20	1,54	32
	Cu-Ni- Clay	1,84	0,73	1,43	90

d_{001} : basal spacing determined by XRD; S_{BET} : specific surface area determined by the N_2 adsorption isotherm from the BET method. *Cationic exchange performed at 70 °C, under 0,50 mol/dm³ of each metal. ** Cationic exchange performed at 70 °C, under 0,25 mol/dm³ of each metal.

In strategy (I), the material Al/Cu50-Ni50-PILC-D showed enhanced textural properties, but low metal incorporation (Table 1). In contrast, the Al/Cu50-Ni50-PILC-C material using highly concentrated precursors, reached 2,24% Cu and 2,96% Ni, but lower surface area (96 m²/g). This suggests that preparation conditions significantly affected both incorporation efficiency and the porous structure of the support. Strategy (II) achieved the highest metal incorporations, particularly in the Cu-Ni/Al-PILC material (6,77% Cu and 5,21% Ni), even exceeding the theoretical value expected based on the residual cation exchange capacity of the Al-PILC. Moreover, greater Cu incorporation was mostly observed in the presence of Ni, suggesting a synergistic effect between the two metals. The poor accessibility, alongside the incomplete reduction of the active metals Fig. 1(a) probably explain the low citral conversion (< 8%) exhibited by all materials after 120 min of reaction (Fig. 1 (b)). Although the Cu-Ni/Al-PILC material exhibited the highest metal incorporation and a stable interlayer expanded structure ($d_{001} = 1,78$ nm), its catalytic performance remained rather limited. The cationic exchange on Al-PILC stands out as a promising strategy for the efficient incorporation of Cu-Ni into bentonite, whereas the copillaring from concentrated precursors raised the most interesting stabilizing metal sites active in the catalytic reduction, but the optimization of reduction and reaction conditions still requires to enhance catalytic conversion of citral and selectivity toward the most value-added products, namely unsaturated products: citronellol, citronellal, and the unsaturated alcohols (nerol and geraniol).

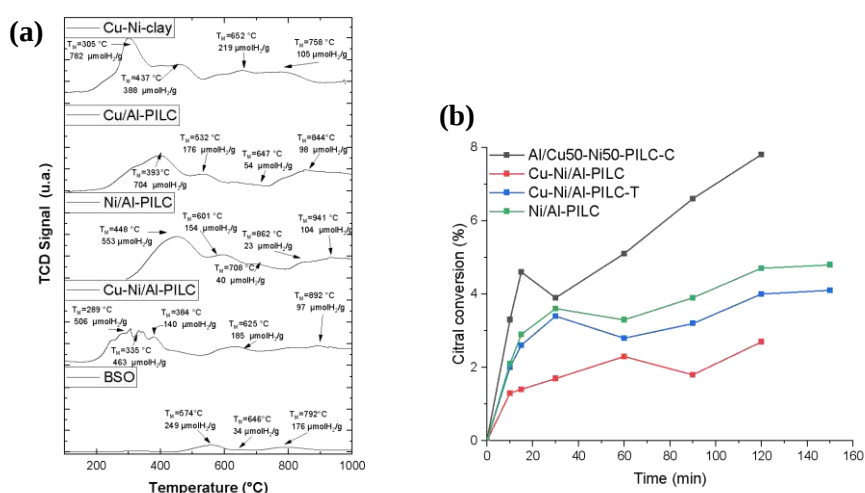


Figure 1. Reducibility and catalytic performance of the Cu-Ni functionalized bentonite: (a) H₂-TPR thermograms; (b) catalytic hydrogenation of citral: Catalyst loading = 0.4 g/dm³; citral volume = 3,0 cm³; isopropanol volume = 100,0 cm³; H₂ pressure = 7,5 MPa; Temperature = 90 °C.

This research established a solid foundation for future studies focused on the design and preparation of bimetallic Cu-Ni catalysts from the accessible bentonites, with potential applications in biomass valorization processes.

References

- Di X., Lafaye G., Especel C., Epron F., *et al.* Supported Co-Re bimetallic catalysts with different structures as efficient catalysts for hydrogenation of citral. *ChemSusChem* 2019, 12(4), 723. DOI: 10.1002/cssc.201900357
- Muñoz H.-J., Vallejo C., Blanco C., Gil, A., *et al.* 10 kg scaled-up preparation of Al/Fe-pillared clay CWPO catalysts from concentrated precursors. *Green Chem.* 2018, 20(22), 5196–5208. DOI: 10.1039/c8gc02445f

Presenting Author

Diana Fernanda Córdoba Chávez is undergraduate student of chemistry and research assistant at GIMFC, Universidad de Nariño (Colombia). She conducted her final work on the design and characterization of heterogeneous catalysts from modified bentonite for environmentally relevant processes. As part of this project, she completed a research internship at IC2MP (France) in June-July 2024. Email: dianacordoba9@udenar.edu.co

Síntesis de CQDs a partir de fibra de coco para la preparación de un electrocatalizador de Bi/Pt/CQD/CGE empleado en la electrooxidación de metanol.

Karol Melissa Muñoz¹, Johnny Vilard Gutierrez¹

¹ Grupo de Investigación en Catálisis, Universidad del Cauca, Popayán – Colombia.

Palabras clave: Electrocatalizador; Puntos Cuánticos de Carbono; Biomasa; Electrooxidación.

Resumen

En el contexto actual de creciente preocupación por la sostenibilidad y la reducción del impacto ambiental, la eliminación eficiente de contaminantes orgánicos persistentes en el agua representa un desafío clave. Así, la síntesis de puntos cuánticos de carbono (CQDs) a partir de residuos agroindustriales de fibra de coco usados como soporte carbonoso para electrocatalizadores, surge como una opción ecológica que reduce estos residuos y genera materiales innovadores, especialmente cuando se combinan con catalizadores como el platino (Pt) y dopados con heteroátomos como el bismuto (Bi) ya que les confiere una alta superficie específica y mejor capacidad de transferencia electrónica.

En este trabajo de investigación se sintetizaron CQDs partiendo de residuos de fibra de coco que fueron sometidos a un proceso de pirólisis durante 6 horas a 350°C para obtener biocarbón, el cual fue usado como precursor en un tratamiento hidrotermal con agua tipo I. El sólido obtenido se caracterizó mediante espectroscopia FT-IR por ATR, TEM y SEM. Se obtuvieron rendimientos del $0,36 \pm 0,03$ % y $3,79 \pm 0,44$ % de CQD con respecto a la biomasa inicial y al biocarbón, respectivamente. Los espectros IR tanto del biocarbón como de los CQDs (Figura 1) evidenciaron grupos funcionales presentes en hidrocarburos oxigenados, con bandas de absorción entre 3200–3500, 1567, 1407, 1335 y 1042 cm^{-1} correspondientes a vibraciones de O-H, C=O y C=C, C=N, C-N y C-O, respectivamente, reflejando la estructura de carbohidratos presentes en celulosa y hemicelulosa.

