



**IV SIMPOSIO 2024**  
**Internacional**

**CATER**

CATÁLISIS AMBIENTAL Y ENERGÍAS RENOVABLES

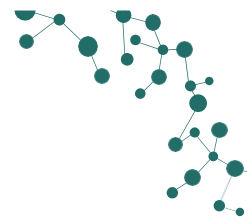
*“Oportunidades y retos en la valorización de residuos para la obtención de materiales y la generación de energías renovables bajo el concepto de economía circular”*

Octubre 28 de octubre al 1 de noviembre de 2024

**Modalidad Dual (Virtual y Presencial)**

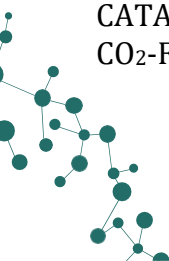
**Alba Nelly Ardila Arias, Leidy Hoyos Giraldo y  
Luz Marina Ocampo Carmona**  
Compiladores





## Índice

Prólogo .....	1
PRESENTACIÓN .....	2
OBJETIVOS.....	3
ORGANIZADOR.....	4
CO-ORGANIZADORES .....	4
COMITÉ ORGANIZADOR.....	5
.....	5
Agradecimientos.....	8
Programa Resumido.....	9
PRESENTACIONES MODALIDAD VIRTUAL.....	22
PRESENTACIONES MODALIDAD PRESENCIAL.....	31
CURSOS VIRTUALES.....	36
CONFERENCISTAS INVITADOS.....	37
.....	41
.....	42
TRABAJOS ÁREA TEMÁTICA CATÁLISIS AMBIENTAL, CATA.....	42
CATA-OCP-01: La fotooxidación selectiva de $\alpha$ - y $\beta$ -Pino mediante un complejo de dioxo- Mo incorporado en la MOF UiO-67: modificando la relación molar Zr/Ti.....	42
CATA-OCP-02: Modelación de una superficie de CuO para la activación de piruvaldehído .....	44
CATA-OCV-03: Desarrollo de materiales mesoporosos ácidos: influencia de los métodos de síntesis.....	45
CATA-OEP-04: Aprovechamiento de lodos del proceso de potabilización de agua como catalizadores en la isomerización de $\alpha$ -pino .....	47
CATA-OEV-05: Efecto de catalizadores bifuncionales de Pd/ZrO <sub>2</sub> -TiO <sub>2</sub> en la aminación directa de furfural con anilina.....	49
CATA-OCV-06: Obtención de catalizadores funcionalizados con Na y K a partir de residuos urbanos .....	51
CATA-OEV-07: Hidrodesoxigenación del anisol para formar productos de valor agregado: orto-, meta-, para-cresol .....	53
CATA-OEV-08: Desarrollo de Catalizadores Heteropoliácidos tipo Keggin para la Oxidación Selectiva de HMF hacia DFF .....	55
CATA-OEV-09: Evaluación de las capacidades fotocatalíticas de polvos de TiO <sub>2</sub> dopados a distintos porcentajes de Fe provenientes de lixiviación ácida de arenas negras de ilmenita mediante la oxidación del naranja de metilo.....	57
CATA-OEV-10: Efecto catalítico de Níquel soportado en carbo-alúmina derivada de MIL-53(Al) en la selectividad a BTX mediante co-hidropirólisis.....	60
CATA-OEV-12: Producing bio-based aromatic amines from reductive amination of furfural over Pd/ZrO <sub>2</sub> -TiO <sub>2</sub> catalyst. ....	62
CATA-OCV-13: Catalizadores de Co-ZrO <sub>2</sub> obtenidos mediante Deposición de Capa Atómica y su aplicación en la oxidación de CO .....	64
CATA-OEV-14: Aminación reductiva de furfural por estrategia TANDEM y simulación en Aspen Plus.....	66
CATA-OEP-15: Óxidos mixtos de Mg/Al y Cu-Mg/Al como catalizadores para la obtención de 1-butanol a partir de etanol.....	68
CATA-OCP-16: Síntesis y Caracterización de un Caolín Modificado con Si para la Hidrogenación catalítica de CO <sub>2</sub> -FTS a Combustibles Líquidos.....	70



CATA-OEV-17: Estudio de la cinética de formación de compuestos plataforma durante la Hidropirólisis Catalítica de Roble chileno ( <i>Nothofagus obliqua</i> ) .....	72
CATA-OCV-18: Síntesis biocatalítica de un sustituto de la grasa de la leche materna mediante el uso de dos subproductos industriales como sustratos. ....	74
CATA-OCP-19: Efecto de la porosidad de materiales compuestos de TiO <sub>2</sub> /AC en la Degradación foto catalítica de acetaminofén. ....	77
CATA-OCP-21: Oxidación selectiva de monoterpenos con luz UV-Vis y O <sub>2</sub> mediante la implementación de una red organometálica de (Zr/Ti) funcionalizada con un complejo de dioxo-molibdeno .....	79
CATA-OCV-22: Fotocatalizadores novedosos de Ni/MCM-41 y Ni/HMS preparados por el método de CVD. ....	81
CATA-OEV-24: Influencia del solvente y del agente precipitante en la síntesis de partículas de óxidos de manganeso aplicadas a la oxidación de hollín .....	83
CATA-OCV-25: Síntesis de sílices mesoporosas bifuncionales para la obtención de ésteres valéricos a partir de $\gamma$ -valerolactona.....	85
CATA-OEP-26: Producción de H <sub>2</sub> a partir de metano y biogás mediante tecnologías de <i>Chemical Looping Reforming</i> . ....	87
CATA-OEV-27: Co-Ce impregnado en arcilla para la combustión de hollín: del catalizador en polvo al sistema estructurado impreso en 3D. ....	89
CATA-OCV-28 Fotodegradación de fenol usando materiales del tipo Cu-Al-MCM-41 sintetizados por Deposición Química de Vapor (CVD) .....	91
CATA-OEP-29 Desarrollo de catalizadores para reformado seco de metano: efecto del método de síntesis en la incorporación directa de Ni en zeolita ZSM-5 .....	93
CATA-OEP-30 Cicloadición de CO <sub>2</sub> y epóxido de limoneno para la síntesis de carbonato de limoneno con catalizadores heterogéneos.....	95
CATA-OCV-31 Fotodegradación de amoxicilina usando nanopartículas de CaZn <sub>2</sub> (OH) <sub>6</sub> ·2H <sub>2</sub> O y ZnO para aplicación en tratamiento de aguas residuales.....	97
CATA-OEV-32 PdPt/Al/SBA-15 tiorresistente para hidrogenación de naftaleno.....	99
CATA-OEP-33: Disociación y captura de hidrógeno en carburo de tungsteno: estudio computacional.....	101
CATA-OEV-34 Valorización de bioalcoholes ABE mediante la síntesis de olefinas livianas.....	104
CATA-OEV-35: Películas de nano-óxidos obtenidas por crecimiento in situ en sustratos de alpaca: un sistema catalítico eficiente en la reacción de COProx .....	106
CATA-OCV-36: Estudio computacional de la estabilidad de ocho nonámeros bimetálicos de AuxPd <sub>y</sub> (x + y = 9) adsorbidos en superficies de Anatasa: (101), (001) y (301) .....	108
CATA-OCV-37 Degradación fotocatalítica de microplásticos empleando óxido de titanio soportado en óxido de grafeno.....	110
CATA-OEV-38: Reducción de Cenizas en Materiales Carbonosos Derivados de Llantas Residuales: Un Enfoque Combinado de Sonicación y Pirólisis.....	112
CATA-OCV-39: Síntesis de fibras biomórficas catalíticas para la oxidación de hollín diésel.....	114
TRABAJOS ÁREA TEMÁTICA DESARROLLO SUSTENTABLE, DESU .....	116
DESU-OCP-01: Elaboración de recubrimientos basados en mezclas de óxidos metálicos y vidrio proveniente de residuos post-consumo mediante proyección térmica por combustión. ....	116
DESU-OEP-02: Preparación de Óxidos Metálicos Mediante Sol-Gel Empleando Desechos de Batería como Materia Prima. ....	120
DESU-OEV-03: Implementación de sensores IoT de bajo costo en el cálculo de la huella de carbono y la huella hídrica. ....	123
DESU-OEP-04: VALORIZACIÓN DE OTATE ( <i>Guadua velutina</i> ) Y BAGAZO DE CAÑA A TRAVÉS DE PROCESOS QUÍMICOS (ACETOSOLV) Y TÉRMICOS (PIRÓLISIS).....	125
DESU-OCP-05: RETOS PARA LOGRAR LA SOSTENIBILIDAD DE LA PIRÓLISIS DE BIOMASA RESIDUAL EN CAMPO.....	127
DESU-OCP-06: Capacho de uchuva como potencial adsorbente de Eritrosina.....	129

DESU-OEV-07: Diseño de una columna de extracción líquido-líquido para el proceso de recuperación de cobalto a partir de residuos electrónicos.....	131
DESU-OEV-08: Desarrollo de materiales compuestos sustentables reforzados con fibra natural de agave residual del proceso del tequila.....	134
DESU-OEV-09: Síntesis de catalizadores Sn/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> funcionalizados para la valorización de derivados de biomasa en medio acuoso .....	136
DESU-OCP-10: Diseño de planta piloto para producir ladrillos a partir de lodos de potabilización de agua .....	138
DESU-OEV-11: Estudio de la obtención de estructuras carbonosas bidimensionales mediante tratamiento térmico de carrizo ( <i>Phragmites australis</i> ) en atmósfera de aire. ....	140
DESU-OEP-12: Aprovechamiento de residuos de la cadena láctea a través de la codigestión anaerobia para la obtención de biogás en reactores semicontinuos.....	141
DESU-OCP-13: Valorización de residuos agroindustriales del arroz en la síntesis de sílice mesoporosa con potenciales aplicaciones medioambientales .....	143
DESU-OCP-14: Production of Alumina 99.8% from tailings from the Benefit of bauxite .....	145
DESU-OCV-15: Estudio computacional de las condiciones de operación y optimización para bombas de calor asociadas a sistemas energéticos sostenibles.....	148
DESU-OCP-16: Productos de valor agregado derivados del aprovechamiento de las cáscaras de naranja. 150	
DESU-OCV-17: Síntesis de bio-surfactantes a partir del uso de biomasa residual de bagazo de caña panelera como proceso de valoración de residuos.....	152
DESU-OEP-18: Carbonización hidrotermal de residuos de plátano: un enfoque hacia la producción sostenible de materiales de valor añadido.....	154
DESU-OCP-19: Comportamiento de óxidos mixtos de hierro y níquel soportados en bentonita pilarizada para el reformado de metano vía Chemical Looping.....	157
DESU-OCV-20 Síntesis de solventes alternativos (líquidos iónicos y solventes eutécticos profundos) base cafeína protonada con potencial aplicación para desulfuración de combustibles .....	159
DESU-OCP-21: Revalorización de residuos industriales mediante la impregnación de níquel como fase activa para la producción de hidrogeno verde mediante el proceso de Chemical Looping Reforming (CLR). .....	162
DESU-OEP-22: Síntesis y estudio reológico de solventes eutécticos profundos base cafeína comercial con potencial aplicación en procesos de desulfuración de combustibles .....	165
DESU-OCV-23: SÍNTESIS DE ECO-CATALIZADORES ÁCIDOS A PARTIR DE RESIDUOS DE SAGÚ ( <i>Canna edulis</i> ) Y CACAO ( <i>Theobroma cacao</i> ) PARA SU EMPLEO EN LA ACETILACIÓN DEL ALCOHOL ISOAMÍLICO .....	167
DESU-OEV-24: Extracción de niobio y tántalo de la escoria generada en la producción de estaño mediante tratamiento térmico y lixiviación con ácido oxálico .....	169
DESU-OEV-25: Adsorción selectiva de butanol y metil etil cetona empleando adsorbentes derivados de biomasa residuales (Propuesta de Investigación) .....	171
DESU-OEP-28: Aplicación de pretratamientos enzimáticos y de ultrasonido para la extracción de cafeína en pulpa de café. ....	173
DESU-OEV-29 Valorización de óxido de zinc recuperado de pilas alcalinas alcalinas (MnO <sub>2</sub> -Zn).....	176
DESU-OCV-30: Biocarbonos de Borra de Café con potencial uso en remediación ambiental.....	178
DESU-OCP-31: Simulación dinámica molecular de la extracción de lantano utilizando un solvente eutéctico profundo .....	180
DESU-OCV-32: Síntesis de carbones activados de biomasa agroindustrial para la adsorción eficiente de surfactantes en el tratamiento de aguas de producción .....	181
DESU-OCV-33: Madera sintética (WPC) a partir de lignina extraída de carbón mineral de bajo rango y plástico posconsumo. Contribución ambiental .....	183
DESU-OCP-34: Comportamiento mecánico y acústico de hormigón de residuos plasticos hospitalarios y	

fibra de coco .....	185
DESU-OEV-36: Título: Aprovechamiento del cuesco de palma africana en la generación de carbones activados para la remoción de surfactantes aniónicos presentes en aguas de producción.....	187
DESU-OCV-37: Preparación de adsorbentes derivados de cáscara de coco para la remoción de antibióticos en agua.....	189
DESU-OEV-38: Valorización energética de polietileno de baja densidad mediante procesos hidrotermales y pirolíticos a presión: contribución a la economía circular.....	191
DESU-OCV-39: Cultivos Indoor adicionando UV-LED para la Desinfección en Hortalizas.....	194
DESU-OCP-40: Valorización de los residuos generados en la extracción de aceite esencial de la planta invasora Hedychium coronarium del municipio de Quibdó .....	196
DESU-OCV-41: Comparación del proceso hidrotérmico a baja presión y pirólisis a presión para el reciclaje de polietileno y polipropileno .....	198
DESU-OEP-42: Nanohydrometallurgy: An Eco-friendly Approach to Critical Metal Separation .....	201
DESU-OEV-43: Revelando el manejo de residuos orgánicos acuícolas en la vereda Mojondinoy- el Encano .....	203
DESU-OEV-44: Construcción Sostenible en el Departamento del Quindío durante el período 2012-2022	205
DESU-OCP-45: Evaluar la eficiencia de extracción de metales del cátodo de las BILs gastadas para la síntesis de catalizadores sólidos multicomponentes .....	208
DESU-OEV-46: Carbón Vítreo Reticulado a Partir de Pseudotallo de Banano y Sacarosa Modificado con N-Tio <sub>2</sub> y su Capacidad de Adsorción/Fotocatálisis en la Remoción de Colorantes.....	210
DESU-OEV-47: Evaluación de la modificación de la microestructura del mineral bauxita mediante tratamientos de ultrasonido y químicos para su uso potencial como transportador sólido de oxígeno.....	211
DESU-OEV-50: Análisis de los cambios en el recubrimiento de biovidrio en presencia de fluidos fisiológicos simulados .....	214
DESU-OEV-51: Uso de Brushita como adsorbente para la eliminación de colorantes aniónicos y catiónicos presentes en soluciones acuosas.....	216
DESU-OEV-52: Nanomateriales Fotocatalíticos a partir de Residuos de Decapado: Un Enfoque para la Degradación de Colorantes .....	218
DESU-OEV-53: Síntesis y caracterización de sulfato ferroso heptahidratado a partir de alambre de acero reciclado de llantas usadas .....	220
TRABAJOS ÁREA TEMÁTICA ENERGIAS RENOVABLES, ENRE .....	222
ENRE-OEV-01: Revalorización de Efluentes Industriales para la Síntesis de Electrocatalizadores en la Producción de Hidrógeno Verde. ....	222
ENRE-OCV-02: Conversión de furfural derivado de biomasa a compuestos combustibles.....	223
ENRE-OEV-03: Revalorización de salvado de trigo para la obtención de compuestos plataforma. ....	225
ENRE-OCP-04: EFECTO DE NANOCOMPUESTOS DE HIERRO SOBRE CARBÓN ACTIVADO EN BATERÍAS DE LITIO-AZUFRE. ....	227
ENRE-OCP-05: Caracterización Físico-Química de bioadsorbentes, una revisión enfocada a la disminución de impactos ambientales como insumo a los protocolos de gestión del riesgo. ....	230
ENRE-OCP-06: Análisis de las tecnologías de tratamiento de residuos sólidos urbanos para su aplicación en Colombia.....	232
ENRE-OCV-07: Pirólisis del Polietileno. Efecto de la temperatura y la presión autógena en composición del producto.....	234
ENRE-OEV-08: De la remolacha a la energía solar fotovoltaica: Explorando el potencial de la betanina como sensibilizador orgánico en celdas DSSC. ....	236
ENRE-OEV-09: Viscosidad de mezclas de hidrocarburos con biocombustibles: Modelo predictivo .....	239
ENRE-OEV-10: Estudio mediante DRIFT in-situ de la reacción de reformado de etanol con vapor empleando catalizadores basados en Co y Ni.....	241
ENRE-OEV-11: Preparación de fibras de carbono como catalizadores para la producción de biodiesel.....	243

ENRE-OEP-12: Evaluación <i>In Silico</i> del impacto ambiental del biodiesel de palma producido con etanol en condiciones supercríticas .....	245
ENRE-OEV-13: Producción de biopelículas con celulosa y almidón extraídos de subproductos de aguacate Hass cultivado en el Oriente Antioqueño.....	247
ENRE-OEV-14: Síntesis del compuesto Cu <sub>3</sub> SnS <sub>4</sub> como una alternativa de bajo costo para emplearse como capa activa en celdas solares. ....	249
ENRE-OCV-15: Almacenamiento estratégico de hidrógeno para la producción sostenible de energía.....	252
ENRE-OCV-16: Recovery of Dysprosium from Leach Residue .....	254
ENRE-OEP-17: Nanopartículas de NiCo <sub>2</sub> O <sub>4</sub> dispersas sobre un soporte carbonoso mesoporoso como electrocatalizadores bifuncionales para reacciones ORR y OER y evaluación electroquímica en el cátodo de baterías recargables Zn-aire .....	257
ENRE-OEP-18: Efecto de la amplitud de la sonicación en la producción de grafeno por exfoliación líquida usando agua como solvente a partir de LiBs de desecho .....	260
ENRE-OEP-19: Efecto de las impurezas orgánicas (PVDF) y metálicas (Co, Ni, Mn, Li, Cu, Al) en trazas presentes en el grafito del ánodo de Baterías de Ion-Litio de desecho en la producción de grafeno .....	262
ENRE-OEP-20: Extracción de celulosa a partir de residuos de pseudotallo de banano: comparación entre ultrasonido convencional y focalizado.....	264
ENRE-OCP-21: Materiales carbonosos a partir de residuos de cacao obtenidos por síntesis mediada con ultrasonido y su uso en la remoción de colorantes.....	266
ENRE-OEP-22: Síntesis de materiales carbonosos a partir de residuos forestales: un enfoque combinado de ultrasonido y microondas. ....	268
ENRE-OCP-23: Estudio comparativo de la síntesis de ZnO a partir de diferentes sales de residuos de pilas alcalinas para la degradación fotocatalítica de contaminantes.....	271
ENRE-OCP-24: Estudio de la influencia de la frecuencia de sonicación en la síntesis de materiales carbonosos empleando PET como materia prima para su uso en la remoción de azul de metileno.....	273
ENRE-OEV-25: Producción Catalítica de Metanol a partir de la Gasificación de Pulpa Residual de Café Utilizando Cu/ZnO/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> : Simulación y evaluación ANOVA.....	275
TRABAJOS ÁREA TEMÁTICA CONTAMINACIÓN DE AGUA, SUELO Y AIRE, CASA.....	277
CASA-OCV-01: Un nuevo modelo para la adsorción en el proceso de captura de dióxido de carbono en efluentes de plantas termoeléctricas.....	277
CASA-OCV-02: Biorremediación del Arsénico en Aguas: Potencial del <i>Aspergillus niger</i> frente a Métodos de Filtración Convencionales.....	280
CASA-OCP-03: Adsorción de azul índigo sobre capacho de uchuva.....	282
CASA-OEV-04: Desarrollo de sorbentes basados en MgO para la captura de CO <sub>2</sub> a temperaturas intermedias .....	284
CASA-OEV-05: Estudio de la distribución de partículas de un sistema de combustión en ciclos químicos mediante dinámica de fluidos computacional .....	286
CASA-OCP-06: Evaluación de la estabilidad enzimática de la Lacasa producida por <i>Pleurotus ostreatus</i> ..	289
CASA-OCV-07: Evaluación del Catalizador Co <sub>6</sub> /MnOx para la Conversión Sostenible de CO <sub>2</sub> en Hidrocarburos Livianos .....	291
CASA-OCP-08: Interacción roca-fluido en la captura y almacenamiento de CO <sub>2</sub> : análisis teórico-experimental. ....	293
CASA-OCP-09: Producción de Manganese peroxidasa mediante fermentación en estado sólido con <i>Trametes pubescens</i> sobre cáscara de papa. ....	295
CASA-OEP-10: Producción de un nanocompuesto con propiedades fotocatalíticas y magnéticas a través de una ruta fitogénica empleando <i>Psidium guajava</i> para la remediación de agua simulada contaminada con azul de metileno y rodamina B .....	297
CASA-OEP-11: Valorización de un residuo de la industria siderúrgica como catalizador en la degradación de amoxicilina mediante reacciones Fenton y Foto-Fenton.....	299

CASA-OCP-12: Determinación de mercurio en biomasas y agua de ciénaga intervenida por minería informal en la zona media del Atrato-Chocó ..... 301

CASA-OCP-13: Evaluación de la eficacia del capacho de uchuva para la remoción de tartrazina. .... 303

CASA-OCV-14: Validación de los datos de emisiones de carbono para el Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid sede Poblado..... 305

ESTADÍSTICAS DE LA CELEBRACIÓN DEL EVENTO..... 308

# Prólogo

En un momento histórico donde la sostenibilidad se ha convertido en una necesidad global, el IV Simposio Internacional de Catálisis Ambiental y Energías Renovables (SICAMER) 2024 convoca a académicos, investigadores y profesionales comprometidos con el desarrollo de tecnologías que promuevan una relación equilibrada entre crecimiento socioeconómico y protección del medio ambiente. Bajo el lema “Oportunidades y retos en la valorización de residuos para la obtención de materiales y la generación de energías renovables bajo el concepto de economía circular,” esta edición se alinea con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), ofreciendo un foro de intercambio y colaboración en áreas clave para la sostenibilidad y la economía circular.

El simposio acoge investigaciones en cuatro líneas temáticas estratégicas, cada una de ellas orientada a abordar desafíos específicos de sostenibilidad mediante el avance de la ciencia y la tecnología:

1. **Catálisis Ambiental (CATA):** La catálisis es una herramienta fundamental para el desarrollo de tecnologías limpias y eficientes, que incluyen la catálisis heterogénea y homogénea, la nanocatálisis y la fotocatalisis, entre otras. Estas disciplinas no solo permiten transformar sustancias contaminantes en productos de valor, sino que también facilitan la síntesis de materiales innovadores. En un contexto donde la descontaminación y el tratamiento de efluentes son urgentes, la investigación en catálisis ambiental contribuye de manera directa a la mitigación de los efectos adversos del cambio climático y al desarrollo de soluciones sostenibles para la recuperación de suelos y aguas.

2. **Energías Renovables (ENRE):** La transición energética hacia fuentes limpias y renovables es esencial para reducir la dependencia de combustibles fósiles y alcanzar la descarbonización industrial. Investigaciones en energía solar, eólica, biomasa, celdas de combustible, y la valorización energética de residuos demuestran cómo las energías renovables y la bioeconomía se integran en soluciones prácticas y sostenibles. Este simposio destaca el papel de la innovación en bioenergía y en tecnologías como la cogeneración y el

aprovechamiento de energías residuales para maximizar el rendimiento y reducir la huella ambiental en los procesos productivos.

3. **Desarrollo Sustentable (DESU):** La sustentabilidad va más allá de la eficiencia energética, abarcando procesos y materiales que minimicen el impacto ambiental y promuevan la economía circular. En esta línea, las investigaciones se centran en el diseño de procesos industriales con menor demanda de recursos, la gestión de residuos y la química verde, aspectos esenciales para el ahorro energético y la reducción de desechos. Adicionalmente, las experiencias de valorización de residuos en comunidades y los análisis de ciclo de vida destacan el valor de estas prácticas en la construcción de un modelo de producción y consumo más circular y sostenible.

4. **Contaminación de Agua, Suelo y Aire (CASA):** Frente a la creciente preocupación por la calidad ambiental, el monitoreo de contaminantes y el desarrollo de métodos avanzados para el tratamiento y captura de CO<sub>2</sub> resultan prioritarios. Este simposio aborda técnicas de monitoreo y procesos de tratamiento biológicos y fisicoquímicos que contribuyen a la gestión y remediación de suelos, cuerpos de agua y calidad del aire, ofreciendo alternativas para combatir contaminantes emergentes y asegurar la calidad de los recursos naturales.

El incremento de investigaciones en estas áreas refleja el compromiso de la comunidad científica con los ODS, y es muestra de una voluntad global por adoptar modelos económicos que permitan el uso eficiente de los recursos, la recuperación de residuos y la minimización del impacto ambiental. Esta edición de SICAMER ofrece una plataforma para fortalecer colaboraciones, presentar avances y discutir el papel de la catálisis, las energías renovables y la sostenibilidad en la creación de un futuro resiliente.

Con estas memorias, compartimos los frutos de las investigaciones presentadas, esperando que constituyan un testimonio del enriquecedor intercambio logrado durante el encuentro. Agradecemos a todos los participantes su aporte a esta iniciativa que sigue consolidándose como un referente para la ciencia y tecnología en pro de la sostenibilidad.

**Comité Organizador IV SICAMER 2024**

# PRESENTACIÓN

Este primer Workshop titulado "Oportunidades y Desafíos en la Valorización y Tratamiento de Residuos para Empresas Recicladoras y Transformadoras", IV Simposio Internacional de Catálisis Ambiental y Energías Renovables (IV SICAMER-2024) "Oportunidades y retos en la valorización de residuos para la obtención de materiales y la generación de energías renovables bajo el concepto de economía circular" se llevó a cabo del 28 de octubre -1 de noviembre de 2024. Este evento se organizó en el marco del proyecto de investigación titulado "Valorización integral de residuos de posconsumo e industriales para el desarrollo de materiales con potencial catalítico bajo un enfoque de economía circular - Código Registro: 82312", aprobado en la "Convocatoria 890, Convocatoria para el fortalecimiento de CTeI en Instituciones de Educación Superior (IES) Públicas, Mecanismo 1" de 2020, presentado por la alianza integrada por el Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid representado por el Grupo de Investigación en Catálisis Ambiental y Energías Renovables (CAMER), la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín representada por el grupo de investigación Ciencia y Tecnología de Materiales (CTM) de la Facultad de Minas, la Universidad Industrial de Santander representado por el grupo de investigación en Minerales, Biohidrometalurgia y Ambiente (GIMBA), el Tecnológico de Antioquia representado por el grupo de investigación Ciencias Básicas Aplicadas (CBATA) y la Universidad de Antioquia representada por el grupo de investigación en Química de Recursos Energéticos y Medio Ambiente (QUIREMA); designado como entidad ejecutora al Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid y cuya investigadora principal es la suscrita Alba Nelly Ardila Arias.

Este evento permitió la generación de escenarios académicos y científicos donde se gestaron procesos de enseñanza aprendizaje muy significativos para la academia, la docencia, la investigación, la proyección social y extensión y, en consecuencia, la gestión del conocimiento. Además, la participación en el evento académico también brindó la oportunidad de establecer intereses comunes con distintos investigadores y empresas del sector productivo e industrial de alto reconocimiento a nivel nacional e internacional, para formular y ejecutar propuestas de innovación e investigación avanzada y tecnológica, así como para establecer contactos con pares académicos nacionales e internacionales con posibilidades de conformación de alianzas y redes de investigación de cooperación y establecimiento de convenios de colaboración. Con la realización del evento se ha buscado generar espacios para la apropiación de conocimientos específicos relacionados con las temáticas investigativas del mismo, brindando además la posibilidad de gestar o fortalecer vínculos entre investigadores e instituciones. Así mismo, se tuvo la posibilidad de intercambiar experiencias de investigación, generación de alianzas estratégicas interinstitucionales, no solo con universidades y centros de investigación sino también dando cabida a la vinculación de empresas que fomentan el conocimiento aplicado.