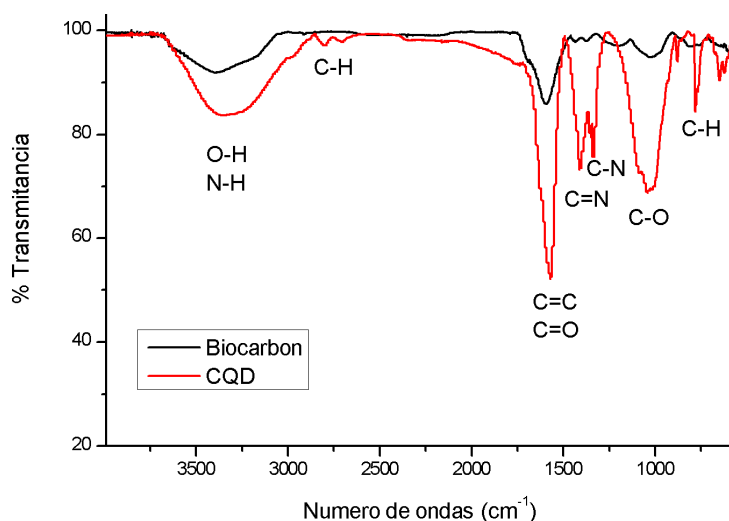


Figura 1. Espectro IR del biocarbón y CQD obtenidos mediante ATR.

Las imágenes TEM y SEM (Figura 2) confirmaron una morfología uniforme, esférica y homogéneamente dispersa, con un tamaño aproximado de $6,43 \pm 0,19$ nm para los CQDs y una estructura capilar con microporos en los planos hexagonales en el biocarbón formados por el tratamiento térmico de la fibra de coco.

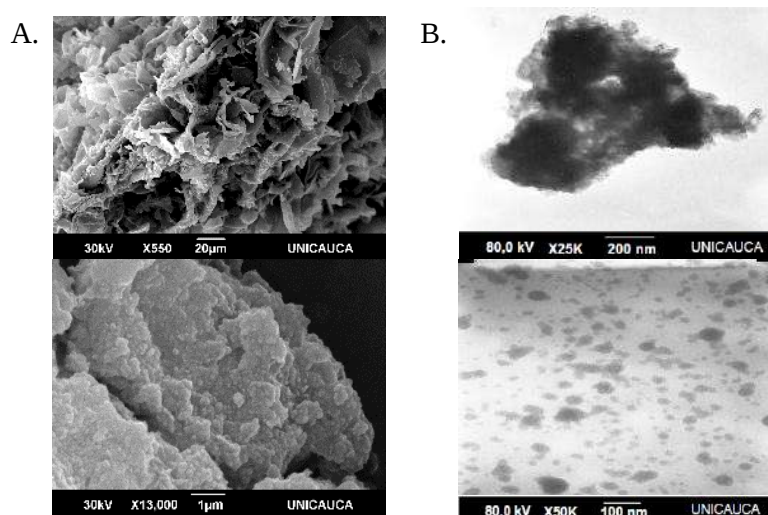


Figura 2. A. Imágenes SEM. Arriba: Biocarbón, abajo: CQDs. B. Imágenes TEM. Arriba: Biocarbón, abajo: CQDs.

Estos resultados demuestran que la síntesis de CQDs a partir de residuos de fibra de coco es una alternativa viable y sostenible para producir nanomateriales con propiedades estructurales y funcionales aptas para aplicaciones electrocatalíticas. Además, la caracterización confirmó su potencial como soporte carbonoso en la elaboración de electrocatalizadores, estableciendo una base sólida para futuras etapas del estudio centradas en la incorporación del sistema Bi/Pt/CQDs/CGE el cual se evaluará con un test catalítico utilizando el metanol como molécula orgánica de prueba, que permitirá evidenciar el potencial oxidativo del electrocatalizador elaborado.

Referencias

- Meht V.N., Jha S., Basu H., Singhal R. K., and Kailasa S. K. One-step hydrothermal approach to fabricate carbon dots from apple juice for imaging of mycobacterium and fungal cells. *Sens Actuators B Chem.* 2015, 213, 434–443. DOI:10.1016/J.SNB.2015.02.104.
- Ghani W.A.W.A.K., Mohd A., da Silva G., et al. Biochar production from waste rubber-wood-sawdust and its potential use in C sequestration: Chemical and physical characterization. *Ind. Crops Prod.* 2013, 44, 18–24. DOI: 10.1016/J.INDCROP.2012.10.017.

Autor de Presentación

Karol Melissa Muñoz es estudiante de pregrado del programa de Química de la Universidad del Cauca. Desde agosto de 2024, es investigador activo en el grupo de investigación en Catálisis de la misma Universidad. Su investigación se enfoca en electrocatalizadores fabricados con puntos cuánticos de carbono (CQDs) sintetizados a partir de residuos de biomasa de fibra de coco soportados en carbón vítreo (CGE), funcionalizados con Pt y dopados con Bi para la eliminación de contaminantes orgánicos presentes en agua.

Email: karolmm@unicauca.edu.co

Influencia del Pr como promotor en catalizadores Ni-Mg-Al(O) para la metanación de CO₂: Aportes mediante espectroscopía IR *in situ*

Juan Avella¹, Edwin A. Baquero¹, Carlos Daza¹,

¹ Estado Sólido y Catálisis Ambiental (ESCA), Departamento de Química, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá D.C. – Colombia.

Palabras clave: Praseodimio, DRIFT *in-situ*, autocombustión, metanación, adsorción.

Resumen

Este trabajo contribuye al estudio del efecto promotor del praseodimio (Pr) en catalizadores Ni-Mg-Al(O) empleados en la metanación de CO₂, mediante el uso de espectroscopía DRIFT *in situ*. Se analizaron catalizadores preparados por el método de autocombustión asistida por microondas, con contenidos nominales de Pr de 0, 1, 3 y 5 % en peso, manteniendo constantes las relaciones molares Ni/Mg = 2 y (Mg + Ni)/Al = 3. Estos materiales habían sido previamente estudiados por Ojeda et al. [1]. Los patrones de difracción de rayos X mostraron que los óxidos mixtos presentan estructuras tipo periclase, sin evidencias de fases cristalinas asociadas a óxidos de Pr, lo que sugiere una alta dispersión del promotor sobre la superficie del catalizador. Los análisis de reducción a temperatura programada con hidrógeno (TPR-H₂) indicaron que la incorporación de Pr modifica las propiedades reductoras del sistema, con un leve aumento en la temperatura de reducción (715–735 °C) y una disminución en la fracción de NiO reducido a medida que se incrementa el contenido de Pr. Adicionalmente, los tamaños de cristalito de Ni⁰, calculados mediante la ecuación de Scherrer, evidenciaron una reducción progresiva con el aumento del contenido de Pr, pasando de 15,0 nm (0 % Pr) a 11,2 nm (5 % Pr). Estas características indican que la adición de Pr podría influir en la actividad y mecanismo de la metanación de CO₂. Por ello, resulta relevante estudiar el comportamiento de estos catalizadores bajo las condiciones de reacción mediante espectroscopía DRIFT *in situ*, con el fin de identificar especies intermedias y contribuir a la comprensión del mecanismo de reacción.

Se utilizó espectroscopía DRIFTS *in situ* empleando un espectrómetro Shimadzu IRTracer-100 con celda Harrick Praying Mantis. Los catalizadores (<40 µm) fueron pre-reducidos a 740 °C (1 h, H₂) y diluidos en KBr. Posteriormente, se realizó una purga con N₂. Se expusieron a una mezcla patrón (9,6 % CO₂, 40 % H₂, balance He) y se registraron espectros entre 500 y 100 °C, en el rango 4000–340 cm⁻¹, con 80 escaneos y resolución de 2 cm⁻¹, simulando condiciones catalíticas. La Figura 1 presenta los espectros DRIFT *in situ* del catalizador con 3% de Pr, registrados en los rangos de 800–2000 cm⁻¹ y 2800–3200 cm⁻¹, respectivamente, con el fin de identificar productos e intermediarios formados durante la metanación de CO₂. Se observaron bandas características de CH₄, como la correspondiente al estiramiento C–H en 3016 cm⁻¹ y otra en 1304 cm⁻¹, confirmando su formación. También se identificaron señales asociadas a especies intermedias como carbonatos (monodentados, bidentados y polidentados), bicarbonatos, formiato, formilo y grupos metoxi [3]. De la serie de catalizadores, el del 3 % de Pr mostró la mayor actividad catalítica, evidenciada por la aparición de bandas de CH₄ incluso a temperaturas bajas como 100 °C. Los catalizadores con 1 % y 5 % de Pr mostraron formación de CH₄ desde 400 °C, asociada a la desaparición de bandas de carbonatos, lo que indica su conversión. En el caso del 5 % de Pr, se evidenció actividad incluso a 300 °C. En general, todos los catalizadores promovidos presentaron una disminución progresiva de carbonatos durante la reacción.

En comparación, el catalizador sin Pr mostró baja actividad catalítica, con bandas de CH₄ de baja intensidad y débil presencia de intermediarios como carbonatos. Aun así, se detectaron bandas amplias en 1383, 1454 y 1539 cm⁻¹ asociadas a carbonatos, que disminuyen al aumentar la temperatura, indicando desorción sin formación de metano. La presencia del grupo formilo (1712 cm⁻¹) y del formiato (1340 cm⁻¹) a altas temperaturas sugiere la reducción de intermediarios adsorbidos, especialmente en los catalizadores con Pr. Sin embargo, la baja intensidad de estas señales indica que podrían no ser los pasos limitantes del mecanismo, en línea con lo propuesto por otros autores (Cañón *et al*, 2024; Onrubia

et al, 2023), quienes señalan que la reducción de carbonatos adsorbidos sería el paso clave en la formación de metano.

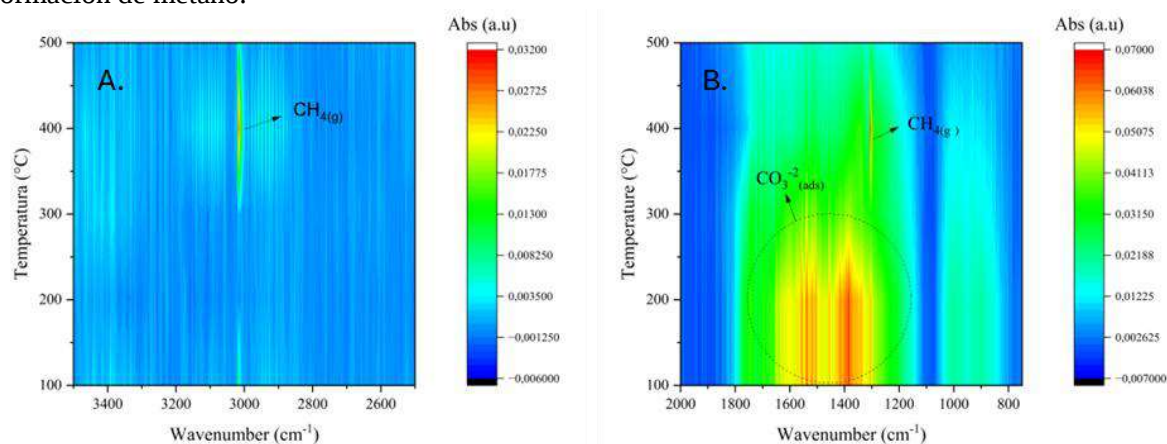


Figura 1. Espectros DRIFT *in situ* representado en diagrama de contorno del catalizador Ni-Mg-Al(O) con contenido nominal 3% de Pr A) entre 2600-3500 cm^{-1} . B) entre 800-2000 cm^{-1} mostrando la evolución de la banda de CH_4 y especies carbonato en función de la temperatura de reacción. Condiciones: mezcla CO_2 9,6%, H_2 40,0%; flujo 30 mL min^{-1} .

Referencias

- Ojeda-Niño O.H., Gracia F., and Daza C. Role of Pr on Ni-Mg-Al Mixed Oxides Synthesized by Microwave-Assisted Self-Combustion for Dry Reforming of Methane. *Ind. Eng. Chem. Res.* 2019, 58, 19, 7909–7921. DOI: 10.1021/acs.iecr.9b00557
- Rodríguez C., Moreno S., and Molina R. Operando DRIFT-MS study of oxidative steam reforming of ethanol (OSRE) on Ni-Co mixed oxides under non-equilibrium conditions. *Chem. Eng. J.* 2024, 480, 148243. DOI: 10.1016/j.cej.2023.148243
- Onrubia-Calvo J. A., López-Rodríguez S., Villar-García I.J., *et al.* Molecular elucidation of CO_2 methanation over a highly active, selective and stable $\text{LaNiO}_3/\text{CeO}_2$ -derived catalyst by in situ FTIR and NAPXPS. *Appl Catal B.* 2024, 342, 123367. DOI: 10.1016/j.apcatb.2023.123367
- Cañón-Alvarado M., Blanco C., and Daza C. Exploring dolomite as a promising support for Ni catalysts in CO_2 methanation. *J Environ Chem Eng.* 2024, 12, 2, 112224. DOI: 10.1016/j.jece.2024.112224

Autor de Presentación

Edwin A. Baquero es doctor en Química Inorgánica Molecular por la Universidad de Alcalá. Actualmente es Profesor Asociado del Departamento de Química de la Universidad Nacional de Colombia y miembro del grupo de investigación Estado Sólido y Catálisis Ambiental (ESCA). Su investigación se centra en la síntesis de complejos organometálicos y nanopartículas metálicas estabilizadas por ligandos de tipo NHC para su aplicación en catálisis homogénea y heterogénea, incluyendo procesos en medios acuosos y valorización de biomasa. Es coautor de más de 30 publicaciones científicas y ha participado en más de 40 ponencias en eventos nacionales e internacionales. Ha dirigido trabajos de grado y posgrado y ha sido evaluador de revistas indexadas.

Email: eabaquero@unal.edu.co

Estudio de la decoloración de efluentes del teñido de paja toquilla a través de foto-fenton usando catalizadores de óxido de hierro.

Abril-González Mónica¹, Verónica Pinos-Vélez^{1,2}

¹ Grupo de Ingeniería de las Reacciones Químicas, Catálisis y Tecnologías del Medio Ambiente, Departamento de Biociencias, Universidad de Cuenca, Cuenca – Ecuador.

² Departamento de Recursos Hídricos y Ciencias Ambientales, Universidad de Cuenca, Cuenca – Ecuador.

Palabras clave: Foto-Fenton, Ferritas, Catalizadores soportados, Colorantes de paja Toquilla

Resumen

La elaboración y teñido de la para toquilla es una de las actividades económicas más importantes de comunidades campesinas del sur del Ecuador. Sin embargo, los efluentes coloreados de diferentes procesos generan alteración de la calidad del agua, la reducción de la fotosíntesis, la toxicidad para los organismos acuáticos y la posible acumulación en la cadena alimentaria (Echeverría-Paredes et al., 2023). Por ese motivo, es importante proponer formas de tratamiento de este tipo de efluentes. En este trabajo se estudia el foto-Fenton como opción para la decoloración de estos colorantes empleando diferentes tipos de catalizadores y parámetros para la reacción.