En el IV SICAMER-2024 se contó con la presencia de investigadores y empresarios de gran prestigio nacional e internacional y se generó un espacio para discutir sobre temas relacionados con el conocimiento científico.

El SICAMER tiene por objetivo principal generar espacios académicos de reflexión y debate en torno al conocimiento científico, innovaciones y las soluciones prácticas de catálisis y remediación ambiental orientadas a la disminución del impacto ambiental y al desarrollo de tecnologías limpias para la producción de nuevos materiales, la remoción de contaminantes y la producción de químicos, intermediarios o combustibles a partir de fuentes renovables de energía bajo el enfoque de economía circular.

# OBJETIVOS



## General

Generar espacios académicos de reflexión y debate en torno al conocimiento científico, innovaciones y las soluciones prácticas de catálisis y remediación ambiental orientadas a la disminución del impacto ambiental y al desarrollo de tecnologías limpias para la producción de nuevos materiales, la remoción de contaminantes y la producción de químicos, intermediarios o combustibles a partir de fuentes renovables de energía bajo el enfoque de economía circular.

## Específicos

Generar espacios académicos para analizar, intercambiar y difundir los avances en el conocimiento científico y desarrollo tecnológico más recientes en el campo de la Catálisis Ambiental, el Desarrollo Sustentable y Energías Renovables.

Proveer un foro constructivo y de apoyo al desarrollo de la investigación de los diferentes sectores de la sociedad en el cual los participantes podrán presentar, discutir y defender sus ideas de investigación, proyectos en proceso o sus resultados ante una audiencia nacional e internacional de estudiantes, investigadores, académicos, empresarios y productores en el campo de la Catálisis Ambiental, el Desarrollo Sustentable y Energías Renovables.

Generar un espacio para el desarrollo de un WorkShop para establecer alianzas estratégicas entre estas entidades permite aprovechar la experiencia académica y la investigación científica para desarrollar soluciones innovadoras y propuestas acertadas que respondan a las necesidades específicas de las empresas y promuevan la mejora continua en sus procesos.

Fortalecer las relaciones entre los diferentes grupos de investigación nacionales e internacionales.

Fomentar el desarrollo de investigaciones multidisciplinarias.

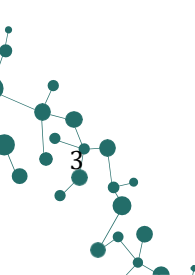
Propiciar la formación de redes de colaboraciones nacionales e internacionales.

Establecer vínculos entre la academia, la industria y el sector productivo.

Esta obra muestra el programa de actividades y los trabajos que fueron desarrollados del 28 de octubre al 1 de noviembre de 2024 en el marco del IV SICAMER.

En las memorias se muestra la siguiente información:

- Listado de plenaristas nacionales e internacionales, con una breve descripción de cada uno de ellos.
- Listado de cursos.
- Los resúmenes técnicos de cada una de las sesiones.



## LÍNEAS TEMÁTICAS

- Catálisis Ambiental (CATA): catálisis heterogénea, catálisis homogénea, nanocatálisis, electrocatálisis, biocatálisis, fotocátalisis, procesos de oxidación avanzada, síntesis y caracterización de catalizadores, catálisis computacional, catálisis ácido-base.
- Energías Renovables (ENRE): bioeconomía, energía solar, energía eólica, energía geotérmica, energía mareomotriz, energía nuclear, biomasa, biocombustibles, celdas de combustible, cogeneración, desarrollo de procesos de generación bioenergéticos, química fina, valorización energética de residuos, otro tipo de energías renovables o limpias.
- Desarrollo Sustentable (DESU): desarrollo de procesos sustentables, cambio climático, bioprocesos, materiales sustentables, bioconstrucción, química verde, química sustentable, optimización de procesos energéticos, ahorro de recursos en procesos industriales, gestión y aprovechamiento de residuos de diferentes fuentes, experiencias comunitarias de valorización de residuos, análisis de ciclo de vida, economía circular.
- Contaminación de Agua, Suelo y Aire (CASA): monitoreo de contaminantes, tratamientos biológicos, procesos fisicoquímicos y captura de CO<sub>2</sub>, entre otros.

## ORGANIZADOR

Grupo de Investigación en Ciencia y Tecnología de Materiales (CTM),  
Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín.



## CO-ORGANIZADORES

Grupo de Investigación en Catálisis Ambiental y Energías Renovables (CAMER),  
Facultad de Ciencias y Educación, Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid.



Grupo de Investigación en Minerales, Biohidrometalurgia y Ambiente (GIMBA), Facultad  
de Ingenierías Fisicoquímicas, Universidad Industrial de Santander.



Grupo de Investigación Ciencias Básicas Aplicadas (CBATA), Departamento de Ciencias  
Básicas y Áreas Comunes, Tecnológico de Antioquia.



Grupo de Investigación en Química de Recursos Energéticos y Medio Ambiente  
(QUIREMA), Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Instituto de Química,  
Universidad de Antioquia.



## **Ph.D. ALBA NELLY ARDILA ARIAS**

*Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid, Colombia*



Profesora Titular adscrita a la Facultad de Ciencias Básicas, Sociales y Humanas, Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid. Investigadora Senior, Directora del Grupo de Investigación en Catálisis Ambiental y Energías Renovables, Categoría B, Convocatoria Nacional 894 de 2021 para el Reconocimiento y Medición de Grupos de Investigación de SNCTeI. En investigación las áreas de especialidad se centran en la valorización energética de biomasa y residuos, el manejo, aprovechamiento y reutilización de aguas residuales industriales, aguas residuales domésticas, aguas negras, aguas urbanas, aguas superficiales y subterráneas, implementación de sistemas de gestión de localidad según la ISO/IEC 17025 “Requisitos Generales para la Competencia de Laboratorios de Prueba y Calibración”, degradación fotocatalítica de contaminantes hídricos y emergentes, validación y verificación de métodos analíticos para la cuantificación y caracterización de aguas superficiales y residuales industriales y domésticas, adsorción de metales pesados y colorantes en diferentes adsorbentes, hidroxidación catalítica de glicerol a productos de alto valor agregado, hidroxidación catalítica de compuestos organoclorados, desarrollo y evaluación de materiales catalíticos bimetálicos, entre otros

## **M Ph.D. LUZ MARINA OCAMPO CARMONA**

*Universidad Nacional de Colombia- Medellín (UNAL-MED), Colombia.*



Profesora Asociada. Departamento de Materiales y Minerales. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. Es Ingeniera Química de la UdeA. M.Sc. y D.Sc. en Ingeniería Metalúrgica y de Materiales de la UFRJ. Directora de la Red de Valorización de Residuos -REDVAR. Directora del Semillero Intersedes – SIVAR, directora del Grupo de Ciencia y Tecnología de Materiales (A1 en Minciencias). Sus líneas de investigación abarcan Corrosión y Protección, Reciclaje y valorización de residuos, solventes verdes, técnicas electroquímicas aplicada a la recuperación de metales a partir de residuos.



**Ph.D. LEIDY HOYOS GIRALDO**  
*Tecnológico de Antioquia, IU, Colombia*

Profesora ocasional del Departamento de Ciencias Básicas y Áreas Comunes del Tecnológico de Antioquia, Colombia. Es Química y Doctora en Ciencias Químicas de la Universidad de Antioquia. Es miembro del grupo de Investigación Ciencias Básicas Aplicadas del Tecnológico de Antioquia (CBATA). Sus líneas de investigación abarcan materiales porosos, valorización de residuos, soportes para celdas de combustible, energías renovables.



**M. Sc. ERASMO ARRIOLA Villaseñor**  
*Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid, Colombia*

Profesor de Cátedra adscrito a la Facultad de Ciencias Básicas, Sociales y Humanas, Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid. Investigador Junior, Coordinador del Semillero de Investigación en Valorización de Residuos (SIVARE), investigador del Grupo de Investigación en Catálisis Ambiental y Energías Renovables, Categoría B, Convocatoria Nacional 894 de 2021 para el Reconocimiento y Medición de Grupos de Investigación de SNCTeI. En investigación las áreas de especialidad se centran en la valorización energética de biomasa y residuos, el manejo, aprovechamiento y reutilización de aguas residuales industriales, procesos catalíticos y fotocatalíticos.



**Ph.D. PEDRO LUIS DELVASTO ANGARITA**  
*Universidad Industrial de Santander, Colombia*

Profesor Titular de la Escuela de Ingeniería Metalúrgica y Ciencia de los Materiales de la Universidad Industrial de Santander (UIS) en Bucaramanga, Colombia. Es Ingeniero de Materiales por la Universidad Simón Bolívar de Caracas, Venezuela y Doctor en Ciencia y Tecnología de Materiales por la Universidad Complutense de Madrid, España. Es miembro del Grupo de Investigación en Minerales, Biohidrometalurgia y Ambiente (GIMBA) de la UIS. Sus líneas de investigación abarcan la biotecnología en minería, la remediación ambiental, el reciclaje de metales a partir de residuos posconsumo y la obtención de cerámicos a partir de residuos electrónicos y baterías desechadas.

## Ph.D. Maria Natalia Suárez Avila



**Universidad de Antioquia, Colombia.**

Profesora de la Universidad de Antioquia, Química, Magister y Doctora en ciencias Químicas de la Universidad de Antioquia, con experiencia en el área de química inorgánica, síntesis y caracterización de catalizadores para aplicación en obtención de mejora de la calidad de combustibles fósiles, obtención de hidrogeno y combustibles sintéticos, entre otros transportadores sólidos de oxígeno de bajo costo.



## Agradecimientos

Los organizadores del IV SICAMER agradecemos a la Vicedecanatura de Investigación y Extensión de la Facultad de Minas de la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín por el apoyo financiero que permitió que este evento se realizara de forma gratuita para todos los asistentes.

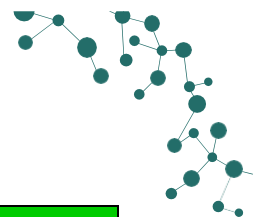
Adicionalmente, agradecemos a MyM por el aporte en las libretas empleadas en el evento.

Así mismo, agradecemos a todos los ponentes y plenaristas por su participación en el evento.

# Programa Resumido

IV SICAMER 2024				
PLENARISTAS Y PONENCIAS VIRTUALES				
Hora/Día	Día 1: lunes 28 de octubre		Día 2: martes 29 de octubre	
	Sala 1	Sala 2	Sala 1	Sala 2
08:00-08:50			<b>Plenaria 1 (Dr. Alfonso Ramírez)</b>	
08:50-09:00			CATA-OCV-35	
09:00-09:20			CATA-OEV-14	
09:20-09:40			CATA-OEV-17	DESU-OEV-48
09:40-10:00			CATA-OEV-23	DESU-OEV-36
10:00-10:15			<b>Descanso</b>	<b>Descanso</b>
10:15-10:40			CATA-OCV-36	DESU-OEV-38
			CATA-OCV-37	
			CATA-OCV-03	
10:40-11:00			CATA-OEV-24	DESU-OEV-03
11:00-11:20			CATA-OEV-27	DESU-OEV-43
11:20-11:40			CATA-OEV-32	DESU-OEV-44
11:40-12:00			CATA-OEV-34	DESU-OEV-47
12:00-13:00	<b>Descanso</b>	<b>Descanso</b>	<b>Descanso</b>	<b>Descanso</b>
13:00-13:45	<b>Acto de apertura</b>		CATA-OEV-35	ENRE-OEV-01
			CATA-OEV-38	ENRE-OEV-03
13:45-14:05	CASA-OEV-04	DESU-OEV-25	<b>Plenaria 2 (Dr. Salvador Ordoñez)</b>	
14:05-14:25	CASA-OEV-05	DESU-OEV-29		
14:25-14:32	CASA-OCV-02	DESU-OCV-39		
14:32-14:39	CASA-OCV-07	DESU-OCV-41	CATA-OCV-39	ENRE-OCV-02
14:39 -15:00	CASA-OCV-01	DESU-OCV-15	CATA-OCV-06	ENRE-OEV-25
	CASA-OCV-14	DESU-OCV-17	DESU-OEV-50	
	CATA-OCV-11	DESU-OCV-20	DD	
15:00-15:20	CATA-OEV-05	DESU-OEV-46		ENRE-OEV-09
15:20-15:40	CATA-OEV-07	DESU-OEV-07		ENRE-OEV-10
15:40-16:00	CATA-OEV-08	DESU-OEV-08		ENRE-OEV-11

16:00-16:15	<b>Descanso</b>	<b>Descanso</b>		<b>Descanso</b>
16:15 -16:22	CATA-OCV-13	DESU-OCV-23		ENRE-OCV-07
16:22 -16:30	CATA-OCV-18	DESU-OCV-30		ENRE-OCV-15
16:30 -16:37	CATA-OCV-22	DESU-OCV-32		ENRE-OCV-16
16:37-16:44	CATA-OCV-25	DESU-OCV-33		ENRE-OEV-13
16:44-16:51	CATA-OCV-28	DESU-OCV-35		
16:51-16:58	CATA-OCV-31	DESU-OCV-37		
16:58-17:20	CATA-OEV-09	DESU-OEV-09		ENRE-OEV-08
17:20 -17:40	CATA-OEV-10	DESU-OEV-11		ENRE-OEV-14
17:40 -18:00	CATA-OEV-12	DESU-OEV-24		ENRE-OCV-24
18:00-18:20				



IV SICAMER 2024		
PLENARISTAS Y PONENCIAS PRESENCIALES		
Hora/Día	Día 3: miércoles 30 de octubre	Día 4: Jueves 31 de octubre
	Auditorio Alejandro López, M3-218	Auditorio Alejandro López, M3-218
08:00-08:50	<b>Plenaria 3 (Dra. Yazmin Agamez)</b>	<b>Plenaria 4 (Dr. Marco Antonio Sánchez)</b>
08:50-09:00	CATA-OCP-01	DESU-OCP-34
09:00-09:20	CATA-OEP-04	DESU-OEP-27
09:20-09:40	CATA-OEP-15	DESU-OEP-28
09:40-10:00	CATA-OEP-20	DESU-OCP-40
		DESU-OCP-45
10:00-10:15	<b>Descanso</b>	<b>Descanso</b>
10:15-10:30	CATA-OCP-02	DESU-OCP-31
	CATA-OCP-16	DESU-OEP-42
	CATA-OCP-19	
10:30-10:45	CATA-OCP-21	
11:00-11:20	CATA-OEP-29	CASA-OCP-03
		CASA-OCP-06
11:20-11:40	CATA-OEP-30	CASA-OEP-10
11:40-12:00	CATA-OEP-33	CASA-OEP-11
12:00-13:00	<b>Descanso</b>	<b>Descanso</b>
13:00-13:20	DESU-OEP-02	CASA-OCP-08
		CASA-OCP-09
13:20-13:40	DESU-OEP-04	CASA-OCP-12
		CASA-OCP-13
		ENRE-OCP-04
13:40-14:00	DESU-OEP-12	ENRE-OEP-12
14:00-14:50	<b>Plenaria 5 (Dr. Victor Baldvino)</b>	<b>Plenaria 7 (Dr. Antonio Capezza)</b>
14:50-15:00	DESU-OCP-01	ENRE-OCP-05
15:00-15:20	DESU-OEP-18	ENRE-OEP-17
15:20-15:40	DESU-OEP-22	ENRE-OCP-06
		ENRE-OCP-21
15:40-16:00	DESU-OEP-26	ENRE-OEP-18
16:00-16:15	<b>Descanso</b>	<b>Descanso</b>



16:15-16:25	<b>Plenaria 6 (Dra. Gina Hincapíe)</b>	ENRE-OEP-19
16:25-16:45		ENRE-OEP-20
16:45 -16:52		ENRE-OCP-23
16:52 -17:00		ENRE-OCP-24
17:00 -17:07	DESU-OCP-05	ENRE-OEP-22
17:07 -17:14	DESU-OCP-06	
17:14 -17:21	DESU-OCP-10	
17:21 -17:28	DESU-OCP-13	<b>Acto de clausura</b>
17:28 -17:35	DESU-OCP-14	
17:35 -17:42	DESU-OCP-16	
17:42 -17:49	DESU-OCP-19	
17:49 -18:00	DESU-OCP-21	

## PRESENTACIONES MODALIDAD VIRTUAL

**LUNES 28 DE OCTUBRE:** Tarde-Sesión 1, Sala 1.

**Link:** <https://meet.google.com/yjv-ytnj-nks?hs=122&authuser=0>

**Moderador 1, Acto de Apertura:** Erasmo Arriola Villaseñor

**Moderador 2, Presentaciones:** Lucas Hernán Blandón Naranjo

Hora	Código	Trabajo
13:00-13:45	<b>Acto de Apertura</b>	
13:45-14:05	CASA-OEV-04	<b>Desarrollo de sorbentes basados en MgO para la captura de CO<sub>2</sub> a temperaturas intermedias.</b> Carlos Fernando Imbachi-Gamba <sup>a*</sup> , Laura Cornaglia <sup>a</sup> , John Múnera. <sup>a</sup> <sup>a</sup> Instituto de Investigaciones en Catálisis y Petroquímica (INCAPE), Facultad de Ingeniería Química, Universidad Nacional del Litoral, Santiago del Estero 2829, Santa Fe (Capital), Argentina, S3000.
14:05-14:25	CASA-OEV-05	<b>Estudio de la distribución de partículas de un sistema de combustión en ciclos químicos mediante dinámica de fluidos computacional.</b> Favio Antonio Ocampo Vaca <sup>a*</sup> , Rafael Maya Yescas <sup>b</sup> , Constantin Alberto Hernández Bocanegra <sup>c</sup> , Ma. del Carmen Chávez Parga <sup>d</sup> , Gladys Giménez García <sup>e</sup> , Rafael Huirache Acuña <sup>f</sup> <sup>a b d f</sup> Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Michoacán, México, 58030. <sup>c</sup> Instituto Tecnológico de Morelia, Michoacán, México, 58120. <sup>e</sup> Instituto Tecnológico Superior de Pátzcuaro, Michoacán, México, 61615.
14:25-14:32	CASA-OCV-02	<b>Biorremediación del Arsénico en Aguas: Potencial del Aspergillus niger frente a Métodos de Filtración Convencionales.</b> Andres Felipe Telles Viveros <sup>a</sup> , Laura Valentina Corena Algarra. <sup>a</sup> Universidad Distrital Francisco José de Caldas, proyecto académico de Química, Bogotá, Colombia y 110311.
14:32-14:39	CASA-OCV-07	<b>Evaluación del Catalizador Co<sub>6</sub>/MnOx para la Conversión Sostenible de CO<sub>2</sub> en Hidrocarburos Livianos.</b> Michell Andrey Jiménez Caballero <sup>a*</sup> , Cristian Alexander Roza Ramírez <sup>a</sup> , Astrid Lorena Cadena Santamaría <sup>a</sup> , Emiliano Ariza León <sup>b</sup> , Miller Humberto Salas Rondón <sup>c</sup> , Adan Yovani León-Bermúdez <sup>a</sup> <sup>a</sup> Grupo de Investigaciones en Corrosión (GIC), Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia, Código Postal 680002. <sup>b</sup> Laboratorio de Espectroscopia Atómica y Molecular (LEAM), Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia, Código Postal 680002.

		<sup>c</sup> Geomática, Gestión y Optimización de Sistemas (GEOMÁTICA), Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia, Código Postal 680002.
14:39 -14:47	CASA-OCV-14	<b>Validación de los datos de emisiones de carbono para el Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid sede Poblado.</b> Dora Luz Yepes Palacio <sup>a</sup> <sup>a</sup> Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid, Medellín, Colombia, 055422.

15:00-15:20	CATA-OEV-05	<b>Efecto de catalizadores bifuncionales de Pd/ZrO<sub>2</sub>-TiO<sub>2</sub> en la aminación directa de furfural con anilina.</b> Katherine Arriagada Fuentes <sup>a</sup> , Alex Fernández Andrade <sup>a</sup> , Juan Parra Orellana <sup>a</sup> , Cristian H. Campos <sup>b</sup> , Luis E. Arteaga-Pérez <sup>a*</sup> <sup>a</sup> Laboratorio de Procesos Térmicos y Catalíticos (LPTC), Universidad del Bío-Bío, Concepción, Chile, 4030000. <sup>b</sup> Universidad de Concepción, Facultad de Ciencias Químicas, Departamento de Físicoquímica, Concepción, Chile, 4030000.
15:20-15:40	CATA-OEV-07	<b>Hidrodeshidrogenación del anisol para formar productos de valor agregado: orto-, meta-, para-cresol.</b> Isidoro García-Cruz <sup>a*</sup> , Leonor Angélica Guerrero Zúñiga <sup>b*</sup> , Ana Cristina Ramírez Gallardo <sup>a</sup> , María Fernanda López Sánchez <sup>a</sup> . <sup>a</sup> Gerencia de Investigación en Transformación de Hidrocarburos. Dirección de Investigación. Instituto Mexicano del Petróleo. CDMX, MÉXICO 07730 <sup>b</sup> Gerencia de Investigación en Eficiencia Energética y Biocombustibles. Dirección de Investigación. Instituto Mexicano del Petróleo. CDMX, MÉXICO 07730.
15:40-16:00	CATA-OEV-08	<b>Desarrollo de Catalizadores Heteropoliácidos tipo Keggin para la Oxidación Selectiva de HMF hacia DFF.</b> Leonardo Andrés Silva Gómez <sup>a</sup> , José Jobanny Martínez Zambrano <sup>a</sup> , Jairo Antonio CubillosLobo <sup>a</sup> , Hugo Alfonso Rojas Sarmiento <sup>a</sup> , Magdalena Palacio <sup>b</sup> , Paula I. Villabrille <sup>b,c</sup> , Valeria Palermo <sup>b</sup> , Gustavo P. Romanellib <sup>c</sup> . <sup>a</sup> Grupo de Catálisis de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (GC-UPTC), Escuela de Ciencias Químicas, Tunja, Boyacá, Colombia. <sup>b</sup> CINDECA (CONICET-CIC-UNLP), Dpto. Química, Facultad de Ciencias Exactas, Universidad Nacional de La Plata, B1900AJK La Plata, Argentina. <sup>c</sup> Dpto. Exactas, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad Nacional de La Plata, Calles 60 y 119 s/n, La Plata, Argentina.
16:00-16:15	<b>Descanso</b>	

**LUNES 28 DE OCTUBRE:** Tarde-Sesión 2, Sala 1.

Link: <https://meet.google.com/yjv-ytnj-nks?hs=122&authuser=0>

Moderador 3: Misael Córdoba

Hora	Código	Trabajo
16:15 -16:22	CATA-OCV-13	<b>Catalizadores de Co-ZrO<sub>2</sub> obtenidos mediante deposición de Capa Atómica y su aplicación en la oxidación de CO.</b> María M. Fontanini*, Juan P. Bortolozzi, Eduardo E. Miró, Viviana G. Milt. Instituto de Investigaciones en Catálisis y Petroquímica (INCAPE), Santa Fe, Argentina. 3000.
16:22 -16:30	CATA-OCV-18	<b>Síntesis biocatalítica de un sustituto de la grasa de la leche materna usando dos subproductos industriales como sustratos.</b> Stefanía Rengifo Ospina <sup>a*</sup> , Danny Alejandro Arteaga Fuertes <sup>a</sup> , Ricardo Benítez Benítez. <sup>a</sup> Universidad del Cauca, Popayán, Colombia, 190002.
16:30 -16:37	CATA-OCV-22	<b>Fotocatalizadores novedosos de Ni/MCM-41 y Ni/HMS preparados por el método de CVD.</b> Yulissa Aleli Esquivel Corona <sup>(a)</sup> , Laura Annette Romero De León <sup>(b)</sup> , Jesús Alejandro López Gaona <sup>(c)</sup> , Sandra Cipaguata Díaz <sup>(c)</sup> , Alfonso Talavera López <sup>(b)</sup> , Luis Octavio Solís Sánchez <sup>(d)</sup> , Ma. Del Rosario Martínez Blanco <sup>(d)</sup> , Claudia Yolanda Valero Luna <sup>(e)</sup> , Leo Alvarado Perea. <sup>(f)</sup> <sup>a</sup> Unidad Académica de Ingeniería Eléctrica, Doctorado en Ingeniería y Tecnología Aplicada, Universidad Autónoma de Zacatecas "Francisco García Salinas", Ramon López Velarde #801, Zac., Zacatecas, 98000, México. <sup>b</sup> Unidad Académica de Ciencias Químicas y Maestría en Ciencias de la Ingeniería, Universidad Autónoma de Zacatecas, Campus UAZ Siglo XXI, Carr. a Guadalajara Km. 6, Ejido La Escondida, Zac., Zacatecas, 98160, México. <sup>c</sup> Departamento de Química de la Unidad Iztapalapa, Universidad Autónoma Metropolitana, Av. San Rafael