Para esto, se prepararon dos tipos de catalizadores de hierro, una ferrita de zinc o franklinita (ZnFe_2O_4) con el método coprecipitación y óxido de hierro soportado en dióxido de titanio ($\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{TiO}_2$) a través del método de impregnación húmeda. Se caracterizaron los catalizadores mediante análisis de adsorción de nitrógeno en el equipo NOVA 2200e. A partir de la isoterma obtenida, se aplicó el modelo BET para determinar el área superficial específica. Para estudiar la decoloración del colorante rojo anilina usado para teñir paja toquilla, se realizó un diseño experimental estudiando el efecto de los factores catalizador (ZnFe_2O_4 , $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{TiO}_2$, TiO_2), pH (3 y 5,83) y de la radiación (254 nm UV y VIS). Para ello, se realizaron en total 16 experimentos con sus réplicas, que consistieron en cada combinación posible entre los niveles de los factores. Los experimentos se realizaron en batch, empleando 50 ppm de una solución modelo de rojo anilina, cuyo pH fue de 5,83. De acuerdo al experimento se ajustó el pH a 2 con ácido sulfúrico (Fisher Chemical, 98%) o se mantuvo el pH original. La solución se mantuvo agitada durante el experimento a 300 rpm. Se usó 0,5 ml de peróxido de hidrógeno 10 V. En los ensayos con UV se usó una lámpara a 254 nm. Para el seguimiento de la decoloración se usó un espectrofotómetro (GENESYS 180), a 556 nm.

Las isotermas obtenidas para los catalizadores se presentan en la figura 1 y corresponden al tipo IV según la clasificación de la IUPAC, lo que indica la presencia predominante de mesoporos. En el caso del catalizador ZnFe_2O_4 , se observa un volumen de adsorción significativamente mayor, junto con un bucle de histéresis tipo H3, lo que sugiere una estructura porosa compuesta por agregados de partículas con poros en forma de hendidura. Por otro lado, el material $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{TiO}_2$ también muestra un comportamiento mesoporoso, aunque con menor volumen adsorbido, lo que implica una menor área superficial y volumen de poro accesible. El área superficial específica determinada por el método BET fue de 31,184 y 3,261 m^2/g respectivamente.

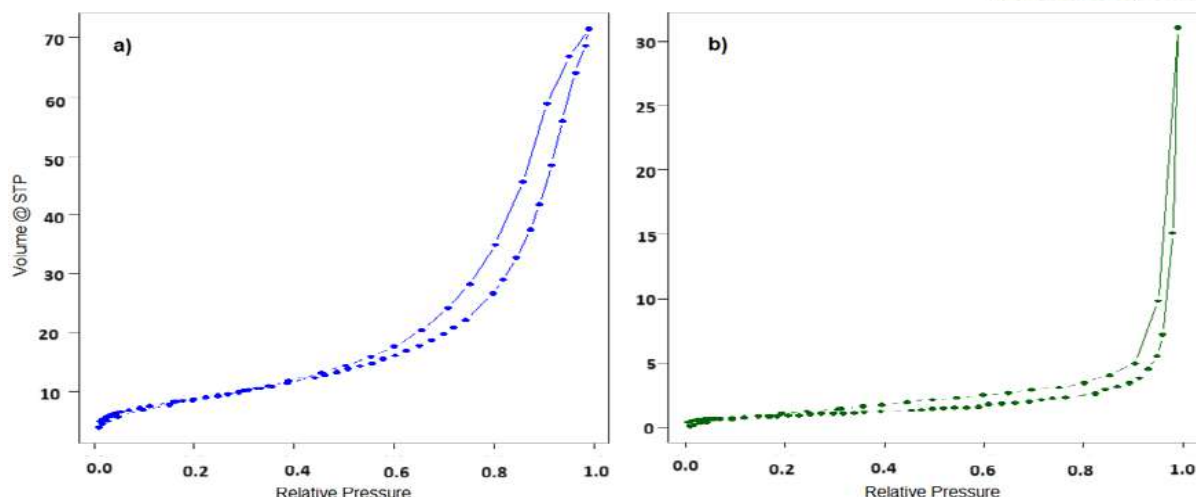


Figura 1. Isotermas de adsorción-desorción: **(a)** catalizador ZnFe₂O₄ y **(b)** Fe₂O₃/TiO₂.

Los resultados de la decoloración variaron de 0 % en el blanco sin luz UV y del 93 % usando el catalizador de Fe₂O₃/TiO₂ con luz UV. Los principales resultados se pueden ver en la tabla 1. De acuerdo con los resultados de ANOVA, no se encontraron diferencias por pH, pero si por catalizador y por tipo de radiación y su respectiva interacción. Siendo el mejor catalizador Fe₂O₃/TiO₂ y radiación UV.

Tabla 1. Diseño experimental de la decoloración del rojo paja, Luz UV y pH natural del colorante.

Ensayo	Catalizador	% Remoción
0	0	40
1	ZnFe ₂ O ₄	82
2	TiO ₂	51
3	Fe ₂ O ₃ /TiO ₂	93

Se evidencia que la remoción se da en dos vías, la primera la obtención de radicales OH directamente desde el peróxido y la radiación UV y otra a través de un proceso fenton heterogéneo.

Referencias

- Echeverría-Paredes P., Orellana-Iñiguez J., Tonon, M. D., & Pinos-Velez V. Tratamiento de efluentes coloreados provenientes del teñido de Paja Toquilla mediante un proceso Fenton optimizado: Fenton para aguas coloreadas. Ciencia en Desarrollo, 2023, 14(1), Article 1. <https://doi.org/10.19053/01217488.v14.n1.2023.14579>

Autor de Presentación

Universidad de Cuenca desde 2009. Docente Investigadora. Líneas de investigación son la catálisis y los procesos de oxidación avanzada y procesos de valorización de la Biomasa. Es coautor de más de 30 publicaciones. Ha recibido la mención *cum laude* en su doctorado.

Email: veronica.pinos@ucuenca.edu.ec

Innovación en la conversión de semillas de vitabosa (*Mucuna deerigiana*) en un recubrimiento biodegradable para la industria de empaques de alimentos

Karen Romero¹, Sandra Chaparro¹, José Martínez¹, Hugo Rojas¹

¹ Grupo de Catálisis de la UPTC, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja – Colombia.

Palabras clave: Caracterización estructural; *Mucuna*; matrices biodegradables; propiedades mecánicas y térmicas.

Resumen

La implementación de la normativa que restringe el uso de plásticos desechables en Colombia es una medida que busca incentivar la innovación y desarrollo de alternativas sostenibles. Según la Ley 2232 de 2022, los productos prohibidos deben ser reemplazados por materiales biodegradables, reciclados o reutilizables. La Vitabosa (*Mucuna Deeringiana*) es conocida por su alto contenido proteico y propiedades funcionales medicinales y fitosanitarias. Esta leguminosa constituye un objeto de estudio en el ámbito de la alimentación animal y la producción de biopolímeros, debido a sus características para la protección y recuperación de suelos. En este contexto, la presente investigación explora el potencial de la proteína aislada de la semilla de Vitabosa (*Mucuna Deeringiana*) para la elaboración de recubrimientos biodegradables, con el fin de contribuir al desarrollo de materiales sostenibles que satisfagan la creciente demanda de soluciones ecológicas en diversas industrias, especialmente en el ámbito de los empaques. La composición proximal de la semilla reveló un contenido de humedad de 10,8 %, cenizas 6,78 %, grasa cruda 2,76 %, proteína cruda 23,3 %, fibra cruda 7,78 % y carbohidratos por diferencia de 47,1 %. La extracción proteica se realizó mediante el análisis de solubilidad y punto isoeléctrico, considerando los puntos de mayor y menor solubilidad de estas proteínas (pH 10 y 4, respectivamente), con una recuperación proteica del 29,9 % y una mayor proporción de albúminas con el 12,3 mg/mL, en función a su solubilidad bajo distintos solventes, utilizando el método de Osborne. En la obtención del recubrimiento biodegradable (Figura 1) se variaron parámetros críticos como concentración de proteína, pH del aislado y temperatura de secado, generando dos formulaciones favorables AP 25% 10 y AP 30 % 11. El análisis FTIR de ambas muestras exhiben bandas características de grupos funcionales proteicos. Las propiedades de barrera evaluadas incluyeron humedad (65,5 %), materia soluble (88,2 %), absorción de agua (22,7 %) y retención de agua (6,62 %). Las propiedades mecánicas abarcaron resistencia a la tracción (2,14 MPa), máxima elongación (16,8 %) y módulo de Young (12,7 MPa) y la propiedad térmica donde se determinó la estabilidad y los patrones de descomposición de las muestras mediante la monitorización de la pérdida de masa (28 %) en función de la temperatura.



Figura 1. Recubrimiento biodegradable obtenido como una lámina delgada.

Los hallazgos de este estudio han demostrado la viabilidad del uso del aislado de proteína de semilla de vitabosa (*Mucuna deeringiana*), principalmente en la formulación de recubrimientos biodegradables. Los resultados evidencian que un diseño de recubrimiento biodegradables con igual proporción (50 % p) entre la concentración de aislado proteico utilizado y plastificante (glicerol) fue favorecedor porque mejora la resistencia mecánica sin sacrificar la flexibilidad. Por otro lado, el termograma obtenido indicó

un índice de descomposición del 0,28 sugiriendo estabilidad térmica, debido a que la temperatura para iniciar su descomposición (146,6 °C) y degradación (278,3 °C) es alta. Finalmente se puede concluir que el recubrimiento biodegradable tiene alta capacidad de biodegradación (al tener un porcentaje alto de materia soluble), pero también, con base a los resultados una menor interacción con el agua (porcentaje de absorción y retención de agua) ya que estas propiedades influyen en su desempeño como barrera frente a la humedad.

Referencias

- Rojas Barahona Á. F. y Aristizábal Torres I. D. Efecto del contenido de humedad sobre algunas propiedades mecánicas de la semilla de vitabosa (*Mucuna deeringiana*). *Revista Facultad Nacional de Agronomía - Medellín*, 2012, 65, 1, 6553-6566.
- Alaye S. A., Layade K. T., Omole E. B., *et al.* Effects of different processing methods on proximate composition of *Mucuna Pruriens*. *IJPSAT*, 2020, 20, 2, 229-233. DOI: 10.52155
- Zhou R., Zhao Y., Shi L., *et al.* Effect of 7S/11S ratio on the physicochemical properties of soy protein isolate-linoleic acid films, *LWT-Food Sci*, 2025, 221, 117610. DOI: 10.1016/j.lwt.2025.117610

Autor de Presentación

Karen Dayana Romero López es estudiante de Química de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (UPTC). Desde julio de 2022, forma parte del grupo de investigación Catálisis (GC-UPTC). Su investigación se centra en la revalorización de subproductos agroindustriales, con el objetivo de desarrollar un recubrimiento biodegradable con aplicabilidad en la industria de empaques de alimentos. Su interés por la investigación y el desarrollo sostenible la ha llevado a participar activamente en proyectos que buscan transformar residuos en recursos valiosos, contribuyendo así al avance de la ciencia y la tecnología en el sector alimentario.

Email: karen.romero04@uptc.edu.co

Recuperación de licores metálicos a partir de baterías de ion-litio desgastadas para la síntesis de catalizadores multicomponente: evaluación técnica, económica y ambiental

Santiago Bedoya Betancur^{1,2}, Erasmo Arriola-Villaseñor^{1,2}, Alba N. Ardila A.^{1*}, Luz Marina Ocampo-Carmona²

¹ Grupo de Investigación en Catálisis Ambiental y Energías Renovables (CAMER), Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid, Medellín-Colombia.

² Ciencia y Tecnologías de Materiales (CTM), Universidad Nacional, Facultad de Minas, Medellín-Colombia

Palabras clave: *Sonicación, Baterías Ion-litio, Lixiviación, Catalizadores soportados a base de cobalto.*

Resumen

Este estudio tiene como objetivo comparar diferentes combinaciones de agentes lixiviantes, evaluando su rendimiento técnico, económico y ambiental en la obtención de licores multimetálicos a partir de BILs gastadas. Asimismo, se analiza la idoneidad de dichos licores como precursores metálicos para la síntesis de catalizadores soportados, considerando sus propiedades fisicoquímicas y su impacto potencial en la eficiencia catalítica del material final.

Se recolectaron baterías de ion-litio desgastadas (BILs), las cuales fueron sometidas a un proceso controlado de desmantelamiento para la separación de sus componentes. Se determinó que aproximadamente el 20 % de la masa corresponde al ánodo, del cual entre el 40 y 60 % es grafito reutilizable. Asimismo, el 31 % de la masa total corresponde al material catódico, y de esta fracción, entre el 80 y 95 % se recupera como polvo negro, que contiene principalmente metales como Li, Co y Mn.

El polvo negro recuperado fue sometido a procesos de lixiviación hidrometalúrgica utilizando dos tipos de ácidos (cítrico y sulfúrico) con y sin la presencia de peróxido de hidrógeno (H_2O_2) como agente oxidante. Se evaluaron cuatro condiciones experimentales: M1: Ácido cítrico sin peróxido, M2: Ácido cítrico con peróxido, M3: Ácido sulfúrico sin peróxido, M4: Ácido sulfúrico con peróxido. Los ensayos se realizaron a 65 °C durante 4 horas, con una relación sólido-líquido de 10 g/L. Los resultados mostraron que las condiciones con peróxido de hidrógeno (M2 y M4) presentaron mayores eficiencias de lixiviación en comparación con los métodos sin oxidante (M1 y M3). En particular, el tratamiento con ácido sulfúrico y H_2O_2 (M4) alcanzó eficiencias superiores al 90 % para Li, Co y Mn. La condición M2, con ácido cítrico y H_2O_2 , también mostró buenos rendimientos, aunque ligeramente inferiores, especialmente para Co y Mn.

Se calculó el costo estimado del procesamiento por gramo de material catódico en las condiciones M2 y M4, que fueron las más prometedoras en términos de eficiencia. Se encontró que el tratamiento con ácido cítrico y H_2O_2 (M2) tiene un costo de \$10.462 COP/g de cátodo, mientras que el tratamiento con ácido sulfúrico y H_2O_2 (M4) es más económico, con un costo de \$5.492 COP/g de cátodo.

Más allá del rendimiento económico y de lixiviación, se consideró la idoneidad de los licores generados como precursores para la síntesis de catalizadores. Los licores basados en citratos mostraron ventajas técnicas significativas, entre las cuales se resalta que requieren temperaturas de calcinación más bajas (≤ 500 °C) para la descomposición de los precursores, lo que permite una mayor dispersión de la fase activa y una menor sinterización de los metales durante la síntesis del catalizador. En contraste, los licores de sulfatos requieren calcinaciones a temperaturas elevadas (≥ 800 °C), lo cual puede promover la sinterización, reduciendo la actividad catalítica.