		<p>Atlixco 186, Leyes de Reforma 1ra Secc., Iztapalapa, Cd. de México 09340, México.</p> <p><sup>d</sup> Posgrado en Ingeniería y Tecnología Aplicada, Unidad Académica de Ingeniería Eléctrica / Universidad Autónoma de Zacatecas, Zac., Zacatecas, C.P. 98000, México.</p> <p><sup>e</sup> Maestría en Ciencias de la Ingeniería, Unidad Académica de Ingeniería Eléctrica, Universidad Autónoma de Zacatecas, Campus UAZ Siglo XXI, Carr. a Guadalajara Km.6, Ejido La Escondida, Zac., Zacatecas, 98160, México.</p> <p><sup>f</sup> Unidad Académica de Ciencias Químicas, Maestría en Ciencias de la Ingeniería y Posgrados en Ingeniería y Tecnología Aplicada, Universidad Autónoma de Zacatecas, Campus UAZ Siglo XXI, Carr. a Guadalajara km 6, Ejido La Escondida, Zac., Zacatecas, 98160, México.</p>
16:37-16:44	CATA-OCV-25	<p><b>Síntesis de silices mesoporosas bifuncionales para la obtención de ésteres valéricos a partir de <math>\gamma</math>-valerolactona.</b></p> <p>Rocio Nicollier*, Gustavo Mendow, Bárbara Sánchez</p> <p>Instituto de Investigación en Catálisis y Petroquímica "Ing. José Miguel Parera" – FIQ UNL – CONICET, Santa Fe, Argentina, 3000</p>
16:44-16:51	CATA-OCV-28	<p><b>Fotodegradación de fenol usando materiales del tipo Cu-Al-MCM-41 sintetizados por Deposición Química de Vapor (CVD).</b></p> <p>Pedro Antonio González Ocegueda<sup>(a)</sup>, Laura Annette Romero De León<sup>(b)</sup>, Yulissa Aleli Esquivel Corona<sup>(a)</sup>, Alfonso Talavera López <sup>(c)</sup>, Carlos Alberto Olvera Olvera<sup>(d)</sup>, Jesús Alejandro López Gaona <sup>(e)</sup>, Sandra Cipagauta Diaz <sup>(e)</sup>, Luis Octavio Solís Sánchez <sup>(a)</sup>, Leo Alvarado Perea. <sup>(b)</sup></p> <p><sup>a</sup> Unidad Académica de Ingeniería Eléctrica, Doctorado en Ingeniería y Tecnología Aplicada, Universidad Autónoma de Zacatecas "Francisco García Salinas", Ramon López Velarde #801, Zacatecas, Zacatecas, 98000, MÉXICO.</p> <p><sup>b</sup> Unidad Académica de Ciencias Químicas, Maestría en Ciencias de la Ingeniería y Posgrados en Ingeniería y Tecnología Aplicada, Universidad Autónoma de Zacatecas, Campus UAZ Siglo XXI, Carr. a Guadalajara Km. 6, Ejido La Escondida, Zacatecas, Zacatecas, 98160, MÉXICO.</p> <p><sup>c</sup> Unidad Académica de Ciencias Químicas y Maestría en Ciencias de la Ingeniería, Universidad Autónoma de Zacatecas, Campus UAZ Siglo XXI, Carr. a Guadalajara Km. 6, Ejido La Escondida, Zacatecas, Zacatecas, 98160, MÉXICO.</p> <p><sup>d</sup> Unidad Académica de Ingeniería Eléctrica, Maestría en Ciencias de la Ingeniería, Universidad Autónoma de Zacatecas, Campus UAZ Siglo XXI, Carr. a Guadalajara Km.6, Ejido La Escondida, Zacatecas, Zacatecas, 98160, MÉXICO.</p> <p><sup>e</sup> Departamento de Química de la Unidad Iztapalapa, Universidad Autónoma Metropolitana, Av. San Rafael Atlixco 186, Leyes de Reforma 1ra Secc., Iztapalapa, Cd. de México 09340, MÉXICO.</p>
16:51-16:58	CATA-OCV-31	<p><b>Fotodegradación de amoxicilina usando nanopartículas de <math>\text{CaZn}_2(\text{OH})_6 \cdot 2\text{H}_2\text{O}</math> y ZnO para aplicación en tratamiento de aguas residuales.</b></p> <p>Stephania Guadalupe Lázaro Mass<sup>a*</sup>, Miguel Ángel Ruíz Gómez<sup>b</sup>, Luis Herrera Candelario.<sup>c</sup>, Gloria Hernández Bolio<sup>a</sup>, Susana de la Rosa García<sup>c</sup>, Antonio F. Fuentes<sup>d</sup>, Sergio Alberto Gómez Cornelio<sup>e,f</sup>, Patricia Quintana Owen.<sup>a</sup></p> <p><sup>a</sup> Depto. de Física Aplicada (LANNBio), CINVESTAV del IPN Unidad Mérida, Mérida, México C.P. 97205.</p> <p><sup>b</sup> División Académica de Ciencias Ambientales, Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica A.C., San Luis Potosí, México C.P. 78216.</p> <p><sup>c</sup> DACBiol, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Villahermosa, México C.P. 86150</p> <p><sup>d</sup> CINVESTAV del IPN Unidad Saltillo, Ramos Arizpe, México C.P. 25900.</p> <p><sup>e</sup> DAIA, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Cunduacán, México C.P. 86690.</p> <p><sup>f</sup> Universidad Politécnica del Centro, Villahermosa, México C.P. 86290.</p>
16:58-17:20	CATA-OEV-09	<p><b>Evaluación de las capacidades fotocatalíticas de polvos de <math>\text{TiO}_2</math> dopados a distintos porcentajes de Fe provenientes de lixiviación ácida de arenas negras de ilmenita mediante la oxidación del naranja de metilo.</b></p> <p>Alejandro Vergara Arrieta <sup>a</sup>, Cristian Fabian Parra Rangel <sup>b</sup>, Elcy María Córdoba Tuta<sup>c</sup>.</p> <p>Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia.</p>
17:20-17:40	CATA-OEV-10	<p><b>Efecto catalítico de Níquel soportado en carbo-álumina derivada de MIL-53 (Al) en la selectividad a BTX mediante co-hidropirólisis.</b></p> <p>Carlos Romero-Unda<sup>a</sup>, Kevin Fernández-Andrade<sup>a</sup>, Serguei Alejandro-Martínez,<sup>b*</sup></p> <p><sup>a</sup> Laboratorio de Cromatografía Gaseosa y Pirólisis Analítica, Universidad del Bío-Bío, Concepción, Chile.</p> <p><sup>b</sup> Departamento de Ingeniería en Maderas, Facultad de Ingeniería, Universidad de Bío-Bío, Concepción, Chile.</p>
17:40- 18:00	CATA-OEV-12	<p><b>Producción de aminas aromáticas biobasadas a partir de aminación reductiva de furfural sobre un catalizador de <math>\text{Pd/ZrO}_2\text{-TiO}_2</math></b></p> <p><sup>a</sup>Alex Fernández Andrade, <sup>b</sup> Cristian. H. Campos, <sup>a</sup> Luis E. Arteaga-Pérez.</p> <p><sup>a</sup>Laboratory of Thermal and Catalytic Processes, University of Bío-Bío, Faculty of Engineering, Department of Wood Engineering, 4081112, Concepción, Chile.</p> <p><sup>b</sup>University of Concepción, Faculty of Chemical Sciences, Department of Physicochemistry, Edmundo Larenas 129, 4070386, Concepción, Chile.</p>

LUNES 28 DE OCTUBRE: Tarde-Sesión 1, Sala 2.

Link: <https://meet.google.com/rkn-wwdo-bzz?hs=122&authuser=0>

Moderador 4: Luz Marina Ocampo Carmona

Hora	Código	Trabajo
13:45-14:05	DESU-OEV-25	<b>Adsorción selectiva de butanol y metil etil cetona empleando adsorbentes derivados de biomasa residuales (Propuesta de Investigación).</b> Gabriela Laguna <sup>a</sup> , Hilda Reynel. <sup>b</sup> <sup>a</sup> Instituto Tecnológico de Aguascalientes, Aguascalientes, México 20256. <sup>b</sup> Instituto Tecnológico de Aguascalientes, Aguascalientes, México 20256.
14:05-14:25	DESU-OEV-29	<b>Valorización de óxido de zinc recuperado de pilas alcalinas (MnO<sub>2</sub>-Zn).</b> Juan Carlos Rodríguez Lopez <sup>a*</sup> , Susana Hernández López <sup>b</sup> , Nidia García González <sup>c</sup> , Victor Hugo Castrejón Sánchez <sup>c</sup> , Marco Antonio Camacho López <sup>b</sup> , Enrique Viguera Santiago. <sup>b</sup> <sup>a</sup> Universidad Autónoma del Estado de México (UAEMéx), Maestría en Ciencia de Materiales, Facultad de Química, Campus Rosedal Km 14.5 Carretera Toluca-Atzacomulco, Toluca, México, C.P. 50200. <sup>b</sup> Autónoma del Estado de México (UAEMéx), Laboratorio de Investigación y Desarrollo de Materiales Avanzados (LIDMA), Facultad de Química, Campus Rosedal Km 14.5 Carretera Toluca-Atzacomulco, Toluca, México, C.P. 50200. <sup>c</sup> Tecnológico de Estudios Superiores de Jocotitlán, Departamento de Ingeniería Química, Carretera Toluca- Atzacomulco km 44.8, Ejido de San Juan y San Agustín, Jocotitlán, Edo. México, México. C.P. 50700.
14:25-14:32	DESU-OCV-39	<b>Cultivos Indoor adicionando UV-LED para la Desinfección en Hortalizas.</b> Ruth Martínez Escobedo <sup>a</sup> , Ernesto Olvera Gonzalez <sup>a*</sup> , Edgar Zacarías Moreno <sup>a</sup> , Enrique Javier Martínez Delgado <sup>b</sup> , Luis Diaz-Andrade <sup>a</sup> , Nivia Escalante-García. <sup>a</sup> <sup>a</sup> Laboratorio de Iluminación Artificial (LIA), Tecnológico Nacional de México/IT de Pabellón de Arteaga, Carretera la Estación de Rincón Km. 1, 20670, Aguascalientes, México. <sup>b</sup> Departamento de Ingenierías, Tecnológico Nacional de México/IT de Pabellón de Arteaga, Carretera la Estación de Rincón Km. 1, 20670, Aguascalientes, México.
14:32 -14:39	DESU-OCV-41	<b>Comparación del proceso hidrotérmico a baja presión y pirolisis a presión para el reciclaje de polietileno y polipropileno.</b> Joel Reza <sup>a</sup> , Patricia Pérez Romo <sup>a</sup> , Georgina C. Laredo <sup>a</sup> Instituto Mexicano del Petróleo, Ciudad de México, México, 07730
14:39-14:46	DESU-OCV-15	<b>Estudio computacional de las condiciones de operación y optimización para bombas de calor asociadas a sistemas energéticos sostenibles.</b> Pablo Ignacio Hernández Arango <sup>a*</sup> ALD Vacuum Technologies GmbH, Hanau, Alemania.
14:46-14:53	DESU-OCV-17	<b>Síntesis de bio-surfactantes a partir del uso de biomasa residual de bagazo de caña panelera como proceso de valoración de residuos.</b> Luis Miguel Salas-Chia <sup>ab*</sup> , Jessica Paola Suárez-Santamaría <sup>b</sup> , Darío Yesid Peña-Ballesteros <sup>b</sup> , Daniel Molina-Velasco <sup>c</sup> , Miller Humberto Salas Rondón <sup>d</sup> , Adan Yovani León Bermúdez <sup>b</sup> <sup>a</sup> Faculty of Agricultural, Life & Environmental Sciences, University of Alberta, Edmonton, Canada T6G 1C9. <sup>b</sup> Grupo de Investigaciones en Corrosión, Universidad Industrial de Santander, Piedecuesta, Colombia 681011. <sup>c</sup> Laboratorio de Resonancia Magnética Nuclear, Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia 680002. <sup>d</sup> Grupo Geomática, Gestión y Optimización de Sistemas, Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia 680002.
14:53-15:00	DESU-OCV-20	<b>Síntesis de solventes alternativos (líquidos iónicos y solventes eutécticos profundos) base cafeína protonada con potencial aplicación para desulfuración de combustibles.</b> Laura Sofía Benavides Maya <sup>a*</sup> , Luz Marina Ocampo <sup>b</sup> , Luvier Echeverry <sup>c</sup> Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia, 050036.
15:00-15:20	DESU-OEV-46	<b>Carbón Vítreo Reticulado a Partir de Pseudotallo de Banano y Sacarosa Modificado con N-TiO<sub>2</sub> y su Capacidad de Adsorción/Fotocatálisis en la Remoción de Colorantes.</b> Edith Johanna Díaz Cañas <sup>1*</sup> ; Elcy María Córdoba Tuta <sup>2</sup> , Próspero Acevedo Peña <sup>3</sup> . <sup>1</sup> Grupo de Investigación en Desarrollo y Tecnología de Nuevos Materiales, GIMAT, Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia. <sup>2</sup> Grupo de Investigación en Desarrollo y Tecnología de Nuevos Materiales, GIMAT, Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia. <sup>3</sup> CONACYT-Instituto Politécnico Nacional, CICATA Legaria, Calzada Legaria 694, Col. Irrigación, 11500 CDMX, México.
15:20-15:40	DESU-OEV-07	<b>Diseño de una columna de extracción líquido-líquido para el proceso de recuperación de cobalto a partir de residuos electrónicos.</b> Daniel Quintero Almanza <sup>a</sup> , Zeferino Gamiño Arroyo <sup>a</sup> , Fernando Israel Gómez Castro <sup>a</sup> , Lorena Eugenia Sánchez Cadena <sup>b</sup> , Agustín Ramón Uribe Ramírez <sup>a</sup> <sup>a</sup> Departamento de Ingeniería Química, Universidad de Guanajuato, Guanajuato, México C.P. 36050. <sup>b</sup> Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental, Universidad de Guanajuato, Guanajuato, México C.P. 36000.
15:40-16:00	DESU-OEV-08	<b>Desarrollo de materiales compuestos sustentables reforzados con fibra natural de agave residual del proceso del tequila.</b> Israel Dávila Pérez <sup>1*</sup> , Juan Carlos Tapia Picazo <sup>1</sup> , Daniel Alcalá Sánchez. <sup>1</sup> Departamento de Ingeniería Química, Instituto Tecnológico de Aguascalientes, Aguascalientes, México, 20255.
16:00-16:15		DESCANSO

**LUNES 28 DE OCTUBRE:** Tarde-Sesión 2, Sala 2.

Link: <https://meet.google.com/rkn-wwdo-bzz?hs=122&authuser=0>

Moderador 5: Gina Marcela Hincapié

Hora	Código	Trabajo
16:15 -16:22	DESU-OCV-23	<b>Síntesis de eco-catalizadores ácidos a partir de residuos de sagú (<i>canna edulis</i>) y cacao (<i>theobroma cacao</i>) para su empleo en la acetilación del alcohol isoamílico.</b> Karen Nathalia Rosero Villaquirán <sup>a</sup> , Helena García Rosero <sup>b</sup> , Alfonso Enrique Ramírez Sanabria <sup>a</sup> , Cristian David Miranda Muñoz. <sup>a</sup> <sup>a</sup> Universidad del Cauca, Popayán, Colombia, 19000. <sup>b</sup> Universidad de los Llanos, Villavencio, Colombia, 50000.
16:22 -16:30	DESU-OCV-30	<b>Biocarbonos de Borra de Café con potencial uso en remediación ambiental.</b> Luigi Merchán Suárez, Yazmín Agamez Pertuz, Eduard Romero Malagón. <sup>a</sup> Departamento de Química, Facultad de Ciencias, Universidad de Colombia, Bogotá
16:30 -16:37	DESU-OCV-32	<b>Síntesis de carbonos activados de biomasa agroindustrial para la adsorción eficiente de surfactantes en el tratamiento de aguas de producción.</b> Michell Andrey Jiménez Caballero <sup>a*</sup> , Andrés Alejandro Pacheco Gómez <sup>a</sup> , Lesly Valentina Contreras Silva <sup>a</sup> , Daniel Ricardo Molina Velasco <sup>b</sup> , Darío Yesid Peña Ballesteros <sup>a</sup> , Adan Yovani León Bermúdez <sup>a</sup> <sup>a</sup> Grupo de Investigaciones en Corrosión (GIC), Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia, Código Postal 680002. <sup>b</sup> Laboratorio de Espectroscopia Atómica y Molecular (LEAM), Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia, Código Postal 680002.
16:37-16:44	DESU-OCV-33	<b>Madera sintética (WPC) a partir de lignina extraída de carbón mineral de bajo rango y plástico postconsumo. Contribución ambiental.</b> Edwin Ramírez Triana <sup>a</sup> , Deicy Ramírez Ramírez <sup>b</sup> , Jeymy Sarmiento Monsalve <sup>c</sup> , Álvaro Jiménez Montoya. <sup>d</sup> Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, Colombia 110311.
16:51-16:58	DESU-OCV-37	<b>Preparación de adsorbentes derivados de cáscara de coco para la remoción de antibióticos en agua.</b> Jhon Faber Quintero Sandoval <sup>a*</sup> , Adrián Bonilla Petriciolet. <sup>b</sup> <sup>a</sup> <sup>b</sup> Instituto Tecnológico de Aguascalientes, Aguascalientes, México 20255.
16:58-17:20	DESU-OEV-09	<b>Síntesis de catalizadores Sn/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> funcionalizados para la valorización de derivados de biomasa en medio acuoso.</b> Sandra Z. Romero <sup>a</sup> , Pablo J. Luggren <sup>a</sup> , Verónica K. Díez <sup>a</sup> . <sup>a</sup> Grupo de Investigación en Ciencia e Ingeniería Catalíticas (GICIC), Instituto de Investigaciones en Catálisis y Petroquímica (INCAPE, CONICET-UNL). Predio CONICET, Colectora RN N°168 Km 0, Santa Fe, Argentina, 3000.
17:20-17:40	DESU-OEV-11	<b>Estudio de la obtención de estructuras carbonosas bidimensionales mediante tratamiento térmico de carrizo (<i>Phragmites australis</i>) en atmósfera de aire.</b> Raúl Pareja-Rodríguez <sup>1</sup> , Enelio Torres García <sup>2</sup> , Rocío Martínez Flores <sup>3</sup> , Geonel Rodríguez Gattorno <sup>1</sup> <sup>1</sup> Departamento de Física Aplicada, CINVESTAV-IPN, Carr. Antigua a Progreso km. 6, CORDEMEX, 97310, Mérida, Yucatán, México. <sup>2</sup> Instituto Mexicano del Petróleo, Eje Central Lázaro Cárdenas Norte #152, 07730, Ciudad de México, México. <sup>3</sup> Tecnológico Nacional de México, TecNM, Instituto Tecnológico Superior de Monclova, Carretera 57 km. 4.5, 25733, Monclova, Coahuila, México.
17:40- 18:00	DESU-OEV-24	<b>Extracción de niobio y tántalo de la escoria generada en la producción de estaño mediante tratamiento térmico y lixiviación con ácido oxálico.</b> Darwin Michell Cheje Machaca <sup>*</sup> , Jorge Alberto Soares Tenorio, Denise Croce Romano Espinosa, Thamyres Cardoso de Carvalho. Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil, 05508-080.

**MARTES 29 DE OCTUBRE:** Mañana-Sesión 1, Sala 1.

Link: <https://meet.google.com/yjv-ytnj-nks?hs=122&authuser=0>

Moderador 6: Victor Gabriel Baldovino

Hora	Código	Trabajo
08:00-08:50		<b>Plenaria 1.</b> Dr. Alfonso Enrique Ramírez Sanabria, Universidad del Cauca, Popayán, Colombia. <b>“Oxidación de Tolueno”: 2 Ejemplos “vivos”.</b>
09:00-09:20	CATA-OEV-14	<b>Aminación reductiva de furfural por estrategia TANDEM y simulación en Aspen Plus.</b> Juan P. Parra-Orellana <sup>a</sup> , Alex Fernández-Andrade <sup>a</sup> , Katherine Arriagada-Fuentes <sup>a</sup> , Cristian H. Campos <sup>b</sup> , Luis E. Arteaga- Perez <sup>a*</sup> <sup>a</sup> Laboratorio de Procesos térmicos y Catalíticos (LPTC), Universidad del Bío-Bío, Concepción, Chile, 4030000. <sup>b</sup> Universidad de Concepción, Facultad de Ciencias Químicas, Departamento de Físicoquímica, Concepción, Chile, 4030000.
09:20-09:40	CATA-OEV-17	<b>Estudio de la cinética de formación de compuestos plataforma durante la Hidropirólisis Catalítica de Roble chileno (<i>Nothofagus obliqua</i>).</b> Romina Vivallo Valenzuela <sup>a</sup> , Kevin Fernández Andrade <sup>a</sup> , Serguei Alejandro-Martin <sup>a*</sup> <sup>a</sup> Universidad del Bío-Bío, Concepción, Chile 4600000.
10:00-10:15		<b>DESCANSO</b>

**MARTES 29 DE OCTUBRE:** Mañana-Sesión 2, Sala 1.

Link: <https://meet.google.com/yjv-ytnj-nks?hs=122&authuser=0>

Moderador 7: Alba Nelly Ardila Arias

Hora	Código	Trabajo
10:15-10:22	CATA-OCV-36	<b>Estudio computacional de la estabilidad de ocho nonámeros bimetálicos de AuxPdy (<math>x + y = 9</math>) adsorbidos en superficies de Anatasa: (101), (001) y (301).</b> Claudia Santos Barón <sup>a</sup> , Juan Burgos Beltrán <sup>b</sup> , Elkin Tívez Marrugo <sup>c</sup> , Sol M. Mejía <sup>a</sup> , Perla, B. Balbuena <sup>d</sup> <sup>a</sup> Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia, 110231. <sup>b</sup> Universidad de Cartagena, Cartagena, Colombia, 130001. <sup>c</sup> Universidad de la Amazonia, Florencia, Colombia, 180001. <sup>d</sup> Universidad de Texas A&M, Texas, USA, 77843.
10:23-10:30	CATA-OCV-37	<b>Degradación fotocatalítica de microplásticos empleando óxido de titanio soportado en óxido de grafeno.</b> Paula Escobar Rojas <sup>a</sup> , Miguel Ángel Mueses <sup>b</sup> , Cristian David Miranda Muñoz <sup>a*</sup> . <sup>a</sup> Grupo de Investigación Catálisis, Universidad del Cauca, Popayán, Colombia, 190002. <sup>b</sup> Grupo de investigación MAOX, Universidad de Cartagena, Cartagena, Colombia, 130001.
10:31-10:38	CATA-OCV-03	<b>Desarrollo de materiales mesoporosos ácidos: influencia de los métodos de síntesis.</b> Lourdes Vergara <sup>a*</sup> , Bárbara Sánchez <sup>a</sup> , Gustavo Mendow <sup>a</sup> , Carlos Querini <sup>a</sup> . Instituto de Investigaciones en Catálisis y Petroquímica "Ing. José Miguel Parera"- UNL-CONICET, Santa Fe, Argentina, 3000.
10:40-11:00	CATA-OEV-24	<b>Influencia del solvente y del agente precipitante en la síntesis de partículas de óxidos de manganeso aplicadas a la oxidación de hollín.</b> María Laura Godoy <sup>*</sup> , V.G. Milt, E.E. Miró, E.D. Banús. Instituto de Investigaciones en Catálisis y Petroquímica (INCAPE – CONICET), Facultad de Ingeniería Química (FIQ – UNL), Santa Fe, Argentina, C.P.: 3000.
11:00-11:20	CATA-OEV-27	<b>Co-Ce impregnado en arcilla para la combustión de hollín: del catalizador en polvo al sistema estructurado impreso en 3D.</b> Natalia Courtalón <sup>0*</sup> , E. D. Banús, J. P. Bortolozzi Instituto de Investigaciones en Catálisis y Petroquímica (INCAPE, UNL-CONICET), Santa Fe, Argentina, 3000.
11:20-11:40	CATA-OEV-32	<b>PdPt/Al/SBA-15 tioresistente para hidrogenación de naftaleno.</b> María C. Barrera Domínguez <sup>a*</sup> , José Escobar Aguilar <sup>b*</sup> , Benoit Roger Fouconnier <sup>a</sup> , María del Carmen Cuevas <sup>a</sup> <sup>a</sup> Universidad Veracruzana, Veracruz, México, 96559. <sup>b</sup> Instituto Mexicano del Petróleo, México, México, 07730.
11:40-12:00	CATA-OEV-34	<b>Valorización de bioalcoholes ABE mediante la síntesis de olefinas livianas.</b> Cristhian Andrés Fonseca, Pablo Jorge Luggren. Grupo de Investigación en Ciencia e Ingeniería Catalíticas (GICIC), Instituto de Investigaciones en Catálisis y Petroquímica (INCAPE, CONICET-UNL), Santa Fe (C.P. 3000), Argentina.
12:00-13:00	<b>DESCANSO</b>	

MARTES 29 DE OCTUBRE: Tarde-Sesión 3, Sala 1.

Link: <https://meet.google.com/yjv-ytnj-nks?hs=122&authuser=0>

Moderador 8: Cristian Camilo Villa Zabala.

Hora	Código	Trabajo
13:00-13:20	CATA-OEV-35	<b>Películas de nano-óxidos obtenidas por crecimiento in situ en sustratos de alpaca: un sistema catalítico eficiente en la reacción de COProx.</b> Mayra A. Franco <sup>a</sup> , María A. Ulla <sup>a</sup> , Juan M. Zamara <sup>a</sup> . <sup>a</sup> Instituto de Investigaciones en Catálisis y Petroquímica (INCAPE), Santa Fe, Argentina 3000.
13:20-13:40	CATA-OEV-38	<b>Reducción de Cenizas en Materiales Carbonosos Derivados de Llantas Residuales: Un Enfoque Combinado de Sonicación y Pirólisis.</b> Madelyn Ortiz Quiceno <sup>a</sup> , Alba N. Ardila A. <sup>a</sup> , Erasmo Arriola Villaseñor <sup>a</sup> , Salvador Ordoñez. <sup>b</sup> <sup>a</sup> Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid, Facultad de Ciencias y Educación, CP 050022, Medellín, Colombia. <sup>b</sup> Department of Chemical and Environmental Engineering, University of Oviedo, 33006 Oviedo, Spain
13:45-14:32		<b>Plenaria 2. Dr. Salvador Ordoñez García, Universidad de Oviedo, Oviedo, España. "El aceite de pirolisis como fuente renovable de productos químicos".</b>
14:32-14:39	CATA-OCV-39	<b>Síntesis de fibras biomórficas catalíticas para la oxidación de hollín diésel.</b> Sabrina Leonardi <sup>1</sup> , Maximiliano Rodríguez <sup>1</sup> , Eric Gaigneaux <sup>2</sup> , Eduardo Miró <sup>1</sup> , Viviana Milt <sup>1</sup> . <sup>1</sup> Instituto de Investigaciones en Catálisis y Petroquímica INCAPE (UNL-CONICET), Santa Fe, Argentina, C.P. 3000. <sup>2</sup> Institute of Condensed Matter and Nanosciences (IMCN), (UCLouvain), Louvain-la-Neuve, Belgium. P. C. 1348.
14:39 -15:00	CATA-OCV-06	<b>Obtención de catalizadores funcionalizados con Na y K a partir de residuos urbanos.</b> Felipe de Jesús Villalobos Delgado <sup>a*</sup> , Mariana López Guerrero <sup>a</sup> , Hilda Elizabeth Reynel Ávila <sup>ab</sup> . <sup>a</sup> Instituto Tecnológico de Aguascalientes, Aguascalientes, México, 20256. <sup>b</sup> CONAHCYT, Cátedras Jóvenes Investigadores, México, 03940.
15:00-15:20	DESU-OEV-50	<b>Análisis de los cambios en el recubrimiento de biovidrio en presencia de fluidos fisiológicos simulados</b> A. Talavera-Lopez <sup>a</sup> , G. Roque <sup>b</sup> , A. N. Ardila Arias <sup>c</sup> , M. Salazar-Hernández <sup>d</sup> , J. P. Ruelas-Leyva <sup>e</sup> , R. Hernandez-Soto <sup>b</sup> , J. A. Hernández <sup>b</sup> <sup>a</sup> Unidad de Ciencias Químicas, Universidad de Zacatecas, Campus UAZ siglo XXI. Carretera a Guadalajara km 6, ejido la escondida, Zacatecas, México. 98160. <sup>b</sup> UPIIG, del Instituto Politécnico Nacional. Av. Mineral de Valencia No. 200, Col. Fracc. Industrial Puerto Interior, Silao de la Victoria, Guanajuato, México. 36275. <sup>c</sup> Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid, Carrera 48 No. 7-151, Medellín, Colombia. 051052. <sup>d</sup> Departamento de Ingeniería en Minas, Metalurgia y Geología, División de Ingenierías, Universidad de Guanajuato, Guanajuato, México. 36020. <sup>e</sup> Facultad de Ciencias Químico-Biológicas, Universidad Autónoma de Sinaloa, Ciudad Universitaria, 80030, Culiacán, Sinaloa, México.
15:20-15:40	DESU-OEV-51	<b>Uso de Brushita como adsorbente para la eliminación de colorantes aniónicos y catiónicos presentes en soluciones acuosas</b> Alfonso Talavera-Lopez <sup>1</sup> , Antonio Mendes-Salas <sup>2</sup> , Mercedes Salazar-Hernández <sup>3</sup> , Alba N. Ardila A. <sup>4</sup> , Rosa Hernandez-Soto <sup>2</sup> , Oscar Joaquín Solís-Marcial <sup>5</sup> , Jose A. Hernández <sup>2,7</sup> <sup>a</sup> Unidad de Ciencias Químicas, Universidad de Zacatecas, Campus UAZ siglo XXI. Carretera a Guadalajara km 6, ejido la escondida, Zacatecas, México. 98160. <sup>b</sup> UPIIG, del Instituto Politécnico Nacional. Av. Mineral de Valencia No. 200, Col. Fracc. Industrial Puerto Interior, Silao de la Victoria, Guanajuato, México. 36275. <sup>c</sup> Departamento de Ingeniería en Minas, Metalurgia y Geología, División de Ingenierías, Universidad de Guanajuato, Guanajuato, México. 36020. <sup>d</sup> Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid, Carrera 48 No. 7-151, Medellín, Colombia. 051052. <sup>e</sup> Unidad Profesional Interdisciplinaria de Ingeniería Campus Zacatecas, Instituto Politécnico Nacional, Calle Circuito del Gato 202, Zacatecas 98160, Mexico.
15:40-16:00	DESU-OEV-52	<b>Nanomateriales Fotocatalíticos a partir de Residuos de Decapado: Un Enfoque para la Degradación de Colorantes</b> Alba N. Ardila A. <sup>a</sup> , Alejandro Ramírez Marín <sup>b</sup> , David. A Ortiz-Muñoz <sup>a</sup> , A. Talavera-López <sup>c</sup> , Erasmo Arriola-Villaseñor <sup>a</sup> , Luz M. Ocampo-Carmona <sup>b</sup> <sup>a</sup> Research Group on Environmental Catalysis and Renewable Energies - CAMER, Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid, Medellín-Colombia. <sup>b</sup> Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín - UNAL, Medellín Colombia. <sup>c</sup> Universidad Autónoma de Zacatecas, Zacatecas, México.
16:00-16:20	DESU-OEV-53	<b>Síntesis y caracterización de sulfato ferroso heptahidratado a partir de alambre de acero reciclado de llantas usadas</b> Sebastián Amar Gila <sup>b</sup> , Alba N. Ardila A. <sup>b</sup> , Rolando Barrera Zapata <sup>c</sup> <sup>a</sup> Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid, Carrera 48 No. 7-151, Medellín, Colombia. 051052. <sup>b</sup> Facultad de Ingenierías, Universidad de Antioquia.