Desde la perspectiva ambiental, los licores generados con ácido cítrico presentan una mayor huella de carbono, debido a su origen orgánico y procesos de síntesis, mientras que los licores derivados del ácido

sulfúrico presentan una menor huella ambiental. Sin embargo, se considera que los beneficios técnicos de los licores de citrato podrían compensar este impacto si se aplican estrategias de mitigación adecuadas.

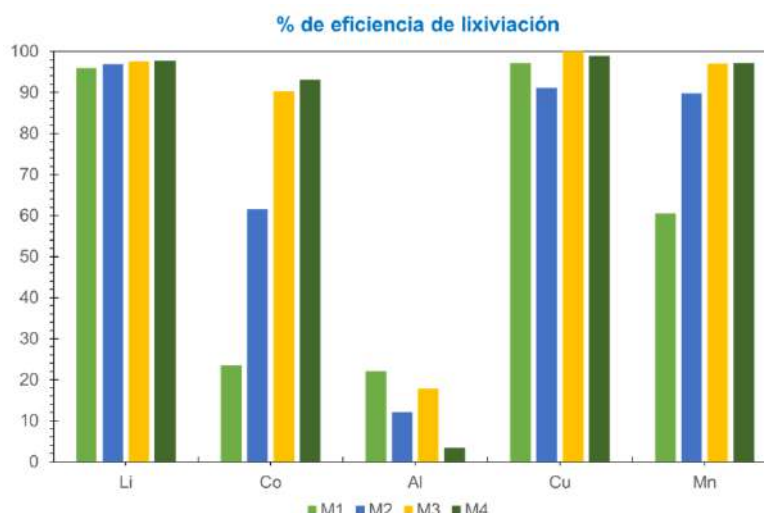


Figura 1. M1: Ácido cítrico sin H₂O₂; M2: Ácido cítrico con H₂O₂; M3: Ácido sulfúrico sin H₂O₂; M4: Ácido sulfúrico con H₂O₂

Referencias

- Arriola-villaseñor E. Ardila-Arias A.N., Bedoya S., *et al.*, Graphene Recovery in Both Dispersed and Decanted Fractions from Lithium-Ion Battery Graphite via Sonication. *Recycling*, 2025, 10 (119), 1–33, DOI: <https://doi.org/10.3390/recycling10030119>
- Khan M.I., Shixing W., Ullah E., *et al.* Enhanced metal recovery using ultrasound assisted leaching (UAL). An overview. *J. Mol. Liq.* 2024, 410, 125545. DOI: 10.1016/j.molliq.2024.125545
- Zhao Y., Yuan X., Jiang L., *et al.* Reutilization of cathode material from spent batteries as a heterogeneous catalyst to remove antibiotics in wastewater via peroxymonosulfate activation. *Chem. Eng. J.* 2020, 400, 125903. DOI: 10.1016/j.cej.2020.125903.

Autor de Presentación

Santiago Bedoya Betancur es candidato a Doctorado en Ingeniería – Ciencia y Tecnología de Materiales por la Universidad Nacional de Colombia sede Medellín. Desde enero de 2020, pertenece al Grupo de Investigación en Catálisis Ambiental y Energías Renovables (CAMER). Sus investigaciones se han centrado en la simulación de procesos químicos, obtención de productos de alto valor agregado a partir de residuos agroindustriales y la descontaminación de aguas residuales reales de distintos campos industriales mediante el uso de bioadsorbentes. Es autor de 5 publicaciones y coautor de 2 artículos. Ha sido colaborador docente en el Politécnico Colombiano Jaime Izasa Cadavid.

Email: santiago_bedoya27081@elpoli.edu.co , sabedoyab@unal.edu.co

Índice de Autores

Abdraman, H.M. 119
 Abril-González, M. 188,229
 Acevedo-Córdoba, L.F. 24
 Agámez-Pertuz, Y. 44,162,192,200,214
 Alarcón, E.A. 28,38,42,97
 Albiter, A. 74
 Alejandro-Martín, S. 54,78,128,184
 Alonso D., M.M. 28
 Alonso, T. 33
 Alvarez-Romero, C. 196
 Amaya-Bustos, S.L. 97,221
 Amaya, J. 58,70,138,202
 Andrade M., J. 22
 Anzola, J.P. 103
 Arboleda, J. 180,208
 Arciniegas, C. 122
 Ardila A., A.N. 80,150,210,233
 Arrieta-Pérez, R.R. 83,204
 Arriola-Villaseñor, E. 80, 233
 Ávila-Rincón, J. 64
 Azócar U., L. 128
 Bai, G. 119
 Baldovino-Medrano, V.G. 24,40,52,68,82,89,111,136,160
 Ballesteros-Rueda, L.M. 52,68
 Bao, X. 119
 Baquero, E. A. 196,227
 Barbosa, A.L. 66
 Barragan, M. 40
 Barrera A., J.M. 74
 Batiot-Dupeyrat, C. 72
 Becerra C., D. 179,217
 Bedoya B., S. 80,233
 Blanco, C. 36,48
 Blanco, S. 33,216
 Bonne, D. 119
 Boulahbal, A.I. 15
 Brijaldo, M.H. 152, 170
 Buitrago-Sierra, R. 91
 Caballero, A.F. 208
 Cabrera M., P.C. 122,174,223
 Cadena, A. 64,93
 Caicedo, G. 170
 Calderón-Cárdenas, A. 34,124,134,140,168
 Canal, V.A. 130
 Cardona F., S.S. 70
 Cardona, Y. 15
 Carriazo, J.G. 87,158,190
 Carrillo, M.F. 42

Castañeda, C. 140
 Castaño, L. 186
 Castellanos, N.J. 60,190
 Castellar, G. 192,200
 Castillo M., J. 178,217
 Castillo, C. 152
 Castillo, J.C. 119
 Cervantes O., A.M. 166
 Céspedes, N. 200
 Chaparro, S. 164,231
 Chentouf, S. 119
 Cifuentes, B. 107,113
 Cobo, M. 76,83,107,113,204
 Colina-Márquez, J.A. 101
 Concepción, P. 68
 Contreras, D. 50
 Córdoba C., D.F. 223
 Cortés-Ortiz, W.G. 99
 Cubillos L., J.A. 126
 Cueto, J. 28,38
 Daza, C. 36,48,227
 Del Ángel M., G.A. 212
 Delvasto, P. 33,216
 Díaz-Cubillos, S. 93
 Domain, A. 119
 Echavarría, A. 180,208
 Escobar R., P. 117
 Escobar, G. 85
 Especel, C. 122,174,223
 Farrauto, R. 83
 Fernández-Andrade, K.J. 54,78
 Figueredo, M. 83,204
 Figueroa, D.F. 140
 Florez, E. 56
 Foronda M., M. 176
 Galeano, L.A. 19,50,122,130,132,174,223
 Galindo, A.V. 210
 Galindo, J.F. 115
 Gallego-Villada, L.A. 28,38,97
 Gallego, M. 180
 Garcia-Mora, A.M. 50,130
 García-Navas, J.F. 136
 García-Sánchez, J. 40,68
 Garzón-Cucaita, V. 87,158
 Garzón, S. 162
 Gil, A. 10,15,30
 Giorgi, M. 119
 Giraldo S., J.J. 172
 Godoy, C.A. 182
 Gómez B., A.M. 144

Gómez, A. 221
 Gómez, D. 68
 Gonzalez, D. 206
 Gonzalez, J. 107
 Guerrero-Fajardo, C.A. 99
 Gutiérrez-Cerecedo., L.E. 74
 Gutierrez, J. 206, 225
 Hernández F., B. 74
 Hernández L., M.S. 109
 Herrera, A. 138
 Hincapié-Triviño, G. 64,72,93,103,115
 Huttel, Y. 58
 Humbel, S. 119
 Hurtado R., D. 217
 Jimenez-Orozco, C. 56
 Jiménez, A. 15
 Karelovic, A. 68
 Korili, S. A. 15, 30
 Lafaye, G. 122,174,223
 Laverde, J. 91
 Laverde H., M. 109
 León M., L.C. 190
 Leon, M. 48
 Lerma, L. D. 182
 Llamosa, D. 58,70,138,202
 López D., E. 66
 López, D. 85,91,172,186
 Macedo B., H. 144
 Machuca-Martínez, F. 101
 Macías L., M. 217
 Madeira, L. M. 11,17,22
 Mancipe E., S. 126,148
 Manco, D. 222
 Manrique, C. 180,208,221
 Manrique, J.M. 83
 Márquez, J. D. 40
 Martínez H. 26
 Martinez O., F. 26, 60, 156
 Martínez, J.J. 152,164,170,231
 Martínez, L. 58
 Mateus-Calderón, K.V. 166
 Maugé, F. 12
 Mediavilla, M. 28
 Medina-Jofre, F. 78
 Medina L. 138
 Mejía S., C. 85,91
 Melin, V. 50
 Mendoza-Acuña, V. 136
 Miranda, C.D. 46,62,117
 Mojica, L.A. 36

Molina, R. 95,105
 Monroy, A.F. 170
 Monsalve-Ruiz, O. 142
 Morales-Valencia, E. M. 24,82,89,166
 Moreno C., J.A. 126
 Moreno, J.A. 132,142,176,198
 Moreno, L. 162,192,200,214
 Moreno, S. 95,105
 Moreno, Steven 154
 Morillo, C.A. 198
 Mosquera, C. 38
 Mueses, M.Á. 101,117
 Mujica M., C.A. 34,140
 Muñoz A., J.C. 176
 Muñoz, H.J. 15,30
 Muñoz, K.M. 225
 Murcia, J. 155
 Naranjo, D. 182
 Naubron, J. V. 119
 Navarro, K. E. 76
 Ocampo-Carmona, L.M. 80,233
 Ochoa, C. 64
 Ordoñez, A.M. 182
 Ortiz T., J.P. 148
 Ortiz, K. 184
 Ortiz, S. 156
 Páez, E.A. 26
 Pájaro, E. 26
 Palacio, R. 85,91,172
 Pardo C., O.H. 144,156
 Pardo-Tamayo, J.S. 182
 Paredes-Quevedo, L.C. 72
 Paredes-Salazar, E.A. 34,124,134,140,168
 Parra V, C.A. 58
 Patiño-Reyes, A.A. 124
 Peixoto, A.F. 154
 Pera-Titus, M. 13
 Peralta, Y.M. 95
 Perea, L.A. 194
 Perez E., J. 172
 Pérez-Flórez, A. 138,202
 Pérez-Martínez, D. 24
 Pimentel M., E. 212
 Pinos-Vélez, V. 188,229
 Pinzón, J. 160
 Puentes N., B. 128
 Puerto V., J.A. 126
 Pulido, D.F. 170
 Quevedo H., J.P. 115
 Quevedo, J. 46

Quiroga, E. 107,113
Ramirez-Riaño, M.A. 72
Ramírez, A.E. 46,117
Ramírez, J. 162
Ramírez, P. 152
Ramos R., E. 212
Rangel V., I. 212
Rengifo, C. 83,204
Rincón O., S.A. 111
Rincón, R.J. 58
Ríos, C. 70
Rodrigues, A.E. 22
Rodríguez, C. 105
Rodríguez Q., J.A. 76
Rodríguez-Díaz, J.M. 78
Rodríguez, D.R. 198
Rodríguez, J. 119
Rodríguez, J. 176
Rodríguez, L. 214
Rodríguez, S. 105
Rodríguez-Varela, L. 44,214
Rodríguez, Y. 164
Rojas R., K. 178
Rojas, D.A. 42
Rojas, H. 146,148,152,164,170,178,217,231
Romanelli, G. 170
Romero-Unda, C. 184
Romero, E. 44,192,200,214
Romero, K. 231
Salazar, I.C. 62
Salcedo-Cuaran, C.D. 182
Sanabria, L.C. 42
Sánchez, N.E. 76
Sánchez, S. 219
Sandoval-Montoya, G. 91
Santamaría, A. 178
Santamaria, L. 15
Sarmiento, S. 160
Sathicq, G. 170
Saavedra G., I.M. 58
Schnee, J. 68
Serna G., E. 210
Serrano, D.P. 28,38
Sosa, E. 146
Soto-Cañón, A. 83,204
Suárez-Heredia, A. Y. 158
Suárez-Suárez, K.R. 99
Suárez, M.N. 142,198
Tabla-Torres, S.D. 134
Tapia, J. 176,186

Tello, I. 50
Toloza, J. 64
Torres-Luna, J.A. 138,158,202
Torrez, J. 15
Tovar, S. 202
Trujillano, R. 15
Uran, L.C. 180,208
Uran, L. 221
Valderrama Z., R. 40,42,52
Valdivieso Z., L.M. 60,156
Valencia G., J.D. 150
Valencia, J. 192,200
Valencia, L.F. 93
Valenzuela Z., M.A. 74
Vallejo, C.A. 132
Vanoy, N. 138
Varela, C. 214
Varela, H. 14,34,134
Velasco-Rozo, E. 89,166
Velásquez, M. 72,93,103
Vele, A. 188
Vicente, M.Á. 15
Villa, A.L. 42,97,194
Villalba, S. 107
Vivallo V., R. 54
Yara, S. 113
Zambrano, M.A. 168
Zepeda P., T.A. 80

**XIV SIMPOSIO
COLOMBIANO
DE CATÁLISIS**



Pasto 2025
Hacia un futuro
sostenible



**BASES DEL CONCURSO
PARA LA SELECCIÓN DE
LOS MEJORES TRABAJOS
DERIVADOS DE
DOCUMENTO FINAL DE
MAESTRÍA Y DE TESIS DE
DOCTORADO EN
CATÁLISIS (2025) E
INFORME DE RESULTADOS**

Bases del Concurso

Selección de los mejores trabajos derivados de documento final de maestría y de tesis de doctorado en catálisis (2025)

XIV Simposio Colombiano de Catálisis (XIV SiCCat)

1. Se entregarán **3 distinciones**: mejor trabajo derivado de maestría (Colombia), mejor trabajo derivado de doctorado (Colombia), y mejor trabajo derivado de doctorado (extranjero).
2. Los acreedores de estos premios deben ser ciudadanos colombianos. (*adjuntar copia del documento de identidad, que lo acredite*).
3. Los trabajos deben haber sido sustentados y aprobados entre el 14 de octubre de 2023 y el 30 de junio de 2025 (*adjuntar acta de sustentación, certificado, o documento equivalente como soporte*).
4. El trabajo de maestría o doctorado debe haber finalizado exitosamente en Universidad Colombiana o extranjera debidamente acreditada, y debe haber versado en algún área de la catálisis.
5. La selección del ganador(a) del premio en cada una de las modalidades estará a cargo del **Comité Científico del XIV Simposio Colombiano de Catálisis (XIV-SiCCat)** con base exclusivamente en la valoración objetiva del mérito científico sobre los resúmenes sometidos, el cual informará mediante acta a la Junta Directiva de la Sociedad Colombiana de Catálisis.
6. Los ganadores(as) de las distinciones tendrán derecho a: (1) Descuento del 100 % en los costos de inscripción a la Escuela y el Simposio; (2) Derecho a presentar una conferencia keynote u oral en el XIV-SiCCat, previa confirmación dentro del plazo que le conceda la organización del evento; (3) reconocimiento público de la distinción durante la celebración del XIV-SiCCat en la ciudad de Pasto. (4) Membresía en la **Sociedad Colombiana de Catálisis** por 2 años a partir del 10 de octubre de 2025 o hasta la fecha de finalización del **XV SiCCat**.
7. El ganador(a) del mejor trabajo derivado de tesis de doctorado se informará a la Organización del XXX Congreso Iberoamericano de Catálisis (CICAT) – Chile 2026, evento en el cual contará con la posibilidad de participar como ponente oral o keynote.