<b>MARTES 29 DE OCTUBRE:</b> Mañana-Sesión 1, Sala 2.		
Link: <a href="https://meet.google.com/rkn-wwdo-bzz?hs=122&amp;authuser=0">https://meet.google.com/rkn-wwdo-bzz?hs=122&amp;authuser=0</a>		
Moderador 9: Erika Bustos Bustos		
Hora	Código	Trabajo
09:13-09:20	DESU-OCV-31	<b>Simulación dinámica molecular de la extracción de lantano utilizando un solvente eutéctico profundo.</b> Lover Echeverry-Vargas <sup>1*</sup> y Luz Marina Ocampo Carmona. <sup>2</sup> <sup>1</sup> Departamento de Ingeniería metalúrgica, Universidad de Concepción; Chile. <sup>2</sup> Departamento de materiales y minerales, Universidad Nacional de Colombia.
09:40-10:00	DESU-OEV-36	<b>Aprovechamiento del cuesco de palma africana en la generación de carbones activados para la remoción de surfactantes aniónicos presentes en aguas de producción.</b> Sergio Castellanos Amador <sup>a*</sup> , Adan León Bermúdez <sup>b</sup> , Dario Peña Ballesteros <sup>c</sup> , Daniel Molina Velasco. <sup>d</sup> <sup>a b c d</sup> Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia, 680001.
10:00-10:15	<b>DESCANSO</b>	

<b>MARTES 29 DE OCTUBRE:</b> Mañana-Sesión 2, Sala 2.		
Link: <a href="https://meet.google.com/rkn-wwdo-bzz?hs=122&amp;authuser=0">https://meet.google.com/rkn-wwdo-bzz?hs=122&amp;authuser=0</a>		
Moderador 10: Eduart A. Gutiérrez Pineda		
Hora	Código	Trabajo
10:15-10:40	DESU-OEV-38	<b>Valorización energética de polietileno de baja densidad mediante procesos hidrotermales y pirolíticos a presión: contribución a la economía circular.</b> Edith Meneses-Ruiz <sup>a*</sup> , Georgina Cecilia Laredo Sánchez <sup>a</sup> , Juan Carlos Quintero Hernández <sup>b</sup> , Jair Jared León Villordo <sup>b</sup> . <sup>a</sup> Institución Mexicana del Petróleo, CDMX, México., C.P. 07730. <sup>b</sup> Instituto Politécnico Nacional, CDMX, México, C.P. 07738.
10:40-11:00	DESU-OEV-03	<b>Implementación de sensores IoT de bajo costo en el cálculo de la huella de carbono y la huella hídrica.</b> Adriana María Flórez Laiseca, Fernando Yepes Calderón <sup>b</sup> . <sup>a</sup> Universidad del Quindío, Armenia, Colombia, 630001. <sup>b</sup> Science-Based Platform, FortLauderdale, USA, 33324. <sup>c</sup> GYM Group SA, Cali, Colombia, 630001.
11:00-11:20	DESU-OEV-43	<b>Revelando el manejo de residuos orgánicos acuícolas en la vereda Mojondinoy- el Encano.</b> Jenifer del Carmen Gómez Hernández <sup>a*</sup> , Lidia Mercedes Oviedo Botina. <sup>b</sup> <sup>a</sup> Universidad de Nariño, San Juan de Pasto, Colombia y 520002. <sup>b</sup> Universidad de Nariño, San Juan de Pasto, Colombia y 520002.
11:20-11:40	DESU-OEV-44	<b>Construcción Sostenible en el Departamento del Quindío durante el periodo 2012-2022.</b> Lorena Villegas Muñoz <sup>a</sup> , Cindey Bermúdez Agudelo <sup>b</sup> y Adriana María Flórez Laiseca <sup>c</sup> . <sup>a</sup> Magíster en Administración de Empresas con Énfasis en Gestión de Calidad y Medio Ambiente Corporación Universitaria Empresarial Alexander von Humboldt, Facultad de Ingenierías y Ciencias Básicas, Grupo de Investigación Eje Cafetero, Ciencia, Ingeniería e Industria. <sup>b</sup> Maestría en Ciencias Sociales. Universidad del Quindío, Programa de Economía. <sup>c</sup> Magíster en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente. Universidad del Quindío, Programa de Economía, Grupo de Investigación Economía, Ambiente y Sociedad
11:40-12:00	DESU-OEV-47	<b>Evaluación de la modificación de la microestructura del mineral de bauxita mediante tratamientos de ultrasonido y químicos para su uso potencial como transportador sólido de oxígeno.</b> Alba N. Ardila A <sup>a*</sup> , Juan D. Valencia G <sup>a*</sup> , Erasmo Arriola Villaseñor <sup>a</sup> . <sup>a</sup> Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid, Facultad de Ciencias y Educación, CP 050022, Medellín, Colombia.
12:00-13:00	<b>DESCANSO</b>	

<b>MARTES 29 DE OCTUBRE:</b> Tarde-Sesión 3, Sala 2.		
Link: <a href="https://meet.google.com/rkn-wwdo-bzz?hs=122&amp;authuser=0">https://meet.google.com/rkn-wwdo-bzz?hs=122&amp;authuser=0</a>		
Moderador 11: Leidy Hoyos Giraldo		
Hora	Código	Trabajo
13:00-13:20	ENRE-OEV-01	<b>Revalorización de Efluentes Industriales para la Síntesis de Electrocatalizadores en la Producción de Hidrógeno Verde.</b> Yeison Lozano Rodríguez <sup>a*</sup> , Sergio Blanco <sup>b</sup> , Pedro Delvasto. <sup>c</sup> <sup>a</sup> Ingeniero Petroquímico. Universidad Industrial de Santander (UIS), Bucaramanga <sup>b</sup> Ph.D en Ingeniería. Universidad Industrial de Santander (UIS), Bucaramanga <sup>c</sup> Ph.D en ciencia de Materiales. Universidad Industrial de Santander (UIS), Bucaramanga.
13:20-13:40	ENRE-OEV-03	<b>Revalorización de salvado de trigo para la obtención de compuestos plataforma.</b> Lucas Ezequiel Retamar. <sup>a*</sup> , Piovano, F. <sup>a</sup> , Boix, A. V. <sup>a</sup> , Aspromonte, S. G. <sup>a</sup> Instituto de Investigaciones en Catálisis y Petroquímica (INCAPE, CONICET), Facultad de Ing. Química, <sup>a</sup> Universidad Nacional del Litoral (FIQ, UNL). Santiago del Estero 2829, CP: 3000, Santa Fe, Argentina.
14:32-14:39	ENRE-OCV-02	<b>Conversión de furfural derivado de biomasa a compuestos combustibles.</b> Juan Manuel Gimenez <sup>a*</sup> , María Soledad Zanuttini <sup>a</sup> , Cristian Ferretti <sup>a</sup> , Claudia Neyertz. <sup>a</sup> <sup>a</sup> Instituto de Investigaciones en Catálisis y Petroquímica (INCAPE-CONICET-UNL) - Grupo de Investigación en Productos Renovables y Catálisis (GIPREC), Santa Fe, Argentina 3000.
14:40 -15:00	ENRE-OEV-25	<b>Producción Catalítica de Metanol a partir de la Gasificación de Pulpa Residual de Café Utilizando Cu/ZnO/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>: Simulación y evaluación ANOVA.</b> Carlos Esteban Aristizábal Alzate <sup>a</sup> , M. Romero-Sáez <sup>a</sup> , A. B. Dongil <sup>b</sup>

		<sup>a</sup> Grupo Química Básica, Aplicada y Ambiente – Alquimia, Facultad de Ciencias Exactas y Aplicadas. Instituto Tecnológico Metropolitano, 050034 Medellín, Colombia <sup>b</sup> Grupo Química Verde y Catálisis. Instituto de Catálisis y Petroquímica, CSIC, Cantoblanco, 28049 Madrid, España
15:00-15:20	ENRE-OEV-09	<b>Viscosidad de mezclas de hidrocarburos con biocombustibles: Modelo predictivo.</b> Mario Ramírez de Santiago. Instituto Mexicano del Petróleo. Ciudad de México, 07730 México.
15:20-15:40	ENRE-OEV-10	<b>Estudio mediante DRIFT in-situ de la reacción de reformado de etanol con vapor empleando catalizadores basados en Co y Ni.</b> Marcela Jaramillo-Baquero <sup>a,*</sup> , John Múnera <sup>b</sup> , Laura Cornaglia <sup>c</sup> . Instituto de investigaciones en Catálisis y Petroquímica (CONICET), Universidad Nacional del Litoral, Facultad de Ingeniería Química, Santa Fe, Argentina, 3000.
15:40-16:00	ENRE-OEV-11	<b>Preparación de fibras de carbono como catalizadores para la producción de biodiesel.</b> Mauricio Urey-Huanca <sup>a,b</sup> , Adrian Bonilla-Petricioleta, Juan Carlos Tapia-Picazo <sup>a</sup> , Marcos L. Corazza. <sup>b</sup> <sup>a</sup> Tecnológico Nacional de México - Campus Aguascalientes, Av. Adolfo López Mateos #1801, Aguascalientes, Aguascalientes, México, 20256. <sup>b</sup> Universidade Federal do Paraná, Rua Francisco H. dos Santos #100, Curitiba, Paraná, Brasil, 19011.
16:00-16:15	<b>DESCANSO</b>	

**MARTES 29 DE OCTUBRE:** Tarde-Sesión 4, Sala 2.

Link: <https://meet.google.com/rkn-wwdo-bzz?hs=122&authuser=0>

Moderador 12: Eliana Berrio Mesa

Hora	Código	Trabajo
16:15-16:22	ENRE-OCV-07	<b>Pirólisis del Polietileno. Efecto de la temperatura y la presión autógena en Composición del producto.</b> Patricia Pérez Romo, Georgina C. Laredo, Edith Meneses Ruíz. Instituto Mexicano del Petróleo, Ciudad de México, México, Código postal 07730
16:22-16:30	ENRE-OCV-15	<b>Almacenamiento estratégico de hidrógeno para la producción sostenible de energía.</b> Lizeth Jazmin Bastidas Solarte <sup>a*</sup> , Adrián Petriciolet Bonilla. <sup>b</sup> <sup>a</sup> Instituto Tecnológico de Aguascalientes, Aguascalientes, México, 20256. <sup>b</sup> Instituto Tecnológico de Agua.scalientes, Aguascalientes, México, 20256 <sup>c</sup> Institución a la que pertenece, Ciudad, País y Código postal.
16:30-16:37	ENRE-OCV-16	<b>Recovery of Dysprosium from Leach Residue.</b> Bárbara da Rocha Pereira <sup>a</sup> , Morgana Rosseta <sup>*</sup> , Giovani Pavoski <sup>a</sup> , Denise Croce Romano Espinosa <sup>a</sup> , Jorge Alberto Soares Tenório <sup>a</sup> . Universidade de São Paulo, USP, São Paulo, Brazil, 01246904
16:37-16:58	ENRE-OEV-13	<b>Producción de biopelículas con celulosa y almidón extraídos de subproductos de aguacate Hass cultivado en el Oriente Antioqueño.</b> Yineth Mireya Olaya Gárczon <sup>a,*</sup> , Marta Mediavilla <sup>a,b</sup> , Aída Luz Villa <sup>a,*</sup> <sup>a</sup> Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia, 050010. <sup>b</sup> Universidad Central de Venezuela, Caracas, Venezuela.
16:58-17:20	ENRE-OEV-08	<b>De la remolacha a la energía solar fotovoltaica: Explorando el potencial de la betanina como Sensibilizador orgánico en celdas DSSC.</b> Adriana Lopera <sup>a</sup> , Julián Restrepo <sup>b</sup> , Ederley Vélez. <sup>a*</sup> <sup>a</sup> Universidad de Medellín, Medellín, Colombia, 050026. <sup>b</sup> RapiTerra Group SAS
17:20-17:40	ENRE-OEV-14	<b>Síntesis del compuesto Cu<sub>3</sub>SnS<sub>4</sub> como una alternativa de bajo costo para emplearse como capa activa en celdas solares.</b> Humberto Flores Méndez <sup>a*</sup> , Rosenda García Hernández. <sup>b</sup> <sup>a</sup> Universidad Abierta y a Distancia de México, CDMX, México, 03330. <sup>b</sup> Benemérita universidad autónoma de Puebla, puebla, México, 72570.
17:40-17:47	ENRE-OCV-24	<b>Estudio de la influencia de la frecuencia de sonicación en la síntesis de materiales carbonosos empleando PET como materia prima para su uso en la remoción de azul de metileno.</b> <sup>a</sup> Leidy Astrid Hoyos Giraldo, <sup>b</sup> Alba N. Ardila A., <sup>a</sup> <u>Manuela Lara Vásquez.</u> <sup>b</sup> Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid, Facultad de Ciencias y Educación, CP 050022, Medellín, Colombia. <sup>a</sup> Tecnológico de Antioquia
17:47-17:54	ENRE-OCV-21	<b>Materiales carbonosos a partir de residuos de cacao obtenidos por síntesis mediada con ultrasonido y su uso en la remoción de colorantes.</b> <u>Víctor Galindo Acosta</u> <sup>a,b</sup> , Alba Nelly Ardila <sup>a</sup> , Efraím A. Serna Galvis <sup>b</sup> . <sup>a</sup> Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid, Facultad de Ciencias y Educación, CP 050022, Medellín, Colombia. <sup>b</sup> Universidad de Antioquia UdeA, Medellín, Colombia. Código postal 050010.

# PRESENTACIONES MODALIDAD PRESENCIAL

<b>MIÉRCOLES 30 DE OCTUBRE: Mañana-Sesión 1</b> <b>Sala:</b> Auditorio Alejandro López, M3-218 Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia <b>Link:</b> <a href="https://meet.google.com/yjv-ytnj-nks?hs=122&amp;authuser=0">https://meet.google.com/yjv-ytnj-nks?hs=122&amp;authuser=0</a> <b>Moderador 13:</b> Aída Luz Villa <b>Apoyo diapositivas:</b> Anderson Gutiérrez		
Hora	Código	Trabajo
07:30-07:58		<b>Registro, entrega escaparlas, rótulos y material o suvenires. Responsables:</b> Laura Sofía Benavides Maya, Maria Camila Moreno.
08:00-08:50		<b>Plenaria 3.</b> Dra. Yazmin Agamez Pertuz, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia. <b>“Relación estructura-propiedades. Una ruta hacia el desarrollo sostenible”.</b>
08:50-09:00	CATA-OCP-01	<b>La fotooxidación selectiva de <math>\alpha</math>- y <math>\beta</math>-Pineno mediante un complejo de dioxo-Mo incorporado en la MOF UiO-67: modificando la relación molar Zr/Ti.</b> Danna G. Malaver, Laura Valdivieso Zárate, Fernando Martínez O. <sup>a</sup> Centro de Investigación en Catálisis -CICAT-UIS, Universidad Industrial de Santander, km 2 Vía El Refugio, Sede UIS Guatiguará, Piedecuesta (Colombia)
09:00-09:20	CATA-OEP-04	<b>Aprovechamiento de lodos del proceso de potabilización de agua como catalizadores en la isomerización de <math>\alpha</math>-pineno.</b> Mateo Moreno Giraldo <sup>a</sup> , Aída Luz Villa <sup>a</sup> Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia, 050010.
09:20-09:40	CATA-OEP-15	<b>Oxidos mixtos de Mg/Al y Cu-Mg/Al como catalizadores para la obtención de 1-butanol a partir de etanol.</b> Julieta A. Rubio Rueda <sup>a</sup> , Juan P. Quevedo Hernandez <sup>a</sup> , Mónica B. Lopez <sup>b</sup> , Johan Fabian Galindo <sup>a</sup> , Gina Hincapié Triviño <sup>a,*</sup> Departamento de Química, Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá, Bogotá, Colombia, 111321. <sup>b</sup> Centro de Microscopía- $\mu$ -Core I Vicerrectoría de Investigación y Creación, Universidad de Los Andes, Bogotá, Colombia, 111711.
09:40-10:00	CATA-OEP-26	<b>Producción de H<sub>2</sub> a partir de metano y biogás mediante tecnologías de Chemical Looping Reforming.</b> Carlos Méndez-A. <sup>a</sup> , Jorge A. Moreno <sup>a</sup> , Natalia Suárez <sup>a</sup> , Douglas R. Rodríguez O. <sup>b,*</sup> <sup>a</sup> Química de Recursos Energéticos y Medio Ambiente, Instituto de Química, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Antioquia, Medellín, Antioquia, Colombia - 050012. <sup>b</sup> Departamento de Ingeniería Química, Facultad de Ingeniería, Universidad de Antioquia, Medellín, Antioquia, Colombia - 050012.
10:00-10:15	<b>DESCANSO</b>	
<b>MIÉRCOLES 30 DE OCTUBRE: Mañana-Sesión 2</b> <b>Sala:</b> Auditorio Alejandro López, M3-218 Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia <b>Link:</b> <a href="https://meet.google.com/yjv-ytnj-nks?hs=122&amp;authuser=0">https://meet.google.com/yjv-ytnj-nks?hs=122&amp;authuser=0</a> <b>Moderador 14:</b> Santiago Alexander Bedoya Betancur <b>Apoyo diapositivas:</b> Anderson Gutierrez		
Hora	Código	Trabajo
10:15-10:22	CATA-OCP-02	<b>Modelación de una superficie de CuO para la activación de piruvaldehído.</b> Valeria Loaiza Prasca <sup>a</sup> , Alejandro Montoyab Juan F. Espinala <sup>*</sup> <sup>a</sup> Química de Recursos Energéticos y Medio Ambiente, Instituto de Química, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Antioquia U de A, calle 70 N° 52 – 21, Medellín, Colombia, 050010 <sup>b</sup> School of Chemical and Biomolecular Engineering, The University of Sydney, Sydney, New South Wales 2006, Australia.
10:23-10:30	CATA-OCP-16	<b>Síntesis y Caracterización de un Caolín Modificado con Si para la Hidrogenación catalítica de CO<sub>2</sub>-FTS a Combustibles Líquidos.</b> Cristian Arley Morillo <sup>a</sup> , María Natalia Suárez <sup>a</sup> , Jorge Andrés Moreno <sup>a</sup> , Douglas Ramón Rodríguez <sup>b*</sup> <sup>a</sup> Química de Recursos Energéticos y Medio Ambiente, Instituto de Química, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia. <sup>b</sup> Departamento de Ingeniería Química, Facultad de Ingeniería, Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.
10:30-10:37	CATA-OCP-19	<b>Efecto de la porosidad de materiales compuestos de TiO<sub>2</sub>/AC en la degradación fotocatalítica de acetaminofén.</b> Jerónimo Duque Sierra <sup>a</sup> , Jhon Jairo Fernández <sup>a</sup> , Alexander Santamaria <sup>a*</sup> Química de recursos energéticos y medio ambiente (QUIREMA), Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia, 050010.
10:37-10:45	CATA-OCP-21	<b>Oxidación selectiva de monoterpenos mediante un complejo de dioxo-molibdeno incorporado en una red organometálica (Zr/Ti) usando luz UV-Vis y O<sub>2</sub>.</b> Laura Valdivieso Zárate <sup>a*</sup> , David Contreras Pérez <sup>b</sup> , Fernando Martínez Ortega <sup>a</sup> <sup>a</sup> Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia, 680001. <sup>b</sup> Universidad de Concepción, Concepción, Chile, 3349001.
10:45-11:05	CATA-OEP-29	<b>Desarrollo de catalizadores para reformado seco de metano: efecto del método de síntesis en la incorporación directa de Ni en zeolita ZSM-5.</b> Fredy Ordoñez Ramos <sup>a</sup> , John F. Múnica Agudelo, Ana M. Tarditi. <sup>a*</sup> Universidad Nacional del Litoral, Santa fe, Argentina.

11:05-11:25	CATA-OEP-30	<b>Cicloación de CO<sub>2</sub> y epóxido de limoneno para la síntesis de carbonato de limoneno con catalizadores heterogéneos.</b> Yiceth Carina Mosquera Bonilla <sup>a</sup> , Aída Luz Villa. <sup>a</sup> <sup>a</sup> Grupo Catálisis Ambiental, Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia y 050010.
11:25-11:45	CATA-OEP-33	<b>Disociación y captura de hidrógeno en carburo de tungsteno: estudio computacional.</b> Carlos Jimenez-Orozco <sup>a*</sup> , Elizabeth Florez <sup>a</sup> , Jose Rodriguez. <sup>b</sup> <sup>a</sup> Universidad de Medellín, Medellín, Colombia, 050021. <sup>b</sup> Brookhaven National Laboratory, Upton, Nueva York, Estados Unidos, 11973.
12:00-13:00	<b>DESCANSO</b>	

**MIÉRCOLES 30 DE OCTUBRE: Tarde-Sesión 3**  
**Sala:** Auditorio Alejandro López, M3-218 Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia  
**Link:** <https://meet.google.com/yjv-ytnj-nks?hs=122&authuser=0>  
**Moderador 15:** Efraín Villegas González  
**Apoyo diapositivas:** Anderson Gutiérrez

Hora	Código	Trabajo
13:00-13:20	DESU-OEP-02	<b>Preparación de Óxidos Metálicos Mediante Sol-Gel Empleando Desechos de Batería como Materia Prima.</b> Iliana Beatriz Camargo Alvarado <sup>a</sup> , Julieth Tatiana Diaz Cristancho <sup>b</sup> , Nadia Ardila Santamaria <sup>c</sup> , Pedro Delvasto. <sup>d</sup> Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia, 680001.
13:20-13:40	DESU-OEP-04	<b>Valorización de otate (guadua velutina) y bagazo de caña a través de procesos químicos (acetosolv) y térmicos (pirólisis).</b> L. Fabiola Palomo González <sup>a</sup> , Emilio Cruz Barba <sup>b</sup> , Yolibeth Sánchez González <sup>a</sup> , Marco A. Sánchez Castillo <sup>a*</sup> <sup>a</sup> Fac. Ciencias Químicas, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, CP 78210, San Luis Potosí, S.L.P., MÉXICO. <sup>b</sup> Depto. de Ingeniería Química, CUCEI, Universidad de Guadalajara, CP 44430, Guadalajara, Jal., MÉXICO.
13:40-14:00	DESU-OEP-12	<b>Aprovechamiento de residuos de la cadena láctea a través de la codigestión anaerobia para la obtención de biogás en reactores semicontinuos.</b> Wilson Herrera <sup>a</sup> , Ángel López <sup>a</sup> , Miguel Casallas <sup>b</sup> , Iván Cabeza <sup>b</sup> , Bernay Cifuentes <sup>a*</sup> . <sup>a</sup> Universidad de La Salle, Facultad de Ingeniería, Bogotá, Colombia, 111711. <sup>b</sup> Universidad de La Sabana, Grupo de Investigación en Energía, Materiales y Ambiente, Chía, Colombia, 250001.
14:00-14:50	<b>Plenaria 5.</b> Dr. Victor Gabriel Baldovino Medrano, Universidad industrial de Santander, Santander, Colombia <b>“Diseño de materiales para combustión catalítica combinando principios químicos y análisis de operaciones unitarias: una ruta de trabajo hacia la producción de mejores fases y procesos catalíticos”.</b>	
14:50-15:00	DESU-OCP-01	<b>Elaboración de recubrimientos basados en mezclas de óxidos metálicos y vidrio proveniente de residuos post-consumo mediante proyección térmica por combustión.</b> Angel Camilo Alvarado <sup>a</sup> , Nadia Ardila Santamaria <sup>b</sup> , Pedro Delvasto <sup>c</sup> , Andrés Giovanni González <sup>d</sup> ,Mauricio Rincón Ortiz. <sup>e</sup> Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia, 680001.
15:00-15:20	DESU-OEP-18	<b>Carbonización hidrotermal de residuos de plátano: un enfoque hacia la producción sostenible de materiales de valor añadido.</b> Jenny Marcela Vélez Gómez <sup>a*</sup> , Lina Marcela Orozco Arboleda <sup>a</sup> , Luz Ángela Veloza Castiblanco. <sup>a</sup> Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira, Colombia, Código postal: 660003.
15:20-15:40	DESU-OEP-22	<b>Síntesis y estudio reológico de solventes eutécticos profundos base cafeína comercial con potencial aplicación en procesos de desulfuración de combustibles.</b> Manuel Felipe Torres Perdomo <sup>a</sup> , Luz Marina Ocampo Carmona <sup>b</sup> , Laura Benavides Maya. <sup>c</sup> Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia, 050036.
15:40-16:00	DESU-OEP-20	<b>Procesos catalíticos y no catalíticos basados en peroximonosulfato para la oxidación de antibióticos en medio acuoso.</b> Efraim A. Serna-Galvis <sup>a,*</sup> , Yudy L. Martínez-Mena <sup>a</sup> , Johwan Paniagua-Macías <sup>a</sup> , Johana Arboleda-Echavarría <sup>a</sup> , Dora Hoyos-Ayala <sup>a</sup> , Adriana Echavarría-Isaza <sup>a</sup> , Ricardo A. Torres-Palma <sup>a</sup> . Universidad de Antioquia UdeA, Medellín, Colombia. Código postal 050010.
16:00-16:15	<b>DESCANSO</b>	

**MIÉRCOLES 30 DE OCTUBRE: Tarde-Sesión 4**

Sala: Auditorio Alejandro López, M3-218 Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia

Link: <https://meet.google.com/yjv-ytnj-nks?hs=122&authuser=0>

Moderador 16: María Natalia Suárez Ávila

Apoyo diapositivas: Anderson Gutiérrez

Hora	Código	Trabajo
16:15-17:00		<b>Plenaria 6.</b> Dra. Gina Marcela Hincapié Triviño, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia. <b>“Catálisis heterogénea como una estrategia para la solución de problemas ambientales”.</b>
17:00-17:07	DESU-OCP-05	<b>Retos para lograr la sostenibilidad de la pirólisis de biomasa residual en campo.</b> L. Fabiola Palomo González <sup>a</sup> , Venancio Martínez Valentín <sup>b</sup> , Marco A. Sánchez Castillo <sup>a*</sup> <sup>a</sup> Fac Ciencias Químicas, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, CP 78210, San Luis Potosí, S.L.P., MÉXICO. <sup>b</sup> Productor piloncillero, El Barrancón, Tanlajás, S.L.P., 79810, MÉXICO.
17:07-17:14	DESU-OCP-06	<b>Capacho de uchuva como potencial adsorbente de Eritrosina.</b> Manuela Ignacia Gaibao Alvarez <sup>a*</sup> , María Camila Lora Agudelo <sup>a</sup> , Cristian David Gallego <sup>a</sup> , Angelina Hormaza <sup>b</sup> <sup>a</sup> Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín, Facultad de Minas, Medellín, Colombia, 050034. <sup>b</sup> Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín, Facultad de Ciencias, Medellín, Colombia, 050034.
17:14-17:21	DESU-OCP-10	<b>Diseño de planta piloto para producir ladrillos a partir de lodos de potabilización de agua.</b> Walter Pardavé Livia <sup>a</sup> , Paula Mendoza Rojas. <sup>b</sup> <sup>a</sup> Universidad de Santander, Instituto de Investigación XERIRA, Bucaramanga, Colombia 610003. <sup>b</sup> Universidad de Santander, Programa de Ingeniería Ambiental, Bucaramanga, Colombia 610003.
17:21-17:28	DESU-OCP-13	<b>Valorización de residuos agroindustriales del arroz en la síntesis de sílice mesoporosa con potenciales aplicaciones medioambientales.</b> Ginna Niyireth Navarro Duarn <sup>a</sup> , Elizabeth Pabon Gelves <sup>a</sup> , Maurin Salamanca <sup>a</sup> , Cesar Jaramillo-Paez <sup>b*</sup> . <sup>a</sup> Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia, 050036. <sup>b</sup> Universidad del Tolima, Ibagué, Colombia, 730006299.
17:28-17:35	DESU-OCP-14	<b>Production of Alumina 99.8% from tailings from the Benefit of bauxite.</b> Bárbara da Rocha Pereira <sup>a</sup> , Morgana Rosset <sup>a*</sup> , Giovanni Pavoski <sup>a</sup> , Denise Croce Romano Espinosa <sup>a</sup> , Jorge Alberto Soares Tenório <sup>a</sup> Universidade de São Paulo, USP, São Paulo, Brazil, 01246904.
17:35-17:42	DESU-OCP-16	<b>Productos de valor agregado derivados del aprovechamiento de las cáscaras de naranja.</b> Luisa Fernanda Reyes Castiblanco <sup>a</sup> , Rolando Barrera Zapata. Grupo CERES, Departamento de ingeniería química, Universidad de Antioquia, Calle 70 No. 52-21, Medellín, Colombia.
17:42-17:49	DESU-OCP-19	<b>Comportamiento de óxidos mixtos de hierro y níquel soportados en bentonita pilarizada para el reformado de metano vía Chemical Looping.</b> Carlos Andrés Vallejo <sup>b</sup> , Andrés Moreno <sup>a,*</sup> , Natalia Suarez <sup>a</sup> , Luis Alejandro Galeano <sup>b,*</sup> <sup>a</sup> Química de Recursos Energéticos y Medio Ambiente (QUIREMA) – Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia, 050010. <sup>b</sup> Grupo de Investigación en Materiales Funcionales y Catálisis (GIMFC) – Universidad de Nariño, Pasto, Colombia, 520002.
17:49-18:00	DESU-OCP-21	<b>Valorización de residuos industriales mediante la impregnación de níquel como fase activa para la producción de hidrógeno de bajas emisiones mediante el proceso de Chemical Looping Reforming (CLR)</b> Manuel Contreras <sup>a*</sup> , Andrés Moreno <sup>b</sup> , Natalia Suárez <sup>c</sup> , Douglas Rodríguez. <sup>d</sup> Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia, 050012.

**JUEVES 31 DE OCTUBRE: Mañana-Sesión 1**

Sala: Auditorio Alejandro López, M3-218 Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia

Link: <https://meet.google.com/yjv-ytnj-nks?hs=122&authuser=0>

Moderador 17: Hader Ivan Castaño

Apoyo diapositivas: Juan Diego Torres

Hora	Código	Trabajo
07:30-08:00		<b>Registro, entrega escarparlas, rótulos y material o souvenirs. Responsables:</b> Laura Sofía Benavides Maya, María Camila Moreno.
08:00-08:50		<b>Plenaria 4.</b> Dr. Marco Antonio Sánchez Castillo, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, San Luis Potosí, México. <b>“Estrategias sostenibles para el reciclaje químico de residuos plásticos Post Industriales”:</b>
08:50-09:00	DESU-OCP-34	<b>Comportamiento mecánico y acústico de hormigón de residuos plásticos hospitalarios y fibra de coco.</b> Marling Andrea Mosquera Moreno <sup>a</sup> , Mónica Cecilia Marín Roldán <sup>b</sup> , Carlos Fernando Ramírez Murillo <sup>c</sup> , Oscar Felipe Arbeláez Pérez. <sup>d*</sup> <sup>a,b,c</sup> Universidad cooperativa de Colombia, Semillero de investigación en materiales y estructuras, Medellín, Colombia, 050012. <sup>d</sup> Universidad cooperativa de Colombia, Grupo de investigación Termomec, Medellín, Colombia, 050012.
09:20-09:40	DESU-OEP-28	<b>Aplicación de pretratamientos enzimáticos y de ultrasonido para la extracción de cafeína en pulpa de café.</b> Juan Diego Torres De La Ossa <sup>a</sup> , Edith Cadena Chamorro <sup>b</sup> , Luz Marina Ocampo Carmona. <sup>c</sup> Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia, 050036,

09:40-09:47	DESU-OCP-40	<b>Valorización de los residuos generados en la extracción de aceite esencial de la planta invasora Hedychium coronarium del municipio de Quibdó.</b> Juan Carlos Cuesta Caicedo <sup>a</sup> , Luis Fernando Valencia <sup>a</sup> , Aída Luz Villa Holguín. <sup>a*</sup> Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia, 050010.
09:48-10:00	DESU-OCP-45	<b>Evaluar la eficiencia de extracción de metales del cátodo de las BILs gastadas para la síntesis de catalizadores sólidos multicomponentes.</b> Santiago A. Bedoya B. <sup>a</sup> , Erasmo Arriola V. <sup>b</sup> , Alba N. Ardila A. <sup>c</sup> , Luz M. Ocampo C. <sup>d</sup> <sup>a,b,d</sup> Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia. 050001. <sup>c</sup> Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid, Medellín, Colombia. 050001.
10:00-10:15	<b>DESCANSO</b>	

**JUEVES 31 DE OCTUBRE: Mañana-Sesión 2**

**Sala:** Auditorio Alejandro López, M3-218 Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia

**Link:** <https://meet.google.com/yjv-ytnj-nks?hs=122&authuser=0>

**Moderador 18:** Misael Córdoba

**Apoyo diapositivas:** Juan Diego Torres

Hora	Código	Trabajo
10:15-10:35	DESU-OEP-42	<b>Nanohydrometallurgy: an eco-friendly approach to critical metal separation.</b> Giovanni Pavoski <sup>a,b</sup> , Denise C. R. Espinosa <sup>a</sup> , Wenying Liu <sup>b</sup> , Jorge A. S. Tenório <sup>a</sup> . <sup>a</sup> LAREX – Laboratory of Recycling, Waste Treatment and Extraction - Chemical Engineering Department of Polytechnic School of University of Sao Paulo (USP) – Address: R. do Lago, 250 - Butantã, São Paulo – SP - Brazil, 05508-080. <sup>b</sup> Department of Materials Engineering, The University of British Columbia (UBC), Frank Forward Building 309-6350 Stores Road, Vancouver, BC Canada, V6T 1Z4.
10:35-10:45	CASA-OCP-03	<b>Adsorción de azul índigo sobre capacho de uchuva.</b> Natalia Calvo Cardona <sup>a*</sup> , Mariana Orozco Alzate <sup>b</sup> , Cristian David Gallego Gallo <sup>c</sup> , Angelina Hormaza Anaguano <sup>d</sup> . Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia, 050034.
10:45-10:52	CASA-OCP-06	<b>Evaluación de la estabilidad enzimática de la Lacasa producida por Pleurotus ostreatus.</b> Juan José Rosero Idárraga <sup>a</sup> , David Andrés Osorio Sierra <sup>b</sup> , Angelina Hormaza. <sup>c</sup> Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Medellín, Colombia, 050034.
10:53-11:00	CASA-OCP-13	<b>Evaluación de la eficacia del capacho de uchuva para la remoción de tartrazina.</b> Santiago Carmona Ramírez, Edgar Augusto Contreras Agudelo, Cristian David Gallego Gallo, Angelina Hormaza Anaguano. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Minas, Medellín, Colombia, 050034.
11:00-11:07	CASA-OCP-08	<b>Interacción roca-fluido en la captura y almacenamiento de CO<sub>2</sub>: análisis teórico-experimental.</b> César Augusto Sierraa, <sup>*</sup> Adan Giovanni León <sup>a</sup> , Carlos Alberto Villarreal <sup>a</sup> , Luz Yolanda Vargas <sup>a</sup> , Jorge Arley Meza <sup>a</sup> , Carlos Alberto Ríos <sup>a</sup> . Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia, 680002.
11:07-11:14	CASA-OCP-12	<b>Determinación de mercurio en biomásas y agua de ciénaga intervenida por minería informal en la zona media del Atrato-Chocó.</b> Nelson Nagles Vergara <sup>a</sup> , Jorge Gallego Zapata <sup>a</sup> , Javier Montoya Jaramillo, Efraim A. Serna Galvis <sup>b</sup> . <sup>a</sup> Universidad de Medellín, Medellín, Colombia, Código postal 050001. <sup>b</sup> Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia, Código postal 050001.
11:14-11:34	CASA-OEP-10	<b>Producción de un nanocompuesto con propiedades fotocatalíticas y magnéticas a través de una ruta fitogénica empleando Psidium guajava para la remediación de agua simulada contaminada con azul de metileno y Rodamina B.</b> Ana Melissa González Mojica <sup>a*</sup> , Daniel Llamasa <sup>b</sup> , Javier Rincón <sup>c</sup> <sup>a</sup> Programa de Bioquímica. Facultad de Ciencias. Universidad Antonio Nariño, Sede Circunvalar, Carrera 1a Este #47A15, Bogotá D.C., Colombia, CP 110231. <sup>b</sup> Grupo de Investigación Fundamental y Aplicada en Materiales, Facultad de ciencias, Universidad Antonio Nariño, Sede Circunvalar, Carrera 1a Este #47A15, Bogotá D.C., Colombia, CP 110231. <sup>c</sup> Grupo de Investigación en ciencias Biológicas y Químicas, Facultad de ciencias, Universidad Antonio Nariño, Sede Circunvalar, Carrera 1a Este #47A15, Bogotá D.C., Colombia, CP 110231.
11:34-11:54	CASA-OEP-11	<b>Valorización de un residuo de la industria siderúrgica como catalizador en la degradación de amoxicilina mediante reacciones Fenton y Foto-Fenton.</b> Santiago Díaz-Cubillosa, Ariel Cadena <sup>b</sup> , Gina Hincapie Triviño <sup>a*</sup> <sup>a</sup> Departamento de Química, Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá, Bogotá, Colombia, 111321. <sup>b</sup> Departamento de Geociencias, Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá, Bogotá, Colombia, 111321.
12:00-13:00	<b>DESCANSO</b>	

**JUEVES 31 DE OCTUBRE: Tarde-Sesión 3**

**Sala:** Auditorio Alejandro López, M3-218 Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia

**Link:** <https://meet.google.com/yjv-ytnj-nks?hs=122&authuser=0>

**Moderador 19:** Pedro Luis Delvasto Angarita

**Apoyo diapositivas:** Manuel Felipe Torres Perdomo

Hora	Código	Trabajo
13:00-13:20	CASA-OEP-01	<b>Un nuevo modelo para la adsorción en el proceso de captura de dióxido de carbono en efluentes de plantas termoeléctricas.</b>

		Miriam Janelly de Ávila Ibarra <sup>a</sup> , Gustavo A. Fuentes <sup>a</sup> . Universidad Autónoma Metropolitana, Iztapalapa, Ciudad de México, 09340.
13:20-13:27	CASA-OCP-09	<b>Producción de Manganese peroxidasa mediante fermentación en estado sólido con Trametes pubescens sobre cáscara de papa.</b> José Luis Arias Quinchía <sup>a</sup> , Juliana Martínez Ducuara <sup>b</sup> , David Andrés Osorio Sierra <sup>c</sup> , Angelina Hormaza <sup>d</sup> Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia, 050034.
13:28-13:35	ENRE-OCP-04	<b>Efecto de nanocompuestos de hierro sobre carbón activado en baterías de litio-azufre.</b> Oscar Emmanuel Valdivia Moreno <sup>a</sup> , Javier Antonio Arcibar Orozco <sup>b</sup> , Diana Patricia López López <sup>c</sup> , Jennifer Laverde <sup>d</sup> <sup>a</sup> Posgrados PICYT, Centro de Innovación Aplicada en Tecnologías Competitivas. León Guanajuato México. <sup>b</sup> CIATEC (Centro de Innovación Aplicada en Tecnologías Competitivas). León Guanajuato México. <sup>c</sup> Química de Recursos Energéticos y Medio Ambiente, Instituto de Química, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Antioquia, Calle 70 No. 52-21, Medellín 50010, Colombia. <sup>d</sup> Grupo de Materiales Avanzados y Energía MATyER, Facultad de Ingeniería, Instituto Tecnológico Metropolitano-ITM, Medellín, 050010, Colombia.
13:40-14:00	ENRE-OEP -12	<b>Evaluación In Silico del impacto ambiental del biodiesel de palma producido con etanol en condiciones supercríticas.</b> Laura Pedraza <sup>a</sup> , Paula Romero <sup>a</sup> , Bernay Cifuentes <sup>a</sup> . Universidad de La Salle, Facultad de Ingeniería, Bogotá, Colombia, 111711.
14:00-14:50	<b>Plenaria 7. Dr. Antonio Capezza, Kungliga Tekniska Högskolan (KTH), Estocolmo, Suecia. "Protein Blends enable the production of multipurpose and eco-friendly porous structures in disposable sanitary items".</b>	
14:50-15:00	ENRE-OCP-05	<b>Caracterización Físicoquímica de bioadsorbentes, una revisión enfocada a la disminución de impactos ambientales como insumo a los protocolos de gestión del riesgo.</b> Lina María Jaramillo Echeverry <sup>a</sup> , Roberto Infante Hernández, Karem Sofía Ariza Becerra <sup>a</sup> , Juan Esteban Bernal Gutiérrez <sup>a</sup> Paula Andrea Restrepo Aguirre <sup>a</sup> , Carolina Riveros Gómez <sup>a</sup> . <sup>a</sup> Universidad la Gran Colombia, Armenia, Colombia-630008. <sup>b</sup> Instituto Tecnológico de México, Morelia, México- 58120.
15:00-15:20	ENRE-OEP-17	<b>Nanopartículas de NiCo<sub>2</sub>O<sub>4</sub> dispersas sobre un soporte carbonoso mesoporoso como electrocatalizadores bifuncionales para reacciones ORR y OER y evaluación electroquímica en el cátodo de baterías recargables Zn-aire.</b> Cristian Díaz <sup>a</sup> , Betty Lucy López <sup>a</sup> , Ligia Sierra <sup>a</sup> , Rubén Palacio <sup>a*</sup> . Grupo de Investigación Ciencia de los Materiales, Instituto de Química, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia, 050010.
15:20-15:40	ENRE-OEP-18	<b>Efecto de la amplitud de la sonicación en la producción de grafeno por exfoliación líquida usando agua como solvente a partir de LiBs de desecho.</b> Erasmus Arriola-Villaseñor <sup>a</sup> , Santiago A. Bedoya Betancur <sup>a</sup> , Alba N. Ardila A <sup>a</sup> , Melissa Arango Álvarez <sup>a</sup> , Luz M. Ocampo Carmona <sup>b</sup> , Trino A. Zepeda P <sup>c</sup> , Gustavo Fuentes Z <sup>c</sup> , Sergio Gómez <sup>d</sup> . <sup>a</sup> Grupo de Investigación en Catálisis Ambiental y Energías Renovables, Facultad de Ciencias y Educación, Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid. <sup>b</sup> Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín - UNAL, Medellín Colombia. <sup>c</sup> Centro de Nanociencias y Nanotecnología CNyN-UNAM, Ensenada Baja California-México. <sup>d</sup> Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa -UAMI, México.
15:40-16:00	ENRE-OEP-19	<b>Efecto de las impurezas orgánicas (PVDF) y metálicas (Co, Ni, Mn, Li, Cu, Al) en trazas presentes en el grafito del ánodo de BiLs de desecho en la producción de grafeno.</b> Erasmus Arriola-Villaseñor <sup>a</sup> , Santiago A. Bedoya Betancur <sup>a</sup> , Alba N. Ardila A <sup>a</sup> , Melissa Arango-Álvarez <sup>a</sup> , Trino A. Zepeda P <sup>c</sup> , Gustavo Fuentes Z <sup>c</sup> , Sergio Gómez <sup>d</sup> , Luz M. Ocampo-Carmona <sup>b</sup> . <sup>a</sup> Grupo de Investigación en Catálisis Ambiental y Energías Renovables, Facultad de Ciencias y Educación, Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid. <sup>b</sup> Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín - UNAL, Medellín Colombia. <sup>c</sup> Centro de Nanociencias y Nanotecnología CNyN-UNAM, Ensenada Baja California-México. <sup>d</sup> Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa -UAMI, México.
16:00-16:15	<b>DESCANSO</b>	

**JUEVES 31 DE OCTUBRE:** Tarde-Sesión 4

**Sala:** Auditorio Alejandro López, M3-218 Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia

**Link:** <https://meet.google.com/yjv-ytnj-nks?hs=122&authuser=0>

**Moderador 20, Presentaciones:** Antonio José Capezza

**Moderador 21, Acto de Clausura:** Alba Nelly Ardila Arias

**Apoyo diapositivas:** Manuel Felipe Torres Perdomo

Hora	Código	Trabajo
16:15-16:25	ENRE-OCP-06	<b>Análisis de las tecnologías de tratamiento de residuos sólidos urbanos para su aplicación en Colombia.</b> Santiago González Echeverry. <sup>a</sup> Tecnológico de Antioquia, Medellín, Colombia.
16:25-16:45	ENRE-OEP-20	<b>Extracción de celulosa a partir de residuos de pseudotallo de banano: comparación entre ultrasonido convencional y focalizado.</b> Alba N. Ardila A <sup>a</sup> , Erasmo Arriola Villaseñor <sup>a</sup> , Efraín Enrique Villegas González <sup>a</sup> , Hegny Estefanía González Guerrero <sup>a</sup> , José Alfredo Hernández Maldonado <sup>b</sup> , Eduart A. Gutiérrez Pineda <sup>c</sup> , Cristian C. Villa <sup>d</sup> . <sup>a</sup> Grupo de Investigación en Catálisis Ambiental y Energías Renovables, Facultad de Ciencias y Educación, Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid. <sup>b</sup> UPIIG, del Instituto Politécnico Nacional, Av. Mineral de Valenciana 200, Col. Fraccionamiento Industrial Puerto, 36275 Silao, Guanajuato, México. <sup>c</sup> Laboratorio de investigación y Desarrollo Agroalimentario (LIDA), UNAD Universidad Nacional Abierta y a Distancia- Sede José Celestino Mutis, Bogotá, Colombia <sup>d</sup> Programa de Química, Facultad de Ciencias Básicas y Tecnologías, Universidad del Quindío. Carrera

		15 calle 12n, Armenia, Quindío.
16:45-17:07	ENRE-OEP-23	<b>Síntesis de ZnO a partir de residuos de pilas alcalinas para la degradación fotocatalítica de colorantes de la industria textil.</b> Madelain Linero Díaz <sup>a</sup> , Alba N. Ardila A <sup>a</sup> , Erasmo Arriola Villaseñor <sup>a</sup> , Pedro Delvasto <sup>b</sup> , Leidy Hoyos G <sup>c</sup> . <sup>a</sup> Grupo de Investigación en Catálisis Ambiental y Energías Renovables, Facultad de Ciencias y Educación, Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid. <sup>b</sup> Escuela de Ingeniería Metalúrgica y Ciencia de los Materiales, Universidad Industrial de Santander. <sup>c</sup> Ciencias Básicas Aplicadas del Tecnológico de Antioquia, Tecnológico de Antioquia.
17:07-17:28	ENRE-OEP-22	<b>Síntesis de materiales carbonosos a partir de residuos forestales: un enfoque combinado de ultrasonido y microondas.</b> Alba N. Ardila A., Erasmo Arriola-Villaseñor, Madelyn Ortiz Quiceno, <u>Lucas Blandón-Naranjo</u> . Grupo de Investigación en Catálisis Ambiental y Energías Renovables, Facultad de Ciencias y Educación, Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid.
17:28-18:00	<b>Acto de clausura</b>	

## CURSOS VIRTUALES

Martes 29 de Octubre de 2024		
Hora	13:00-18:00	<b>Curso 3: “Electroquímica aplicada a la recuperación de residuos metálicos”.</b> Intensidad horaria: 3 horas. Dra. Luz Marina Ocampo, Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia. <a href="https://meet.google.com/yjv-ytnj-nks?hs=122&amp;authuser=0">redvar_med</a> <a href="https://meet.google.com/yjv-ytnj-nks?hs=122&amp;authuser=0">https://meet.google.com/yjv-ytnj-nks?hs=122&amp;authuser=0</a> <b>Responsable:</b> Melanny Velez
Viernes 1 de noviembre de 2024		
Hora	08:00-13:00	<b>Curso 1: “Desarrollo Sostenible de Comunidades Rurales: una propuesta basada en tecnología, economía circular y emprendimiento social”.</b> Intensidad horaria: 5 horas. Dr. Marco Antonio Sánchez Castillo, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, San Luis Potosí, México. <a href="https://meet.google.com/gbi-crau-rjt?hs=122&amp;authuser=0">https://meet.google.com/gbi-crau-rjt?hs=122&amp;authuser=0</a> <b>Responsable:</b> Eliana Berrio Mesa
	08:00-12:00	<b>Curso 2: “Materiales Carbonosos – intensamente utilizados en el siglo XXI”.</b> Intensidad horaria: 4 horas. Dra. Yazmin Agamez Pertuz, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia. <a href="https://meet.google.com/rkn-wwdo-bzz?hs=122&amp;authuser=0">https://meet.google.com/rkn-wwdo-bzz?hs=122&amp;authuser=0</a> <b>Responsable:</b> Andrés Montoya García
	14:00-18:00	<b>Curso 4: “Economía circular y minería urbana: Caso de los residuos de baterías.</b> Intensidad horaria: 4 horas. Dr. Pedro Delvasto, Universidad Industrial de Santander, Colombia. <a href="https://meet.google.com/xic-ttbq-nru?hs=122&amp;authuser=0">https://meet.google.com/xic-ttbq-nru?hs=122&amp;authuser=0</a> <b>Responsable:</b> Santiago Bedoya Betancur
	14:00-18:00	<b>Curso 5: “Cálculos isoconversionales con Python como herramienta útil en la predicción y control de procesos térmicamente estimulados”.</b> Intensidad horaria: 6 horas. Dr. Enelio Torres García, Dr. Erick Ramírez, Dr. Jorge Balmaseda. Instituto Mexicano del Petróleo, México. <a href="https://meet.google.com/rkn-wwdo-bzz?hs=122&amp;authuser=0">https://meet.google.com/rkn-wwdo-bzz?hs=122&amp;authuser=0</a> <b>Responsable:</b> Valeria Arenas Loaiza

## CONFERENCISTAS INVITADOS

**Dr. Alfonso Enrique Ramírez Sanabria**

**Universidad del Cauca, Popayán, Colombia.**

### ***Plenaria 1: Oxidación de Tolueno: 2 Ejemplos vivos***



Profesor Titular Departamento de Química, Universidad del Cauca. Director Grupo de Investigación en Catálisis, Categoría A, última medición de MinCiencias. Licenciado en Biología-Química. Magister en Ciencias: Química. Docteur en Chimie Appliquée. Postdoctoral research, CLAF - Centro Latino- Americano de Física, Brasil. 2014-2015. “Síntese e caracterização de compostos nanoestruturados para a aplicação como catalizadores heterogêneos” Postdoctoral Grant-Holder, Université de Liege, Bélgica. 2015. “Development of hydrothermal synthesis os silicates” y “Bioinspired Mo-Cu heterometallic clusters”. Academic Staff. University of Gent, Belgium — Septiembre - 2010. Projet: “Gas-phase photocatalytic oxidation of ethanol using systems doped with tion oxydes” Profesor Visitante. Virginia Commonwealth University. Septiembre/2023 – Agosto/2024.

Presidente, vice-presidente, secretaria de la Sociedad Colombiana de Catálisis. Tesorero Federación Iberoamericana de Catálisis, 2020-2024. Veintinueve (29) internacionales. Veintisiete (27) nacionales, cuatro (4) de ellos de carácter divulgativo. Dos (2) libros, “Tras las huellas de la Catálisis” (2017) y “Catálisis Heterogénea: principios básicos y su aplicación en química orgánica” (2022). Un (1) capítulo de libro, “Capítulo Pacífico, en 20 años de la historia de la Catálisis en Colombia”. Presentación en al menos veinte (20) congresos internacionales y nacionales. Creador de Química Plegada (2021).

**Ph.D. Salvador Ordoñez García.**

**Universidad de Oviedo, España.**

### ***Plenaria 2: El aceite de pirólisis como fuente renovable de productos químicos.***



Catedrático en el Departamento de Ingeniería Química y Ambiental en la Universidad de Oviedo desde 2012. Fue galardonado en 2010 con el Premio al Joven Investigador (<40 años) de FISOCAT por su destacada trayectoria. Su investigación abarca la catálisis heterogénea y tecnologías de reactores aplicadas a problemas ambientales, como la reducción de contaminantes y el desarrollo de procesos sostenibles.

Ha realizado estancias en universidades internacionales como Delft, Lovaina, Turín y Berkeley, y es autor de más de 230 artículos, cinco patentes y capítulos de libros. Además, tiene experiencia en docencia desde 1999 en grados y másteres relacionados con Ingeniería Química y Ambiental, y es miembro de varias sociedades científicas. Fue director de Gestión de la Investigación en la Universidad de Oviedo (2016-2021) y actualmente coordina el área de Ciencia y Tecnología Química en la Agencia Española de Investigación.

## Dra. Yazmin Agamez Pertuz

Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.



**Plenaria 3: Relación Estructura -Propiedades. Una Ruta hacia el Desarrollo Sostenible.**

**Curso 2: “Materiales Carbonosos – intensamente utilizados en el siglo XXI”**

Química, Doctora en Ciencias Química de la Universidad Nacional de Colombia, Profesora Asociada del Departamento de Química a nivel de pregrado, maestría y doctorado con experiencia en investigación sobre química analítica, caracterización fisicoquímica de compuestos químicos y de materiales, comportamiento de catalizadores zeolíticos para la producción de gasolinas y en la investigación de los carbones como fuente de energía eléctrica y productos de alto valor agregado. Ha participado en la dirección de más de 20 trabajos de grado, 13 tesis de maestría y 3 de doctorado en el Grupo “Laboratorio de Investigación en Combustibles y Energía”. Ha sido autora en publicaciones de carácter científico a nivel nacional e internacional e inventora en cuatro patentes de invención. Miembro del Comité Nacional de Propiedad Intelectual de la Universidad Nacional de Colombia (UNAL).

Ha sido representante por Colombia en cursos de capacitación en el exterior sobre Procedimientos Coordinados para el Examen de Patentes ante la Oficina Europea de Patentes (EPO), la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (OMPI) y la Oficina Española de Patentes y Marcas (OEPM). Fui delegada por la UNAL para participar en la III Conferencia Internacional de la red de Propiedad Intelectual e Industrial en Latinoamérica (PILA) en 2015.

## Dr. Marco Antonio Sánchez Castillo

Universidad Autónoma de San Luis Potosí, México.



**Plenaria 4: Estrategias Sostenibles para el Reciclaje Químico de Residuos Plásticos Post Industriales.**

**Curso 1: “Desarrollo Sostenible de Comunidades Rurales: una propuesta basada en tecnología, economía circular y emprendimiento social”.**

Fue coordinador técnico del Clúster de Bioturbosina, un proyecto interinstitucional del gobierno mexicano para detonar la tecnología y el mercado de este biocombustible. Actualmente, desarrolla en México proyectos de investigación e incidencia para la valorización de residuos agrícolas y agroindustriales en zona de alta marginación socioeconómica y es uno de los investigadores responsables en el Multi-University Center on Chemical Upcycling of Waste Plastics, una iniciativa internacional para desarrollar tecnología para el reciclaje químico del plástico. En gestión académica, fue responsable en la UASLP de la creación de la licenciatura en Ingeniería de Bioprocesos, de los diplomados en Propiedad Intelectual y en Divulgación de la Ciencia.

Ha elaborado proyectos y conseguido recursos externos para el desarrollo de investigación básica y aplicada, y ha gestionado infraestructura a nivel individual, de grupo e institucional a través de diferentes fuentes de financiamiento en México. Ha organizado diversos congresos a nivel local, nacional e internacional, en temas de investigación, docencia y posgrado. Es evaluador de artículos técnicos, proyectos de investigación, programas de posgrado y de trayectorias profesionales.

**Dr. Víctor Gabriel Baldovino Medrano**



**Universidad Industrial de Santander, Santander, Colombia.**

***Plenaria 5: Diseño de materiales para combustión catalítica combinando principios químicos y análisis de operaciones unitarias: una ruta de trabajo hacia la producción de mejores fases y procesos catalíticos.***

Químico y Doctor en Ingeniería Química. Profesor de ingeniería química y enseña estadística aplicada, fenómenos de transporte y catálisis. Sus intereses de investigación incluyen catálisis, cinética de reacción, ciencia de superficies, ciencia de materiales e ingeniería de procesos. Investigador Senior (IS) de Minciencias. Director Centro de Investigación CICAT. Coordinador Laboratorio Central de Ciencia de Superficies. Sus áreas de actuación se centran en diversos campos de la Ingeniería y la Ciencia Química. En el ámbito de la nanotecnología, se ha especializado en la producción y propiedades de nanomateriales. Además, ha trabajado en la química física y la química de los coloides, así como en la ingeniería química aplicada a plantas y productos, y en la ingeniería de los materiales, con especial enfoque en los cerámicos. Sus líneas de investigación incluyen la oxidación selectiva, catálisis ambiental, catálisis industrial y catálisis heterogénea, todas activas y en desarrollo constante. También se ha dedicado a la ciencia de materiales y superficies, hidrotratamiento y nanotecnología.

**Dra. Gina Marcela Hincapié Triviño**



**Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.**

***Plenaria 6: Catálisis heterogénea como una estrategia para la solución de problemas ambientales***

Química y Doctora en Ciencias Químicas de la Universidad de Antioquia, con postdoctorado en Procesos Avanzados de Oxidación y Valorización de Biomasa lignocelulósica. Con experiencia de 15 años en el área de química analítica y espectroscopía, enfocada principalmente en la catálisis ambiental, transformación de biomasa, caracterización fisicoquímica cualitativa y cuantitativa de materiales sólidos como minerales, rocas y catalizadores a través de técnicas para la determinación estructural, composicional y textural. Experta en técnicas de espectroscopía infrarroja in situ y operando.

## Dr. Antonio Capezza

Kungliga Tekniska Högskolan (KTH), Estocolmo, Suecia.



### *Plenaria 7: Protein blends enable the production of multipurpose and eco-friendly porous structures in disposable sanitary items.*

Se enfoca en el uso novedoso de biomacromoléculas, interfaces proteína/celulosa, fabricación de productos sostenibles, desarrollo de materiales circulares y biomasa. Su investigación se centra en la producción de bioabsorbentes utilizando desechos agroalimentarios industriales. Dirige su trabajo hacia la creación de materiales útiles y funcionales a partir de residuos (Waste to Products W2P), con un enfoque en la economía circular y la sostenibilidad en toda la cadena de producción (desde la materia prima hasta el procesamiento y el fin de ciclo). Además, es fundador de la iniciativa SaniSOLE, cuyo objetivo es establecer un puente entre la academia y la industria para desarrollar absorbentes biodegradables de manera efectiva y reducir el impacto ambiental de este sector. También forma parte del Early Career Board de ACS Biomacromolecules, es profesor en varios cursos en KTH y coordinador de un proyecto de la UE (M.era-Net).

Su visión es crear una conexión entre la academia y la industria para transformar el conocimiento generado en investigación en tecnología atractiva para industrias nacionales e internacionales, siguiendo un modelo circular, con la educación y los estudiantes como pilares para las futuras generaciones.

## Dra. LUZ MARINA OCAMPO CARMONA

Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín.



### **Curso 3: “Electroquímica aplicada a la recuperación de residuos metálicos”**

Ingeniera Química con M. Sc. y D.Sc en Ingeniería Metalúrgica y de Materiales, es la directora del grupo Ciencia y Tecnología de Materiales - CTM (COL0002439 - categoría A1) y directora del Dentro del semillero en reciclaje de materiales y tratamiento de efluentes, que hace parte del grupo CTM, en el cual participan estudiantes de pregrado y posgrado y algunos egresados. La profesora Luz Marina, actualmente es profesora asociada de la Universidad Nacional de Colombia e Investigadora Asociada de Colciencias. Ha sido docente de los cursos de pregrado: ciencia de los materiales, electroquímica metalúrgica, seminarios de ingeniería, química metalúrgica, electrometalurgia y corrosión, electrometalurgia, corrosión y protección y de los cursos de posgrado: fundamentos de corrosión, recuperación y reciclaje de materiales y de tópicos especiales en metalurgia extractiva II (electrometalurgia).

**Dr. Pedro Luis Delvasto  
Angarita**



**Universidad Industrial de Santander, Colombia.**

**Curso 4: Economía circular y minería urbana: Caso de los residuos de baterías.**

Profesor Titular de la Escuela de Ingeniería Metalúrgica y Ciencia de los Materiales de la Universidad Industrial de Santander (UIS) en Bucaramanga, Colombia. Es Ingeniero de Materiales por la Universidad Simón Bolívar de Caracas, Venezuela y Doctor en Ciencia y Tecnología de Materiales por la Universidad Complutense de Madrid, España. Actualmente, es miembro del Grupo de Investigación en Minerales, Biohidrometalurgia y Ambiente (GIMBA) de la UIS. Sus líneas de investigación abarcan la biotecnología en minería, la remediación ambiental, el reciclaje de metales a partir de residuos posconsumo y la obtención de cerámicos a partir de residuos electrónicos y baterías desechadas. Ha publicado 33 artículos científicos revisados por pares en revistas indexadas, en los campos de solidificación de metales, beneficio biológico de minerales de hierro, reciclaje de residuos de la industria galvanizadora, lixiviación de minerales y reciclaje de baterías y luminarias fluorescentes. Ha dirigido 65 trabajos de grado en ingeniería de materiales e ingeniería metalúrgica y dos trabajos de maestría en ingeniería de materiales.

Actualmente dirige el Semillero de Investigación en Pasivos Ambientales Mineros (SIPAM) de la UIS.

**Ph.D. Enelio Torres García**



**Instituto Mexicano del Petróleo (IMP), México.**

**Curso 5: Cálculos isoconversionales con Python como herramienta útil en la predicción y control de procesos térmicamente estimulados**

Es experto en procesos termoquímicos y cinética de reacciones térmicamente estimuladas, y en la actualidad sus líneas de investigación están centradas en la química de materiales, diseño de catalizadores, combustibles limpios, fuentes de energía renovables y en particular en la valorización de residuos lignocelulósicos y el reciclaje químico de plásticos poliolefinicos, a través de métodos termoquímicos (catalíticos o no). Ha publicado 52 artículos en revistas JCR y sus trabajos han recibido más de 2000 citas (sin auto citas), con índice h:25.

Ha impartido cursos, conferencias y seminarios en diferentes Universidades y Centros de Investigación de Cuba, Colombia, Reino Unido (U.K.), Estados Unidos (E.U.), Canadá y México. Ha sido revisor (referee) de más de 60 revistas de la JCR. Actualmente es Nivel II, del Sistema Nacional de Investigadores (SNI: II). Desde el año 2002 se desempeña como Investigador Científico en el Instituto Mexicano del Petróleo (IMP).

## **CATA-OCP-01: La fotooxidación selectiva de $\alpha$ - y $\beta$ -Pineno mediante un complejo de dioxo- Mo incorporado en la MOF UiO-67: modificando la relación molar Zr/Ti**

Danna G. Malavera\*, Laura Valdivieso Záratea, Fernando Martínez O.a.

a Centro de Investigación en Catálisis -CICAT-UIS, Universidad Industrial de Santander, km 2 Vía El Refugio, Sede UIS Guatiguará, Piedecuesta (Colombia)

Email: a Autor de correspondencia: [danna2171466@correo.uis.edu.co](mailto:danna2171466@correo.uis.edu.co)

### **Resumen**

**Palabras Claves:** Red organometálica, dioxo-molibdeno, fotooxidación, TAO,  $\alpha$ -/ $\beta$ -pineno.

### **Introducción**

Los terpenos, son sustancias lipofílicas provenientes de la naturaleza, que al igual que sus productos de oxidación poseen características de gran interés en las industrias cosméticas, medicinal y de alimentos [1]. La oxifuncionalización de materia prima renovable como  $\alpha$ - y  $\beta$ -pineno es de interés industrial para la preparación de epóxidos mediante rutas de oxidación selectivas, empleando oxidantes amigables con el medio ambiente como el peróxido de hidrogeno y oxígeno.

Los complejos de dioxo-molibdeno permiten la Transferencia de Átomos de Oxígeno (TAO) catalíticamente, oxidando moléculas de forma selectiva. Sin embargo, estos complejos en solución forman un dímero  $\mu$ -oxo de molibdeno [2], el cual es inactivo para la reacción TAO. Las redes organometálicas (MOFs) son soportes heterogéneos que pueden estabilizar complejos metálicos en su estructura permitiendo su acción catalítica. Se ha estudiado la incorporación de un complejo de dioxo-Mo en la MOF tipo UiO-67 como soporte, modificando el ligando original (bpdc) por el ácido 2-2'-bipiridina-5,5'-dicarboxílico (bpydc) y la incorporación in situ de Ti [3] para realizar procesos de fotooxidación con luz de menor energía en el espectro cercano al visible [4]. Este intercambio metálico modifica las propiedades fotoactivas del material y permitió la oxidación selectiva (100 %) del  $\alpha$  y  $\beta$  -pineno mediante una reacción TAO fotoestimulada. [5]

### **Resultados y discusión**

Se realizó la caracterización de las MOFs tipo UiO-67 (bpdc:bpydc)(Zr:Ti) por medio de la técnica FT-IR-ATR en el cual se evidenció el ligando bpydc, además se confirmó la formación de clústeres de Zr y Ti. Se utilizó NMR  $^1\text{H}$  para cuantificar la relación de ligandos, obteniéndose 76, 82 y 92 % de bpydc. Además, se analizó por

XRD la presencia del grupo puntual Pm-3n en el material. Mediante la isoterma de adsorción/desorción de N<sub>2</sub>, se confirmó microporosidad con áreas superficiales de 770 a 575 m<sup>2</sup>/g. El análisis por absorción atómica estimó que la cantidad de Ti es 35, 26 y 16 %. Mediante el UV-Vis de reflectancia difusa, se obtuvo el máximo absorción entre 360-370 nm asociándola a una energía de banda prohibida hasta 3.35 eV. Finalmente, los productos de la reacción se analizaron por medio de GC-FID.

## Conclusiones

Se sintetizaron tres MOFs tipo UiO-67 utilizando el ligando 2,2'-bipiridina-5,5'-dicarboxilato (bpydc) con una relación variable de Zr y Ti, lográndose una presencia máxima del titanio (35 %) en las redes usando la metodología de síntesis en un solo paso. Este material es usado para el anclaje del complejo dioxo-Mo permitiendo la oxidación selectiva de  $\alpha$ -y  $\beta$ -pineno mediante una reacción TAO fotoestimulada usando luz UV (360 nm) y O<sub>2</sub>.

Se observó que la red con mayor actividad TAO fue la U-67 (Y76/35Ti/1.8Mo), obteniendo un 99 % de conversión para ambos monoterpenos y 100 % de selectividad hacia el respectivo epóxido. Esta MOF presentó la mayor cantidad de Ti, evidenciándose que la presencia de este metal es fundamental para permitir la TAO fotoinducida.

## Referencias

- [1] Elaine M., Charles B. & Kenneth V. (2009). Pharmacology, Chapter 22 – Terpenes. Churchill Livingstone, 167-174.
- [2] Martínez, H., Amaya, Á. A., Páez-Mozo, E. A., & Martínez O., F. (2018). Highly efficient epoxidation of  $\alpha$ -pinene with O<sub>2</sub> photocatalyzed by dioxoMo (VI) complex anchored on TiO<sub>2</sub> nanotubes. *Microporous and Mesoporous Materials*, 265, 202–210.
- [3] Wang, J., Zhang, S., Han, Y., Zhang, L., Wang, Q., Wang, G., & Zhang, X. (2022). UiO-66(Zr/Ti) for catalytic PET polycondensation. *Molecular Catalysis*, 532 (September).
- [4] Bravo-Sanabria, C. A., Solano-Delgado, L. C., Ospina-Ospina, R., Martínez-Ortega, F., & Ramírez-Caballero, G. E. (2020). Incorporation of a dioxo-molybdenum (VI) complex into a titanium-functionalized Zr (IV)-Based metal-organic framework. *Microporous and Mesoporous Materials*, 305 (March).
- [5] Valdivieso Zárate, L. (2022). Oxidación selectiva de  $\alpha$ -pineno y R-carvona por una MOFs de titanio funcionalizada con un complejo de dioxo-molibdeno. Universidad Industrial de Santander.

# CATA-OCP-02: Modelación de una superficie de CuO para la activación de piruvaldehído

Valeria Loaiza Prasca<sup>a</sup>, Alejandro Montoya<sup>b</sup> Juan F. Espinal<sup>a\*</sup>

<sup>a</sup> Química de Recursos Energéticos y Medio Ambiente, Instituto de Química, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Antioquia U de A, calle 70 N° 52 – 21, Medellín, Colombia, 050010

<sup>b</sup> School of Chemical and Biomolecular Engineering, The University of Sydney, Sydney, New South Wales 2006, Australia

Email: \* [juan.espinal@udea.edu.co](mailto:juan.espinal@udea.edu.co)

## Resumen

Durante la obtención de biodiesel por el proceso de transesterificación se genera glicerol como subproducto, obteniendo aproximadamente 10 % wt con respecto a la masa de biodiesel. Para darle uso a este glicerol y mejorar la viabilidad económica de producción de biodiesel, en los últimos años se ha usado esta sustancia como potencial precursor de diferentes productos de valor agregado entre los cuales se destaca la conversión hacia ácido láctico con potencial uso en diferentes industrias como los textiles, la medicina, la agricultura, entre otros.

En las reacciones del glicerol se han usado óxidos de cobre como catalizador por ser de bajo costo y es uno de los más estudiados [1]. Adicionalmente, se han reportado trabajos donde se obtiene ácido láctico por encima del 50 % y conversiones de glicerol por encima del 90 % haciendo uso de CuO, por lo que es un buen catalizador para esta reacción [2]. Entre las rutas reportadas para la conversión de glicerol se destaca el piruvaldehído como un intermedio importante para llegar al ácido láctico. Adicionalmente, se encuentran reportes de sistemas catalíticos homogéneos, usando sales metálicas en agua y partiendo de dihidroxiacetona, donde se observaron dos productos: el piruvaldehído y el ácido láctico, corroborando así el piruvaldehído como intermedio [3]. De manera similar, en sistemas catalíticos heterogéneos con fosfatos de La, Nb y Zr, identificando el piruvaldehído nuevamente como intermedio partiendo de dihidroxiacetona [4]. Sin embargo, no hay claridad en los mecanismos del proceso a nivel molecular.

Por lo tanto, en este estudio se modela una superficie de CuO, específicamente el plano 111, utilizando el paquete de simulación Vienna Ab-initio Simulation Package (VASP) y empleando teoría de funcionales de la densidad. Sobre esta superficie se modeló la interacción con una molécula de piruvaldehído. Esto con el objeto de presentar las posibles interacciones de esta molécula con el catalizador, donde a partir de los resultados obtenidos se da información de la posible formación de nuevos enlaces y debilitación de otros que conllevan a la activación del piruvaldehído, facilitando la transformación de este a otras sustancias.

## Referencias

- [1] K. Wang, Z. Yang, Y. Ma, W. Zhao, J. Sun, T. Lu, & H. He. *Biofuels, Bioproducts & Biorefining: Biofpr*, 16 (2022) 1428–1454.
- [2] L. Liu, & X. P. Ye. *Fuel Processing Technology*, 137 (2015) 55–65.
- [3] C. B. Rasrendra, B. A. Fachri, I. G. B. N. Makertihartha, S. Adisasmito, & H. J. Heeres. *ChemSusChem*, 4 (2011) 768–777.
- [4] G. Innocenti, E. Papadopoulos, G. Fornasari, F. Cavani, A. J. Medford, & C. Sievers. *ACS Catalysis* 10 (2020) 11936–11950.

# CATA-OCV-03: Desarrollo de materiales mesoporosos ácidos: influencia de los métodos de síntesis

Lourdes Vergara<sup>a\*</sup>, Bárbara Sánchez<sup>a</sup>, Gustavo Mendow<sup>a</sup>, Carlos Querini<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Instituto de Investigaciones en Catálisis y Petroquímica "Ing. José Miguel Parera"- UNL- CONICET, Santa Fe, Argentina, 3000.

\*lvergara@fiq.unl.edu.ar

## Resumen

Los materiales mesoporosos funcionalizados con grupos sulfónicos son interesantes para uso en diferentes reacciones de valorización de biomasa, que generalmente involucran reactivos y/o productos voluminosos y además requieren distintos niveles de acidez para ser catalizadas. Los sólidos estudiados en este trabajo pueden modificarse según requerimientos de la reacción: se puede variar el tipo de ácido (Brønsted y/o Lewis) anclado en la superficie y, la densidad de los sitios ácidos. Se presentan los resultados más importantes de los materiales mesoporosos sintetizados que fueron caracterizados con diversas técnicas, con el objetivo de correlacionar las propiedades texturales, estructurales y de acidez de los catalizadores. La actividad catalítica de los sólidos se evaluó en reacciones como la esterificación de glicerina con ácidos grasos (insaturados y saturados), reacción de obtención de etoximetilfurfural a partir de fructosa y reacción de acoplamiento C-C por hidroxialquilación /alquilación de furfural con 2- metilfurano. Los materiales mesoporosos sintetizados fueron KIT-6, FDU-12, Nanotubos de Sílice (NTS) y SBA-15 de poro grande. En KIT-6, se utilizó el copolímero Pluronic P-123 como surfactante, y en los demás, Pluronic F-127. En todos los casos se utilizó Tetraetilortosilicato (TEOS) como fuente de silicio, y 3- mercaptopropil-trimetoxisilano (MPTMS) como precursor de grupos sulfónicos. Las condiciones de síntesis (temperatura, relación molar de reactivos, agitación y tratamiento hidrotermal) fueron diferentes para cada soporte, siguiendo los procedimientos publicados en la literatura. Para la incorporación de grupos propilsulfónicos con el objetivo de generar acidez, se ensayaron tres alternativas: Grafting (G) (funcionalización posterior a la formación de la estructura) y Co- condensación (C1 y C2) (funcionalización durante la formación de la estructura mesoporosa). La diferencia entre C1 y C2, se debe a que en C1 la oxidación de los grupos mercaptanos a sulfónicos, se realizó en un paso posterior a la formación de la estructura mesoporosa, mientras que en C2 la oxidación fue en el mismo paso de formación del material [1-3]. Con los tres métodos se prepararon catalizadores con 10 y 15% mol/mol S/Si de grupos funcionales.

Las propiedades texturales se determinaron mediante isothermas de adsorción-desorción de N<sub>2</sub>. Las mediciones de acidez se realizaron mediante titulación potenciométrica con butilamina utilizando acetonitrilo como disolvente. La eficiencia del tratamiento de oxidación de los grupos mercapto se evaluó con análisis termogravimétrico (TGA) y las relaciones molares S/Si se midieron mediante fluorescencia de rayos X (FRX).

En general, se observó que todos los catalizadores presentaron buenos niveles de acidez, pero los sintetizados por co-condensación mostraron mejor eficiencia en la oxidación de grupos mercapto a sulfónicos, en comparación con los preparados por el método de grafting. Sin embargo, en estos últimos, se conservó la estructura mesoporosa del sólido de partida. Para todos los materiales, a medida que aumenta el contenido de grupos sulfónicos, aumenta la acidez y disminuye el área BET y la distribución de tamaño de poros. El catalizador denominado FDU-12(C2)-15% conservó la estructura del sólido mesoporoso de partida, disminuyendo muy poco el área BET de 756 m<sup>2</sup>/g para el soporte no funcionalizado a 724 m<sup>2</sup>/g. Además, se obtuvo la acidez más alta de la serie de catalizadores preparados (1,2 mmol/g) y se oxidaron completamente los grupos -SH. Para el catalizador NTS(C1)-15%, sólo el 33% de los grupos incorporados se oxidaron completamente a sulfónicos, mientras que para el soporte KIT-6 funcionalizado con el mismo método, este valor fue del 63%. Para aquellos materiales en los que la oxidación no fue completa, se exploró un tratamiento de oxidación en dos etapas, lográndose una mejora en la acidez final.

La efectividad en la incorporación de azufre se evaluó mediante la técnica FRX, que permite determinar el % S/Si realmente incorporado, encontrándose que para todos los catalizadores fue 93-100% efectiva la fijación del azufre. Sin embargo, los valores más bajos corresponden a los catalizadores preparados por grafting, siendo consistente con los resultados obtenidos por TGA.

## Referencias

- [1] W.D. Bossaert, D.E. De Vos, W.M. Van Rhijn et. al.; J. Catal 182 (1999) 156-164.
- [2] D. Margolese, J.A. Melero, S.C. Christiansen et. al.; Chem. Mat, 12 (2000) 2448-2459.
- [3] K. Niknam, D. Saberi, M.N. Sefat; Tetrahedron Lett, 50 (2009) 4058-4062.

# CATA-OEP-04: Aprovechamiento de lodos del proceso de potabilización de agua como catalizadores en la isomerización de $\alpha$ -pineno

Mateo Moreno Giraldo<sup>a,\*</sup>, Aída Luz Villa<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia, 050010

Email: mateo.moreno1@udea.edu.co

## Resumen

Con el incremento de la población aumenta el consumo de agua, y la cantidad de residuos generados en los procesos de su tratamiento y potabilización [1]. Una de las etapas más importantes de la potabilización del agua implica la eliminación de partículas en suspensión y materia coloidal; por lo tanto, es necesario tratar el agua con coagulantes, que desestabilicen los coloides y formen agregados fácilmente sedimentables [2]. Cuando se introducen coagulantes (sulfato de aluminio o sales de hierro trivalente) en el agua cruda, se forma un precipitado, lo que da como resultado una fase sólida suspendida en el agua purificada. La separación sólido-líquido se realiza utilizando un floculante (polímero) mediante sedimentación y filtración; obteniéndose así los lodos de potabilización [3], que contienen una cantidad significativa de agua, material orgánico e inorgánico. Los compuestos inorgánicos presentes en los lodos, especialmente Al, Si, Ti, e Fe, son ampliamente estudiados en aplicaciones catalíticas como la transformación de terpenos en productos de mayor valor agregado [4], como el canfeno que se obtiene de la isomerización del  $\alpha$ -pineno.

En el presente estudio se caracterizaron y trataron mediante procesos fisicoquímicos, lodos provenientes de una planta de potabilización de agua localizada en la ciudad de Medellín (Colombia). Los sólidos obtenidos se emplearon como catalizadores en la isomerización de  $\alpha$ -pineno a canfeno. El análisis FRX de la fracción inorgánica del lodo (LS600) y el sólido obtenido por tratamiento con HCl (LS600-HCl) reveló contenido de Al, Si y Fe, junto con varias impurezas. Mediante difracción de rayos X se identificaron los minerales anortita, cuarzo  $\alpha$ , anfíbol, albita y hematita. Se identificó la presencia de sitios ácidos de Lewis y Brønsted en LS600-HCl, que mostró un área superficial de 103 m<sup>2</sup>/g con un área de mesoporo de 71 m<sup>2</sup>/g. Los análisis SEM-EDX indicaron una reducción del contenido de Al en LS600-HCl. La mayor conversión de  $\alpha$ -pineno (85 %) se obtuvo a 90°C, 5 h y 50 mg de catalizador LS600-HCl con una selectividad a canfeno de 38 % (Figura 1). La reducción de la actividad catalítica después de cuatro usos se atribuye a la pérdida de sitios ácidos.

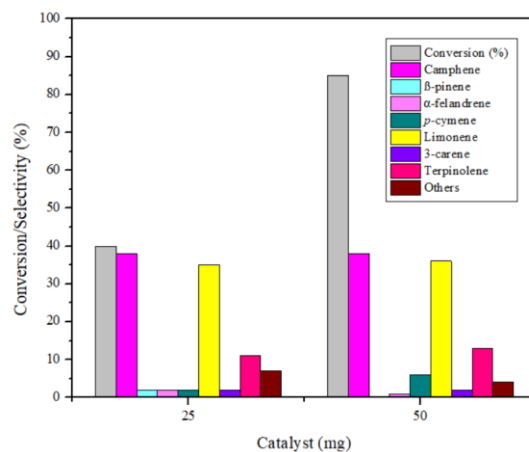


Figura 1. Efecto de la cantidad de catalizador en la conversión de  $\alpha$ -pineno y la selectividad a los productos de isomerización. Condiciones de reacción: 0.25 mmol de  $\alpha$ -pineno, 1 mL de ciclohexano, 90 °C, 5 h, 750 rpm.

## Referencias

- [1] R. Sanchis et al., *Chemosphere*, vol. 219, pp. 286–295, Mar. 2019.
- [2] R. Mira and E. Llano, *Rev. EPM*, vol. 12, p. 111, 2018.
- [3] Y. Liu et al., *Resour. Conserv. Recycl.*, vol. 168, p. 105291, May 2021.
- [4] M. Akgül, B. özyağci, and A. Karabakan, *J. Ind. Eng. Chem.*, vol. 19, no. 1, pp. 240–249, Jan. 2013.

# CATA-OEV-05: Efecto de catalizadores bifuncionales de Pd/ZrO<sub>2</sub>-TiO<sub>2</sub> en la aminación directa de furfural con anilina.

Katherine Arriagada-Fuentes<sup>a</sup>, Alex Fernández-Andrade<sup>a</sup>, Juan Parra-Orellana<sup>a</sup>, Cristian H. Campos<sup>b</sup>, Luis E. Arteaga-Pérez<sup>a\*</sup>

<sup>a</sup> Laboratorio de Procesos Térmicos y Catalíticos (LPTC), Universidad del Bío-Bío, Concepción, Chile, 4030000.

<sup>b</sup> Universidad de Concepción, Facultad de Ciencias Químicas, Departamento de Físicoquímica, Concepción, Chile, 4030000.

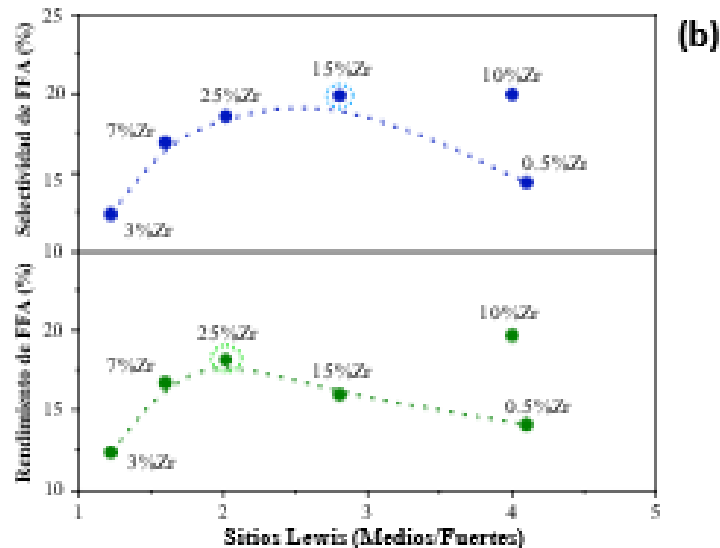
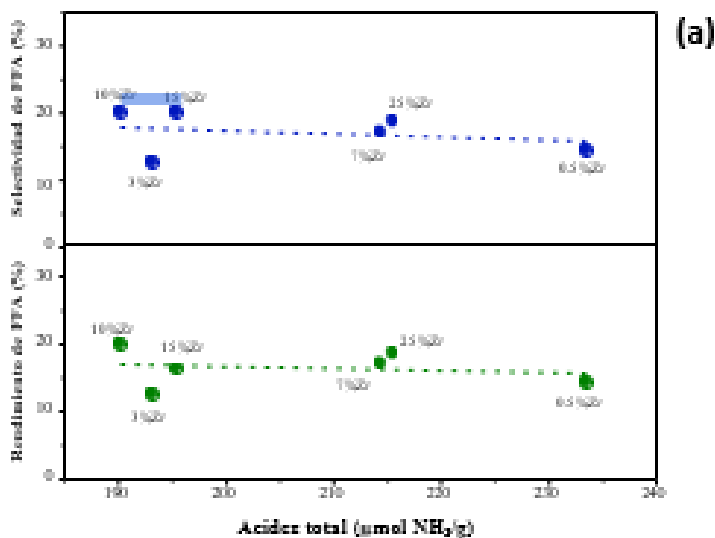
\*Email: [larteaga@ubiobio.cl](mailto:larteaga@ubiobio.cl)

## Resumen

La aminación reductiva de furfural se ha posicionado como una alternativa prometedora para producir aminas secundarias como parte de la transición desde petro-aminas hacia las bio-aminas [1]. Sin embargo, aún existen desafíos asociados a la baja selectividad de aminas secundarias (FFA), donde los sitios activos del catalizador están involucrados. Bajo este contexto, el objetivo fue investigar el rol de la densidad y naturaleza de los sitios ácidos empleando catalizadores de Pd soportado en óxidos mixtos ZrO<sub>2</sub>-TiO<sub>2</sub> en la aminación directa de furfural (FUR) con anilina (AN).

Para esto, se prepararon soportes con distintos porcentajes de Zr (0.5 - 25%) para modificar sus propiedades ácidas. Luego se impregnó el Pd por un método de humedad incipiente. Los catalizadores se caracterizaron por distintas técnicas para conocer sus propiedades superficiales y estructurales. Para las reacciones se utilizó furfural, anilina, H<sub>2</sub> y metanol (solvente), todos de grado analítico. Los experimentos se llevaron a cabo en una celda de reacción FTIR-in situ de 15 mL equipada con un detector ATR. Esta celda permitió identificar y cuantificar las especies durante todo rango de tiempo y dado que no se encontraron registros sobre la técnica de cuantificación en fase líquida, acá hacemos un aporte en el área.

Los resultados indicaron que sólo la imina se forma en fase homogénea, lo que confirma la necesidad de sitios metálicos para activar el H<sub>2</sub> y la posterior reducción del enlace C=N de la imina [2]. En la reacción con soporte, aumentó la conversión de FUR a un 96,2%, producto de participación los sitios ácidos del soporte. Los resultados de los experimentos con los seis catalizadores se correlacionaron con sus propiedades ácidas. En la Fig. 1a no se observa una tendencia marcada respecto a la acidez total, asociado a que solamente algunos sitios ácidos son ocupados para la reacción. Por otro lado, la Fig. 1b sugiere que se requieren sitios medios equilibrados con sitios fuertes, garantizando que las especies se adsorban con una fuerza suficiente para que la reacción ocurra, y a la vez, que los productos se liberen de la superficie.



**Figura 1.** Formación de FFA con respecto a (a) Acidez total (b) Relación de sitios ácidos Lewis Medios/Fuertes. Se puede concluir que la aminación de FUR con anilina requiere de catalizadores ácidos, pero su reactividad no solo depende de la acidez total, sino también de la fortaleza de los sitios ácidos para incrementar la selectividad hacia FFA.

### Referencias

- [1] R.A. Sheldon, *Green Chemistry* 16 (2014) 950–963. <https://doi.org/10.1039/c3gc41935e>.
- [2] J.J. Martínez et al, *Journal of Molecular Catalysis A: Chemical* 392 (2014) 235–240. <https://doi.org/10.1016/j.molcata.2014.05.014>.

# CATA-OCV-06: Obtención de catalizadores funcionalizados con Na y K a partir de residuos urbanos

**Felipe de Jesús Villalobos Delgado<sup>a\*</sup>, Mariana López Guerrero<sup>a</sup>, Hilda Elizabeth Reynel Ávila<sup>ab</sup>.**

<sup>a</sup>Instituto Tecnológico de Aguascalientes, Aguascalientes, México, 20256.

<sup>b</sup>CONAHCYT, Cátedras Jóvenes Investigadores, México, 03940.

Email: iqfelipedejesusvillalobosiq@hotmail.com

## Resumen

Los catalizadores homogéneos y heterogéneos son las dos principales de clasificación de estos materiales. Los catalizadores que se encuentran en la misma fase que los reactivos se denominan homogéneos. Los catalizadores heterogéneos son sencillos de separar. Además, debido a sus beneficios operativos, como su regeneración, baja corrosividad, seguridad, economía y la eliminación del proceso de lavado que empleado en la remoción de los catalizadores homogéneos [1]. Dado que los catalizadores básicos no funcionan bien con aceites con alto contenido de ácidos grasos libres (FFA), es crucial elegir el catalizador en función de la materia prima lipídica. Los desechos urbanos suelen tener un costo para su recolección, tratamiento y disposición final. Por lo tanto, la creación de catalizadores a partir de desechos tendría un impacto económico significativo en varios aspectos del proceso de producción de biodiesel. En particular, el Tetra Pak (TP) se compone de un 25% de polietileno de baja densidad (LDPE), un 70% de papel kraft y un 5% de aluminio que se lamina en seis capas, es ampliamente utilizado como envases para alimentos y medicamentos[2]. Bajo contexto, este trabajo se enfocó en la síntesis de catalizadores básicos derivados de tetra pak que fue carbonizado y utilizado como soporte. Los soportes carbonosos fueron funcionalizados con hidróxido de sodio o de potasio. Los catalizadores se caracterizaron con diferentes métodos instrumentales. Se empleó un diseño de experimentos de superficie de respuesta para evaluar el efecto de variables importantes en la reacción de transesterificación sobre la producción de biodiesel. Se empleó un diseño de experimentos como base para determinar las mejores condiciones de síntesis. Las variables consideradas fueron: temperatura y tiempo de pirólisis, concentración de reactivo dopante, temperatura y tiempo de modificación y temperatura de activación. En total se sintetizaron 18 catalizadores con 9 rutas de síntesis (cambiando el agente dopante). El desempeño catalítico fue determinado en la reacción de transesterificación con aceite de cártamo a 60 °C durante 6 h en agitación a 600 rpm, obteniendo 59-99% de formación de FAMES. El catalizador TP-6-NaOH mostró el mejor desempeño y se sintetizó a una temperatura y tiempo de pirólisis de 750°C a 3h, con concentración de 0.5 M de reactivo dopante (NaOH), con condiciones de impregnación a 90°C durante 4h. El catalizador TP-5-KOH modificado con KOH fue el mejor bajo las condiciones de preparación de carbonizado a 750 °C a 2 h de pirolisis, modificado con una solución de 2 M de KOH a condiciones de impregnación de 70°C durante una hora. Por

otra parte, el catalizador 6 modificado con NaOH se empleó para realizar un análisis de superficie del efecto de las condiciones de reacción sobre la formación de FAMES. Se evaluaron 4 variables (temperatura y tiempo de reacción, relación molar metanol/aceite y porcentaje de catalizador con respecto a la masa del aceite) con 2 niveles. El análisis demostró que la relación molar metanol/aceite y el tiempo de reacción fueron las variables con mayor efecto sobre la reacción catalítica.

## Referencias

- [1] Konwar, L.J.; Wärnå, J.; Mäki-Arvela, P.; Kumar, N.; Mikkola, J.P. "Reaction kinetics with catalyst deactivation in simultaneous esterification and transesterification of acid oils to biodiesel (FAME) over a mesoporous sulphonated carbon catalyst." *Fuel* 166 (2016) 1-11.
- [2] J. Haydary, D. Susa, J. Dudáš, Pyrolysis of aseptic packages (tetrapak) in a laboratory screw type reactor and secondary thermal/catalytic tar decomposition. *Waste Manage.* 33 (2013) 1136-1141.

# CATA-OEV-07: Hidrodesoxigenación del anisol para formar productos de valor agregado: orto-, meta-, para-cresol

**Isidoro García-Cruz<sup>a\*</sup>, Leonor Angélica Guerrero Zúñiga<sup>b\*</sup>, Ana Cristina Ramírez Gallardo<sup>a</sup>, María Fernanda López Sánchez<sup>a</sup>.**

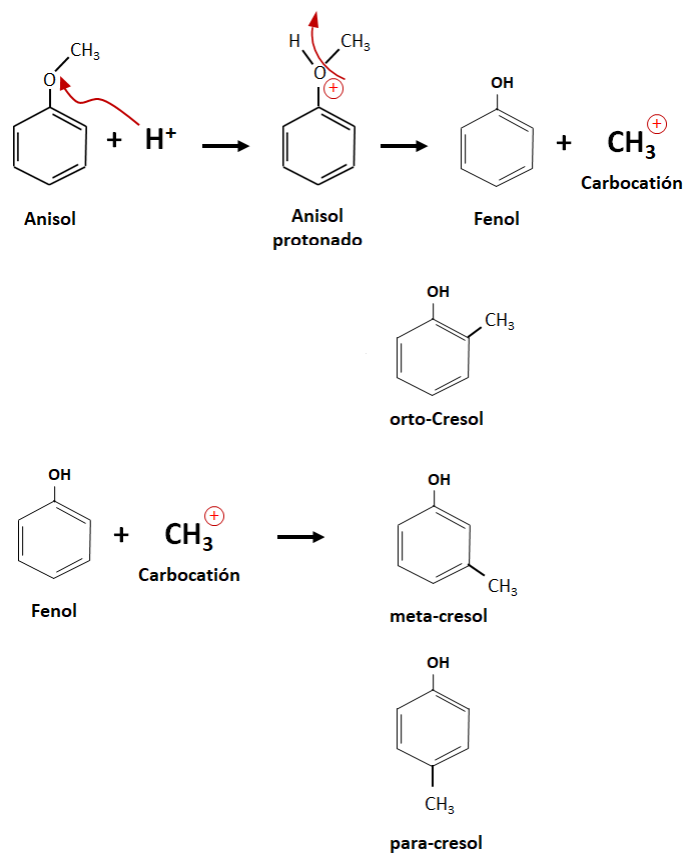
<sup>a</sup> Gerencia de Investigación en Transformación de Hidrocarburos. Dirección de Investigación. Instituto Mexicano del petróleo. CDMX, MEXICO 07730

<sup>b</sup> Gerencia de Investigación en Eficiencia Energética y Biocombustibles. Dirección de Investigación. Instituto Mexicano del Petróleo. CDMX, MEXICO 07730

Email: <sup>a</sup> [igarcia@imp.mx](mailto:igarcia@imp.mx); [aguerrer@imp.mx](mailto:aguerrer@imp.mx)

## Resumen

En este trabajo se presentan los resultados obtenidos con Teoría de Funcionales de la Densidad (TFD), los cuales muestran que la reacción de transmetilación es una etapa importante tanto en la descomposición no catalítica como en la catalítica del anisol. La escisión del radical metilo conduce a la formación de radicales libres y carbocationes tipo metilo. En la transmetilación catalítica, los reactivos interactúan con los sitios ácido de Brønsted ( $H^+$ ), presentes en el catalizador a base de HZSM5. La transmetilación catalítica se inicia mediante el ataque electrofílico del protón del ácido de Brønsted al átomo de oxígeno del anisol, seguido de la sustitución del carbocatión. Es decir, se propone un mecanismo de ataque electrofílico dual para la transmetilación catalítica. El modelado de la reacción de transmetilación, basado en el mecanismo propuesto, muestra que el catalizador con acidez de Brønsted puede reducir significativamente la barrera de energía de reacción para todos los compuestos reactivos investigados debido a los cambios en las vías de reacción, como se muestra en la Figura 1. Los resultados obtenidos muestran una buena correlación con los estudios teóricos y experimentales de la descomposición del anisol.<sup>1-4</sup>



**Figura 1. Reacción de transmetilación del grupo CH<sub>3</sub><sup>-</sup> en el anisol y fenol, para formar el orto-, meta-, y para-cresol.**

### Referencias

- [1]. J. Zhang, B. Fidalgo, D. Shen, R. Xiao and S. Gu. Mechanism of transmethylation in anisole decomposition over HZSM-5: Experimental study. *J. Anal. Appl. Pyrolysis* **2016**, 122, 323–331.
- [2] J. F. Haw, B. R. Richardson, I. S. Oshiro, N. D. Lazo and J. A. Speed. Reactions of propene on zeolite HY catalyst studied by in situ variable temperature solid-state nuclear magnetic resonance spectroscopy. *J. Am. Chem. Soc.* **1989**, 111, 2052–2058.

# CATA-OEV-08: Desarrollo de Catalizadores Heteropoliácidos tipo Keggin para la Oxidación Selectiva de HMF hacia DFF

Leonardo Andrés Silva Gómez<sup>a</sup>, José Jobanny Martínez Zambrano<sup>a</sup>, Jairo Antonio CubillosLobo<sup>a</sup>, Hugo Alfonso Rojas Sarmiento<sup>a</sup>, Magdalena Palacio<sup>b</sup>, Paula I. Villabrille<sup>b,c</sup>, Valeria Palermo<sup>b</sup>, Gustavo P. Romanelli<sup>b,c</sup>

<sup>a</sup>Grupo de Catálisis de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (GC-UPTC), Escuela de Ciencias Químicas, Av. Central del Norte N° 39-115 Tunja, Boyacá, Colombia.

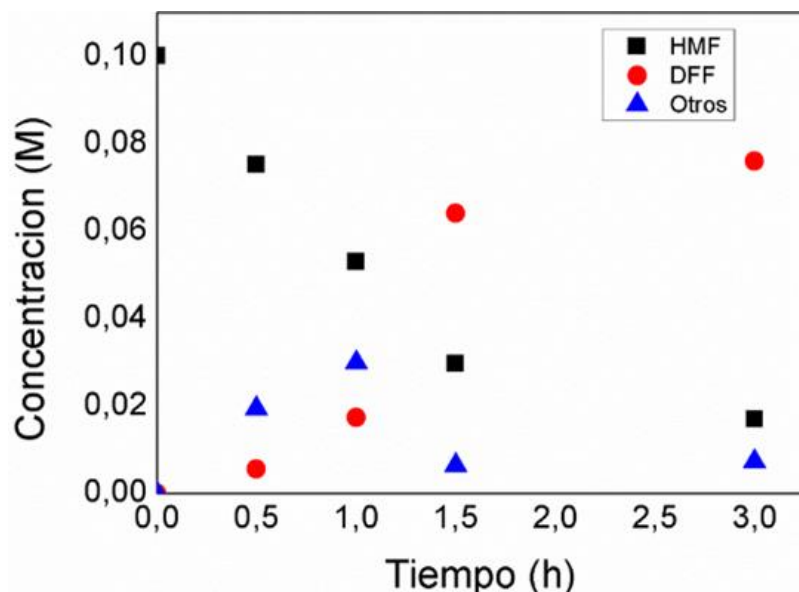
<sup>b</sup>CINDECA (CONICET-CIC-UNLP), Dpto. Química, Facultad de Ciencias Exactas, Universidad Nacional de La Plata, Calle 47 No 257, B1900AJK La Plata, Argentina.

<sup>c</sup>Dpto. Exactas, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad Nacional de La Plata, Calles 60 y 119 s/n, B1904AAN La Plata, Argentina

## Resumen

La conversión selectiva del 5-hidroximetilfurfural (HMF) a diformilfurano (DFF) es una ruta prometedora para la síntesis de precursores de biocombustibles y monómeros, ofreciendo una alternativa sostenible a los productos derivados del petróleo. La oxidación catalítica de HMF a DFF también ha sido objeto de numerosos estudios. Algunos reportan el uso de catalizadores heterogéneos que emplean algunos metales nobles para la oxidación selectiva de HMF a DFF [1][2]. Los heteropoliácidos tipo Keggin (HPA) muestran actividad tanto como catalizadores ácidos como catalizadores redox. Los catalizadores HPA tipo Keggin más utilizados tienen átomos de Mo o W en su estructura (por ejemplo, H<sub>3</sub>PW<sub>12</sub>O<sub>40</sub>, H<sub>3</sub>PMo<sub>12</sub>O<sub>40</sub>, H<sub>4</sub>SiW<sub>12</sub>O<sub>40</sub>) [3]. Las estructuras Keggin se emplean como catalizadores; debido a su estructura compleja y propiedades reactivas, brindan amplias oportunidades para estudios científicos novedosos [4]. Sin embargo, el uso de HPAs en forma de masa generalmente muestra una baja actividad asociada a una pequeña área superficial. Por lo tanto, los HPAs se impregnan en diferentes soportes como SiO<sub>2</sub>, TiO<sub>2</sub> o carbón activado, con el propósito de aumentar la actividad catalítica y la estabilidad térmica del catalizador en comparación con los materiales no soportados [5].

De esta manera, se estudió la oxidación de DFF mediante el uso de catalizadores heteropoliácidos tipo Keggin, los cuales fueron sintetizados y caracterizados a través de diferentes técnicas que permitieron evaluar su estructura y morfología. La actividad catalítica para la oxidación del DFF se optimizó teniendo en cuenta los parámetros de: temperatura de reacción, el tipo de solvente y la concentración de sustrato. Una vez optimizadas las condiciones de reacción, se realizó un seguimiento de la misma (Figura 1). Los resultados obtenidos revelaron un rendimiento superior al 90% en la conversión de DFF a través de la oxidación utilizando los catalizadores heteropoliácidos tipo Keggin. La temperatura de reacción de 60°C demostró ser óptima para alcanzar este alto rendimiento. Además, se observaron efectos significativos tanto del tipo de solvente utilizado como de la concentración de sustrato en la eficiencia de la reacción.

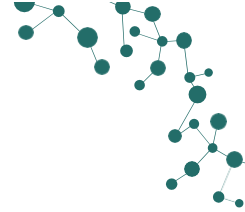


**Figura 1.** Actividad catalítica de la oxidación de HMF. Condiciones de reacción: HMF (1M) en metanol (3 mL), 333 K, 2 mmol de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, 0.1g de catalizador.

Estos hallazgos resaltan el potencial de los catalizadores heteropoliácidos tipo Keggin en la oxidación de DFF y su relevancia para el desarrollo de métodos eficientes de transformación de sustratos químicos.

## Referencias

- [1] J. Wang, Y. Yuan, K. Ren, B. Wang, and Z. Li, "Efficient acceptorless dehydrogenation of 5-Hydroxymethylfurfural (HMF) to 2,5-Diformylfuran (DFF) over Pt/CdS under visible light," *J Catal*, vol. 417, pp. 178–184, Jan. 2023, doi: 10.1016/j.jcat.2022.12.008.
- [2] H. Liu *et al.*, "Efficient Aerobic Oxidation of 5-Hydroxymethylfurfural to 2,5-Diformylfuran over Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Promoted MnO<sub>2</sub> Catalyst," *ACS Sustain Chem Eng*, vol. 7, no. 8, pp. 7812–7822, 2019, doi: 10.1021/acssuschemeng.9b00010.
- [3] M. Misono, I. Ono, G. Koyano, and A. Atsushi, "Heteropolyacids: Versatile green catalysts in various reaction media," *Pure and Applied Chemistry*, vol. 72, no. 7, pp. 1305–1311, 2000, [Online]. Available: isi:000087246201397
- [4] A. Dolbecq, E. Dumas, C. R. Mayer, and P. Mialane, "Hybrid organic-inorganic polyoxometalate compounds: From structural diversity to applications," *Chem Rev*, vol. 110, no. 10, pp. 6009–6048, Oct. 2010, doi: 10.1021/cr1000578.
- [5] A. Popa, V. Sasca, E. E. Kiss, R. Marinkovic-Neducin, and I. Holclajtner-Antunović, "Mesoporous silica directly modified by incorporation or impregnation of some heteropolyacids: Synthesis and structural characterization," *Mater Res Bull*, vol. 46, no. 1, pp. 19–25, Jan. 2011, doi: 10.1016/j.materresbull.2010.10.003.



# **CATA-OEV-09: Evaluación de las capacidades fotocatalíticas de polvos de TiO<sub>2</sub> dopados a distintos porcentajes de Fe provenientes de lixiviación ácida de arenas negras de ilmenita mediante la oxidación del naranja de metilo**

**Alejandro Vergara Arrieta<sup>a</sup>, Cristian Fabian Parra Rangel<sup>b</sup>, Elcy María Cordoba Tuta<sup>c</sup>**

<sup>a</sup> Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia, 680002

<sup>b</sup> Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia, 680002

<sup>c</sup> Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia, 680002

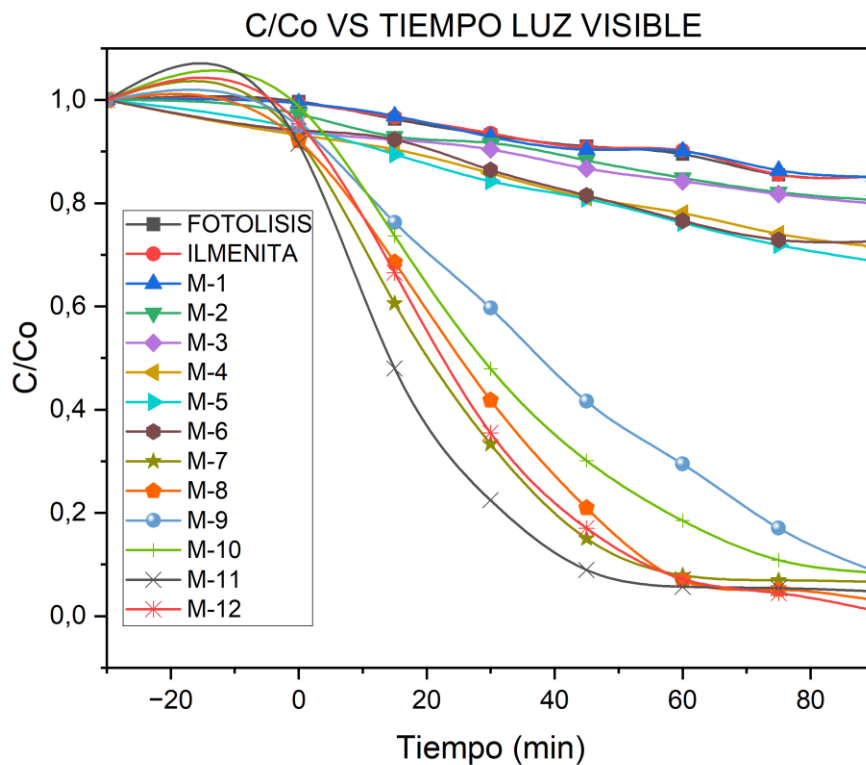
Email: <sup>a</sup> alejandrovergaraarrieta@gmail.com

## **Resumen**

En la actualidad, la contaminación ha alcanzado niveles alarmantes, convirtiéndose en un problema de salud pública a escala global. Cada año, se liberan enormes cantidades de sustancias tóxicas al aire, agua y suelo [1]. Para combatir esta problemática la fotocatalisis heterogénea se considera una técnica prometedora para mineralizar compuestos orgánicos del aire y el agua utilizando un óxido metálico semiconductor bajo energía solar. Estos semiconductores tienen la facilidad de generar pares electrón-hueco cuando son iluminados con luz de energía igual o superior a la de su band-gap. Estos portadores de carga generados junto con especies transitorias poderosas, principalmente el radical hidroxilo (OH<sup>·</sup>), son capaces de producir cambios profundos en la estructura química de los contaminantes.

Dentro de este grupo de semiconductores se destaca el TiO<sub>2</sub> por su estabilidad química, seguridad en términos de toxicidad, su compatibilidad con sistemas biológicos y su gran eficiencia cuántica [2]. Sin embargo, su principal limitación es la baja absorción de luz visible lo que ha motivado a diferentes esfuerzos para mejorar su fotoactividad, incrementando la capacidad fotocatalítica de TiO<sub>2</sub> hacia longitudes de onda más extensas, mediante estrategias como el dopaje con elementos no metálicos (N, C, etc.) y con metales de transición como el Fe, logrando mejorar la eficiencia de la separación de electrones y huecos generados durante la fotocatalisis, es así que dicho dopaje promueve las reacciones de oxidación y reducción, aumentando la eficiencia de los procesos fotocatalíticos, además de una mayor absorción de luz visible y estabilidad química aumentando la durabilidad de este semiconductor [3]. El dopaje de TiO<sub>2</sub> con Fe reduce el ancho de banda prohibida debido a la formación de estados electrónicos adicionales, a partir de electrones 3d de Fe<sup>+3</sup> lo que ocasiona una interacción entre los electrones de banda de valencia y los electrones d reduciendo el ancho de banda, además los iones Fe<sup>+3</sup> actúan como atrapadores de carga mejorando la separación electrón/hueco y, en consecuencia, la actividad fotocatalítica [4]. Posteriormente se dispersaron las partículas del semiconductor en una solución de 50 mL con una concentración de 5 ppm de naranja de metilo donde se utilizó una concentración de 1 g/L del fotocatalizador en polvo, con adición de peróxido de hidrogeno y ácido nítrico, el ensayo tuvo una duración

de 90 minutos. Como fuente de iluminación se empleó una lámpara de luz visible led 100 W de la marca MERCURY. Antes de la exposición a la luz, la suspensión se agitó y se mantuvo en la oscuridad durante 30 minutos para promover la adsorción del naranja de metilo en la superficie del catalizador ( $\text{TiO}_2\text{-Fe}$ ). La eficiencia de las pruebas fotocatalíticas se determinó mediante un seguimiento temporal de la concentración del colorante en la solución utilizando un espectrofotómetro UV-vis. Los resultados indicaron que el ancho de banda prohibida disminuye al aumentar el porcentaje de hierro (Fe) de 3,2 eV como referencia para  $\text{TiO}_2$  puro a valores menores a 3 eV, además los espectros de DRX en las muestras obtenidas a 2.5 M a las diferentes proporciones de Fe y 5 M y 0.5 g de agente reductor agregado presentan una mezcla mayoritariamente compuesta de ilmenita con cierta cantidad de  $\text{TiO}_2$  en fase rutilo con pequeños trazos de anatasa, aumentando esta última a medida que incrementa la concentración o la cantidad de agente reductor, esto también se puede evidenciar por los colores mostrados por las muestras los cuales son de un color azabache, esto puede ser debido a lixiviación parcial llevada en el proceso de síntesis, las muestra de 5 M a 1.5 g y 2.5 g de Fe polvo agregado y las de 7.5 M a diferentes proporciones de cantidad de agente reductor mostraron en su totalidad fase anatasa al analizar su espectro de DRX, incrementado el porcentaje de esta a medida que aumentaba la concentración y la cantidad de Fe agregado, esto se puede corroborar en los colores obtenidos en las muestras los cuales son blanco-grisáceo. Las pruebas fotocatalíticas también demostraron que el fotocatalizador obtenido es efectivo, ya que se logró la remoción del más del 95% del colorante al cabo de 90 minutos.



**Gráfico 1.** Comparación de la fotocatalisis de la ilmenita en comparación con las muestras obtenidas de la lixiviación en luz visible, en medio ácido con  $H_2O_2$  concentración vs Tiempo

Muestra	Ancho de banda prohibida aproximado (eV)
ILMENITA	3,0727
M-7	2,9526
M-8	2,9802
M-9	2,9601
M-10	2,9097
M-11	2,9171
M-12	2,908

**Tabla 1.** Comparación del Band gap de la ilmenita con el de las muestras blancas obtenidas del proceso de lixiviación

## Referencias

- [1] Anónimo. (2022, febrero 17). ONU: Con 9 millones de muertes al año, la contaminación es más devastadora que COVID. *SinEmbargo MX*. <https://www.sinembargo.mx/17-02-2022/4126214>
- [2] Madadi, M., Ghorbanpour, M., & Feizi, A. (2019). Preparation and characterization of solar light-induced rutile Cu-doped  $TiO_2$  photocatalyst by solid-state molten salt method. *Desalination and Water Treatment*, 145, 257–261. <https://doi.org/10.5004/dwt.2019.23484>
- [3] Zhao, Q., Li, M., Zhou, L., Zheng, M., & Zhang, T. (2020). Removal of metallic iron from reduced ilmenite by aeration leaching. *Metals*, 10(8), 1020. <https://doi.org/10.3390/met10081020>
- Marjunus, R., Handayani, Y. N., Stevani, A., Febriyanti, N., Firdaus, I., & Manurung, P. (2021). Synthesis and characterization of  $TiO_2$  from Lampung's ilmenite using leaching method with variation of time duration. *Journal of Physics: Conference Series*, 1816(1), 012089. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1816/1/012089>
- [4] Marjunus, R., Handayani, Y. N., Stevani, A., Febriyanti, N., Firdaus, I., & Manurung, P. (2021). Synthesis and characterization of  $TiO_2$  from Lampung's ilmenite using leaching method with variation of time duration. *Journal of Physics: Conference Series*, 1816(1), 012089. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1816/1/012089>

# CATA-OEV-10: Efecto catalítico de Níquel soportado en carbo-alúmina derivada de MIL-53 (Al) en la selectividad a BTX mediante co-hidropirólisis.

Carlos Romero-Unda<sup>a</sup>, Kevin Fernández-Andrade<sup>a</sup>, Serguei Alejandro-Martín<sup>a,b\*</sup>

<sup>a</sup> *Laboratorio de Cromatografía Gaseosa y Pirólisis Analítica, Universidad del Bío-Bío, Concepción, Chile.*

<sup>b</sup> *Departamento de Ingeniería en Maderas, Facultad de Ingeniería, Universidad de Bío-Bío, Concepción, Chile.*

Email: [salejandro@ubiobio.cl](mailto:salejandro@ubiobio.cl)

## Resumen

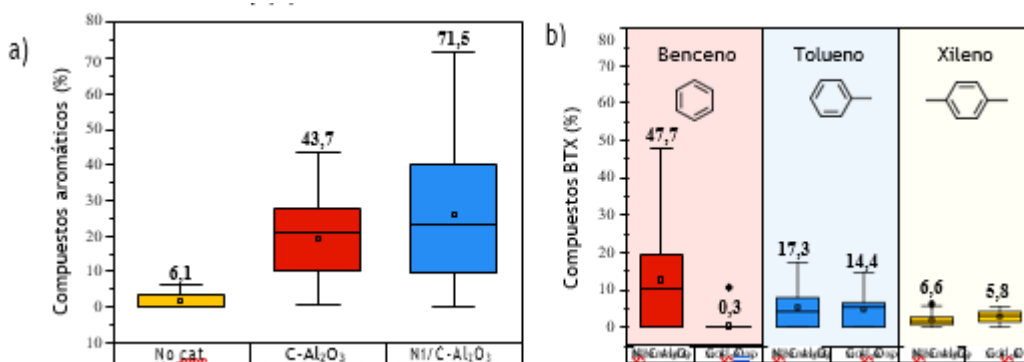
La co-hidropirólisis catalítica se postula como una vía de alto potencial para la generación de químicos finos a través de la valorización de residuos plásticos y lignocelulósicos. Los catalizadores derivados de estructuras metal-orgánicas (MOF) ostentan el potencial de mejorar la selectividad hacia arenos debido a la alta dispersión de los nodos metálicos en su superficie, lo que favorece las reacciones de *aromatización* [1]. En este estudio, se investiga el impacto del níquel soportado en carbo-alúmina (Ni/C-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) en la selectividad a compuestos aromáticos (benceno, tolueno y xileno(s)) obtenidos mediante co-hidropirólisis de biomasa/plástico.

El MIL-53(Al) se termolizó a 800°C para producir la matriz carbonosa (C-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) y luego se impregnó con un 15%Ni por humedad incipiente. Se emplearon XRD, SEM-EDX, TEM, TPD-NH<sub>3</sub> y Fisisorción- N<sub>2</sub> para caracterizar los catalizadores. Los ensayos de co-hidropirólisis se realizaron a 550°C/150 psi H<sub>2</sub> en un sistema Py-GC/MS (CDS5200 - Clarus689/SQ-8T), combinando madera de Roble Chileno (*Nothofagus obliqua*), HDPE y LDPE.

La formación de alúmina amorfa y la presencia de Ni<sup>0</sup> se confirmaron mediante los patrones de XRD y micrografías SEM-EDX (dispersión superficial uniforme). Debido a la descomposición orgánica, la carbo-alúmina presentó un área superficial menor y un tamaño de poro mayor en comparación con su precursor (Tabla 1). La impregnación metálica no tuvo un impacto significativo en las propiedades texturales, aunque sí en las químicas (*redistribución* sitios ácidos en superficie). Como resultado, el Ni/C-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> demostró ser eficaz en las reacciones de hidrodeshidrogenación/aromatización, lo que condujo a la reducción de los compuestos oxigenados ( $\approx 1\%$  total *en muestra*) y un aumento notable de los hidrocarburos aromáticos ( $\approx 72\%$  *en muestra*) (Figura 1).

En resumen, la ruta térmica empleada proporcionó un catalizador novel, óptimo para la co-hidropirólisis de biomasa/plástico. La adición de níquel resultó vital en la aromatización de las especies, abriendo una nueva ruta para la obtención de químicos finos y/o combustibles *sostenibles*.

**Figura 1.** Diagramas de caja y bigotes para la influencia de las estructuras catalíticas en la distribución de (a) hidrocarburos aromáticos y (b) BTX.



**Tabla 1.** Resultados del análisis textural de los catalizadores.

Estructura catalítica	SBET (m <sup>2</sup> g <sup>-1</sup> )	SMICRO (m <sup>2</sup> g <sup>-1</sup> )	VDES (cm <sup>3</sup> g <sup>-1</sup> )	Φ (nm)
MIL-53 (MOF prístino)	698	518	0,132	4,97
C-Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (MOF carbonizado)	272	87,0	0,225	13,3
Ni/C-Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	216	60,3	0,260	7,03

## Referencias

[1] M. Liu, J. Wu, and H. Hou, "Metal–Organic Framework (MOF)-Based Materials as Heterogeneous Catalysts for C–H Bond Activation," *Chem. – A Eur. J.*, vol. 25, no. 12, pp. 2935–2948, Feb. 2019, doi: <https://doi.org/10.1002/chem.201804149>.

# CATA-OEV-12: Producing bio-based aromatic amines from reductive amination of furfural over Pd/ZrO<sub>2</sub>-TiO<sub>2</sub> catalyst.

<sup>a</sup>Alex Fernández-Andrade, <sup>b</sup>Cristian. H. Campos, <sup>a</sup>Luis E. Arteaga-Pérez\*

<sup>a</sup>Laboratory of Thermal and Catalytic Processes, University of Bío-Bío, Faculty of Engineering, Department of Wood Engineering, 4081112, Concepción, Chile.

<sup>b</sup>University of Concepción, Faculty of Chemical Sciences, Department of Physicochemistry, Edmundo Larenas 129, 4070386, Concepción, Chile.

\*Email: [larteaga@ubiobio.cl](mailto:larteaga@ubiobio.cl)

## Abstract

The reductive amination of furfural promoted by heterogeneous catalysts is an environmentally friendly alternative to producing aromatic amines as part of the transition from petro-based to bio-based processes [1]. In this sense, the effectivity of Pd/ZrO<sub>2</sub>-TiO<sub>2</sub> was evaluated on the reductive amination of furfural with aniline in tert-amyl alcohol using H<sub>2</sub> as a reducing agent.

First, wet impregnation was used to prepare the ZrO<sub>2</sub>-TiO<sub>2</sub> support and the Pd/ZrO<sub>2</sub>-TiO<sub>2</sub> and Pd/SiO<sub>2</sub> catalysts (reference) were produced using an incipient wet impregnation method [2]. Finally, their textural and structural properties were investigated using N<sub>2</sub>-physisorption, TPR-H<sub>2</sub>, TPD-NH<sub>3</sub>, XRD, and TEM. Catalytic activity studies were carried out in 4 and 20-mL autoclave reactors containing FUR, aniline (PhNH<sub>2</sub>), and H<sub>2</sub> in tert-amyl alcohol. The initial reaction parameters for the kinetic tests were varied: C<sup>0</sup><sub>FUR</sub> = 0.125 - 0.5 M; C<sup>0</sup><sub>PhNH<sub>2</sub></sub> = 0.125 - 0.5 M; P<sub>H<sub>2</sub></sub> = 0.5 - 2 bar; and T = 50 - 100 °C, with a mol FUR/mol cat ratio of 567 in 120 minutes. Identification and quantification of the products were performed by gas chromatography coupled to mass spectrometry. The control reactions revealed that imine can be produced as a primary product in the homogeneous phase via the aniline's nucleophilic attack on the C=O group (Step I). The imine is subsequently hydrogenated to furfurylaniline (Step II) in a catalytic step that is prone to over-hydrogenation (Step III). The increased reactivity of Pd/ZrO<sub>2</sub>-TiO<sub>2</sub> corroborated the role of acid sites in the reaction process. These findings agreed with the scheme presented in Figure 1.

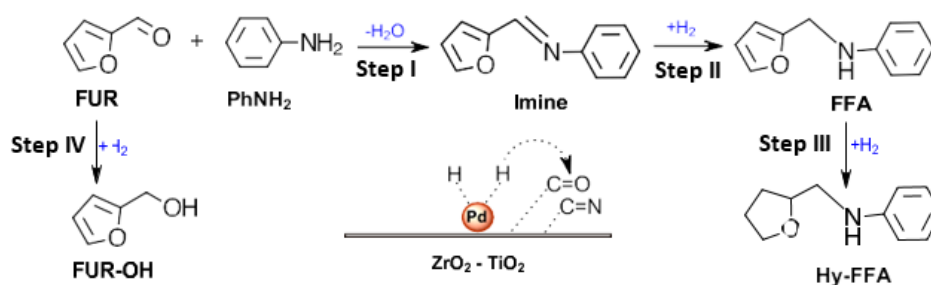


Figure 1. Preliminary amination scheme. C<sup>0</sup> PhNH<sub>2</sub> = 0.125 mol L<sup>-1</sup>; C<sup>0</sup> FUR = 0.25 mol L<sup>-1</sup>; T = 50 °C and

PH2 =1 bar; t =120 min; mol FUR/ mol Cat = 567.

$$r_{\text{Pd/ZrO}_2\text{-TiO}_2} = \left[ \left( \frac{1}{w_{\text{cat}}} \right) \left( \frac{dC_i}{dt} \right) \right] = 2.5 \times 10^6 \exp \left( \frac{35.4}{RT} \right) (C_{\text{FUR}}^0)^{-0.9} (C_{\text{ANI}}^0)^{1.2} (C_{\text{H}_2}^0)^{0.6} \quad \text{Eq. 1}$$

The kinetic interpretation was carried out via a Power Law model (eq. 1). The observed activation energy for FUR amination (35.4 kJ/mol) was comparable to those reported for similar reaction systems [2]. Furthermore, the negative reaction order of FUR shows that it participates in the site balance, possibly through competition with imine. The order of aniline (about 1) confirmed its stoichiometric reaction (1:1) with furfural to create the imine, while adsorption may be occurring on the support. The fractional order of hydrogen revealed its dissociation across Pd sites, as well as its presence in the site balance.

The authors would like to thank the FONDECYT Regular 1240054 project and ANID-National Doctoral Grant.

## References

1. Ms.K. Saini et al., S. Saravanamurugan, ChemSusChem, 15 (2022) e202200107.
2. M. Ortega et al., Reaction Chemistry & Engineering, 8 (2023) 47–63.

# CATA-OCV-13: Catalizadores de Co-ZrO<sub>2</sub> obtenidos mediante Deposición de Capa Atómica y su aplicación en la oxidación de CO.

María M. Fontanini\*, Juan P. Bortolozzi, Eduardo E. Miró, Viviana G. Milt

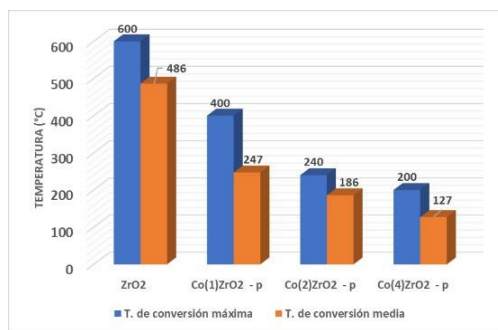
*Instituto de Investigaciones en Catálisis y Petroquímica (INCAPE), Santa Fe, Argentina. 3000.*

\*Email: [mfontanini@fiq.unl.edu.ar](mailto:mfontanini@fiq.unl.edu.ar)

En este trabajo se utilizó el método deposición de capa atómica (ALD, Atomic Layer Deposition) para preparar catalizadores con distintas cargas de Co utilizando ZrO<sub>2</sub> en polvo como soporte y Co(acac)<sub>3</sub> como precursor del elemento activo. Los sólidos preparados presentaron bajas cargas de fase activa (< 1% at.) y se caracterizaron mediante diferentes técnicas: SEM, FTIR, Raman, XPS, FRX y UV-Vis. Su desempeño catalítico se analizó en la reacción de oxidación de monóxido a dióxido de carbono.

## Resumen

La oxidación de monóxido de carbono (CO) es una reacción modelo que reviste importancia ambiental en el tratamiento de gases de escape de motores, purificación del aire en espacios cerrados, máscaras de seguridad, entre otras [1]. Mediante el empleo de catalizadores adecuados puede llevarse a cabo a temperaturas bajas. Por su parte, la técnica de Deposición de Capa Atómica (ALD) para preparar catalizadores se basa en reacciones sólido - gas en la superficie de un soporte en donde uno de los reactivos es un compuesto organometálico que sublima bajo determinadas condiciones de presión y temperatura. Se caracteriza por un control a nivel atómico y por la utilización de bajas cantidades de precursor. En ese contexto, se prepararon sólidos con uno, dos y cuatro ciclos de deposición, se caracterizaron y se aplicaron en la reacción mencionada. Las formulaciones preparadas se denominaron Co(x)-ZrO<sub>2</sub>, donde x corresponde a 1, 2 y 4 ciclos y se evaluaron en la oxidación de CO utilizando  $m_{cat} = 30$  mg y alimentando el reactor con una mezcla de CO y O<sub>2</sub> diluidos en He (CO=1%, O<sub>2</sub>=2%,  $Q_{total} = 30$  ml/min). Un ciclo de deposición consta de 4 etapas (P=10 torr): pretratamiento (T=250°C), deposición (T=155°C), purga y calcinación (T=500°C, P = 760Torr). Las micrografías SEM no mostraron diferencias morfológicas entre el soporte y los catalizadores. No se observaron agregados de Co, sugiriendo una buena distribución del material activo depositado. Mediante FRX y UV-Vis se verificó un aumento en la carga de Co conforme al número de ciclos ALD. Por medio de espectroscopia FTIR, Raman y XPS se verificó la presencia de óxido de cobalto como fase activa con mayor presencia de especies superficiales Co<sup>3+</sup> en Co(4)-ZrO<sub>2</sub>. Todos los catalizadores resultaron más activos que su respectivo soporte en la oxidación de CO a CO<sub>2</sub>. Cuanto mayor resultó la carga de Co y mayor la concentración de especies Co<sup>3+</sup>, mejor fue la actividad catalítica (Figura 1).



**Figura 1.** Temperaturas de conversión máxima y media para los catalizadores Co(x)ZrO<sub>2</sub>.

La técnica ALD resultó efectiva y no modificó las propiedades originales del soporte. Todos los catalizadores presentaron buen desempeño catalítico siendo el más activo Co(4)-ZrO<sub>2</sub> (T<sub>100</sub>=200°C), a pesar de presentar muy baja carga de cobalto, resaltando las ventajas del método de deposición.

### Referencias

- [1] P. H. Ho, M. Ambrosetti, G. Groppi, E. Tronconi, R. Palkovits, G. Fornasari, A. Vaccari, P. Benito, *Stud. Surf. Sci. Catal.* 178 (2019) 303–327

# CATA-OEV-14: Aminación reductiva de furfural por estrategia TANDEM y simulación en Aspen Plus

Juan P. Parra-Orellana<sup>a</sup>, Alex Fernández-Andrade<sup>a</sup>, Katherine Arriagada-Fuentes<sup>a</sup>, Cristian H. Campos<sup>b</sup>, Luis E. Arteaga- Perez<sup>a\*</sup>

<sup>a</sup> Laboratorio de Procesos térmicos y Catalíticos (LPTC), Universidad del Bío-Bío, Concepción, Chile, 4030000.

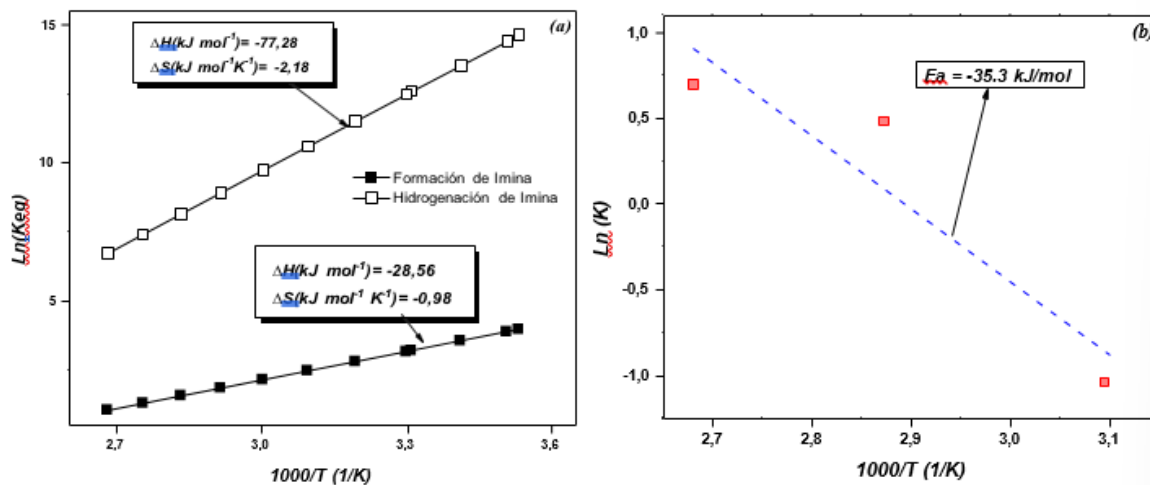
<sup>b</sup> Universidad de Concepción, Facultad de Ciencias Químicas, Departamento de Fisicoquímica, Concepción, Chile, 4030000.

\*Email: larteaga@ubiobio.cl

## Resumen

La aminación reductiva de furfural (FUR) para la síntesis de aminas secundarias es una alternativa interesante sentando la bases de química verde. Sin embargo, actualmente no existen antecedentes consolidados sobre la cinética de la reacción indirecta (TANDEM), ni tampoco existen estudios de simulación para evaluar la termodinámica, la contribución del equilibrio y la catálisis en este proceso. Debido a esto, se evaluó la aminación de FUR con anilina en TANDEM con alcohol ter- amílico (solvente) utilizando H<sub>2</sub> como agente reductor y un catalizador de Pd/ZrO<sub>2</sub>-TiO<sub>2</sub>.

En primer lugar, se realizaron simulaciones para determinar parámetros termodinámicos de cada etapa de reacción (formación de imina e hidrogenación de imina) . Luego, considerando como única etapa catalítica la hidrogenación de la imina, se llevaron a cabo reacciones variando la concentración inicial de esta (0,125 a 0,5 mol/L), la presión de H<sub>2</sub> (0,5 a 2 bar) y la temperatura (50 a 100°C). Los resultados indicaron que la etapa de síntesis de imina es espontánea a todas las temperaturas (figura 1a). El ajuste cinético tipo ley de potencia resultó en un orden aprox. 0.6 para el hidrógeno, lo cual indica que participa en forma de átomos previamente activados en los sitios metálicos [1]. Por otro lado, el orden uno de la imina indicaría la participación estequiométrica de esta en la formación de la amina secundaria. Al comparar la energía de activación de la hidrogenación de la imina por reacción TANDEM con la energía de activación de ONEPOT, presentada en trabajos previos de nuestro grupo, se puede indicar que la hidrogenación de la imina intermediaria es la etapa cinéticamente relevante.



**Figura 1.** Determinación de parámetros estrategia TANDEM. a) Parámetros termodinámicos por medio de la ecuación de Van't Hoff. b) Determinación de la energía de activación por medio de la ecuación de Arrhenius.

A partir del modelo ley de potencia, se realizó una simulación representativa a la reacción TANDEM para validar los resultados obtenidos experimentalmente. Los resultados indicaron que la estrategia TANDEM favorece la formación de la amina secundaria deseada (furfurilnilina). Esto puede estar asociado a que, como la primera etapa es sin catalizador se evita la competitividad entre el FUR y la imina por los sitios ácidos de catalizador, lo que concuerda con lo informado previamente por nuestro grupo donde la imina se forma en fase homogénea.

## Referencias

- [1] N. Bertero, N. M., Apesteguía, C. R., & Marchi, A. J. (2008). Catalytic and kinetic study of the liquid-phase hydrogenation of acetophenone over Cu/SiO<sub>2</sub> catalyst. *Applied Catalysis A: General*, 349(1-2), 100-109. <https://doi.org/10.1016/j.apcata.2008.07.014>

# CATA-OEP-15: Óxidos mixtos de Mg/Al y Cu-Mg/Al como catalizadores para la obtención de 1-butanol a partir de etanol

Julieta A. Rubio Rueda<sup>a</sup>, Juan P. Quevedo Hernandez<sup>a</sup>, Mónica B. Lopez<sup>b</sup>, Johan Fabian Galindo<sup>a</sup>, Gina Hincapié Triviño<sup>a,\*</sup>

<sup>a</sup> Departamento de Química, Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá, Bogotá, Colombia, 111321.

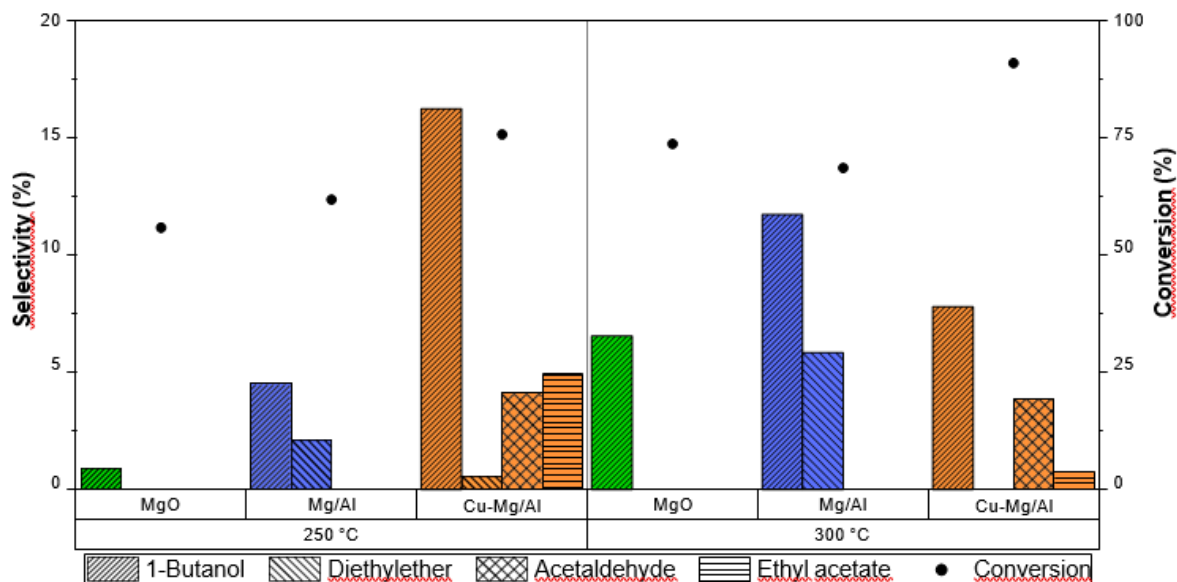
<sup>b</sup> Centro de Microscopía- $\mu$ -Core I Vicerrectoria de Investigación y Creación, Universidad de Los Andes, Bogotá, Colombia, 111711.

Email: [ghincapie@unal.edu.co](mailto:ghincapie@unal.edu.co)

## Resumen

La actual producción de 1-butanol está ligada al uso de derivados de petróleo o a la ruta ABE [1]; sin embargo, ante la necesidad de disminuir el consumo de combustibles de origen fósil y, debido a los inconvenientes asociados a la ruta acetona-butanol-etanol [1,2], la importancia de buscar nuevas alternativas para la obtención de butanol se hace cada vez más grande. En este sentido, la conversión de etanol hacia 1-butanol utilizando óxidos mixtos fue estudiada experimental y computacionalmente.

La actividad catalítica de los óxidos mixtos Mg/Al y Cu-Mg/Al fue evaluada a temperaturas de 250 y 300 °C. Encontrando así que la presencia de Al<sup>3+</sup> en el óxido mixto Mg/Al genera sitios ácidos provocando una selectividad a 1-butanol de 11.7%, a 300 °C. Por otra parte, la sustitución de Cu<sup>2+</sup> de manera estructural genera una conversión de etanol del 91% y una selectividad hacia 1-butanol de 7.8% a 300 °C; mientras que, a 250 °C este sólido presenta una mejor selectividad (16.5 %) (ver Figura 1). El anterior comportamiento se relaciona con la presencia de cobre la cual aumenta el número de sitios ácido-base, lo que favorece el proceso de deshidrogenación del alcohol, la condensación aldólica y la deshidratación [3,4]. Además de esto, de acuerdo con los resultados obtenidos en los estudios computacionales, la inclusión de cobre favorece la adsorción de etanol por el catalizador y facilita la deshidrogenación del C $\alpha$  de este alcohol para la producción de acetaldehído.



**Figura 1.** Conversión y selectividad a 250 y 300 °C para los catalizadores de MgO, Mg/Al y Cu-Mg/Al. Tiempo de reacción: 6 horas.

## Referencias

- [1] B. Ndaba, I. Chiyanzu, S. Marx, N-Butanol derived from biochemical and chemical routes: A review, *Biotechnology Reports* 8 (2015). <https://doi.org/10.1016/j.btre.2015.08.001>.
- [2] I. Veza, M.F. Muhamad Said, Z.A. Latiff, Recent advances in butanol production by acetone-butanol-ethanol (ABE) fermentation, *Biomass Bioenergy* 144 (2021) 105919. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2020.105919>.
- [3] D. Gabriëls, W.Y. Hernández, B.F. Sels, P. Van Der Voort, A. Verberckmoes, Review of catalytic systems and thermodynamics for the Guerbet condensation reaction and challenges for biomass valorization, *Catal. Sci. Technol.* 5 (2015) 3876–3902. <https://doi.org/10.1039/c5cy00359h>.
- [4] F.C. Meunier, J. Scalbert, F. Thibault-Starzyk, Unraveling the mechanism of catalytic reactions through combined kinetic and thermodynamic analyses: Application to the condensation of ethanol, *Comptes. Rendus. Chimie.* 18 (2015) 345–350. <https://doi.org/10.1016/j.crci.2014.07.002>.

# CATA-OCP-16: Síntesis y Caracterización de un Caolín Modificado con Si para la Hidrogenación catalítica de CO<sub>2</sub>-FTS a Combustibles Líquidos

Cristian Arley Morillo<sup>a</sup>, María Natalia Suárez<sup>a</sup>, Jorge Andrés Moreno<sup>a</sup>, Douglas Ramón Rodríguez<sup>b\*</sup>

<sup>a</sup> Química de Recursos Energéticos y Medio Ambiente, Instituto de Química, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.

<sup>b