Junta Directiva de la Sociedad Colombiana de Catálisis,

28 de mayo de 2025

28 de julio de 2025

Asunto: Informe de resultados – Concurso de mejores trabajos derivados de documento final de maestría y de tesis de doctorado en catálisis (2025), postulados en el XIV Simposio Colombiano de Catálisis (XIV SiCCat).

De conformidad con lo establecido en las **Bases del Concurso para la selección de los mejores trabajos derivados de documento final de maestría y de tesis de doctorado en catálisis (2025)**, el Comité Científico del XIV Simposio Colombiano de Catálisis – SiCCat 2025 evaluó los trabajos postulados en las tres modalidades definidas:

1. Mejor trabajo derivado de tesis de maestría (Colombia).
2. Mejor trabajo derivado de tesis de doctorado (Colombia).
3. Mejor trabajo derivado de tesis de doctorado (extranjero).

Criterios de evaluación

Cada trabajo fue asignado a tres evaluadores independientes, integrantes del Comité Científico, evitando conflictos de interés. El puntaje final asignado correspondió al promedio simple de las calificaciones otorgadas por los evaluadores, de acuerdo con los siguientes criterios:

No.	Criterio de evaluación	Puntaje Máximo
1	Calidad científica	40 puntos
2	Impacto y novedad	40 puntos
3	Redacción y presentación del resumen	20 puntos
Total		100 puntos

Finalizado el proceso, el acta de resultados del Comité Científico arrojó los siguientes ganadores:

Modalidad 1: Mejor trabajo derivado de tesis de maestría (Colombia)

No.	Título del trabajo	Autora	Institución	Puntaje Final
1	Exploración de alternativas catalíticas para reacciones de valorización de hidrocarburos con catalizadores de NiMo/zeolita-boehmita.	Luisa Acevedo Córdoba	Universidad Industrial de Santander	91,5

Modalidad 2: Mejor trabajo derivado de tesis de doctorado (Colombia)

No.	Título del trabajo	Autor	Institución	Puntaje Final
1	Isomerización de epóxido de α -pineno sobre un catalizador dendrítico del tipo ZSM-5.	Luis Gallego Villada	Universidad de Antioquia	91,0

Modalidad 3: Mejor trabajo derivado de tesis de doctorado (extranjero)

No.	Título del trabajo	Autor	Institución	Puntaje Final
1	Síntesis y aplicación de perovskitas de aluminato de lantano obtenidas a partir de escorias salinas de aluminio como catalizadores para el reformado seco de metano y otros usos ambientales.	Helir Joseph Muñoz Alvear	Universidad Pública de Navarra	90,0

Agradecemos a todos los participantes por su valiosa contribución científica y a la Sociedad Colombiana de Catálisis por su apoyo constante en la promoción de la excelencia en la disciplina.

COMITÉ CIENTÍFICO

XIV Simposio Colombiano de Catálisis



CONCURSO AL MEJOR PÓSTER EN EL MARCO DEL XIV SIMPOSIO COLOMBIANO DE CATÁLISIS (XIV SICCAT)

10 de octubre de 2025

Asunto: Informe de resultados – Concurso a mejor póster en el marco del XIV Simposio Colombiano de Catálisis (XIV SiCCat).

Siendo las 9:10 a.m. del día 10 de octubre de 2025, se procedió a la verificación de los resultados del **Concurso al Mejor Póster en el marco del XIV Simposio Colombiano de Catálisis (XIV SiCCat)**. De acuerdo con las bases del concurso, los pósteres presentados el 9 de octubre de 2025 fueron evaluados en el momento por los jurados designados. A partir de dichas calificaciones y conforme a los criterios establecidos, el Comité Científico del XIV Simposio Colombiano de Catálisis – SiCCat 2025 realizó la verificación final de los resultados.

Criterios de evaluación

Cada trabajo fue asignado a evaluadores independientes, integrantes del Comité Científico, evitando conflictos de interés. El puntaje final asignado correspondió al promedio simple de las calificaciones otorgadas por los evaluadores, de acuerdo con los siguientes criterios:

No.	Criterio de evaluación	Puntaje Máximo
1	Organización y estructura del contenido	5 puntos
2	Diseño visual y estética	5 puntos
3	Comunicación y defensa oral	5 puntos
Total		15 puntos

Finalizado el proceso, el acta de resultados del Comité Científico arrojó los siguientes resultados con un triple empate a la mejor calificación de la siguiente manera:

No.	Autor	Puntaje Póster	Institución	Puntaje Resumen	Puntaje final
08	Julieth García Sánchez	15	Universidad Industrial de Santander (Colombia).	14	14,5
41	Laura Camila León Manrique	15	Universidad Nacional sede Bogotá (Colombia).	13	14,0
36	Ana María Ordóñez	15	Universidad del Valle (Colombia).	13	14,0

Considerando los criterios establecidos para la evaluación y, en caso de ser necesario, el desempate, se determina que el siguiente trabajo resulta ganador de acuerdo con el puntaje final obtenido como promedio de la evaluación del póster y del resumen.

Mejor Póster en el marco del XIV Simposio Colombiano de Catálisis (XIV SiCCat).

No.	Título del trabajo	Autora	Institución	Puntaje Final
08	Análisis del efecto del orden de impregnación de Ni y TiO ₂ en las propiedades fisicoquímicas y catalíticas de un catalizador soportado en alúmina para la reacción de metanación de CO ₂ .	Julieth García Sánchez.	Universidad Industrial de Santander	14,5

Agradecemos a todos los participantes por su valiosa contribución científica y a la Sociedad Colombiana de Catálisis por su apoyo constante en la promoción de la excelencia en la disciplina.

COMITÉ ORGANIZADOR

XIV Simposio Colombiano de Catálisis

**XIV SIMPOSIO
COLOMBIANO
DE CATÁLISIS**



Pasto 2025
Hacia un futuro
sostenible



REGISTRO FOTOGRAFICO

Foto grupal de los asistentes a la Escuela Colombiana de Catálisis 2025



Foto grupal de los asistentes al XIV Simposio Colombiano de Catálisis (XIV-SiCCat)



XIV SIMPOSIO COLOMBIANO DE CATÁLISIS



Pasto 2025
Hacia un futuro
sostenible



Sociedad Colombiana de Catálisis



Universidad de Nariño
FUNDADA EN 1904



Universidad de Nariño
ACREDITADA EN ALTA CALIDAD
RESOLUCIÓN MEN 000022 - ENERO 11 DE 2023



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA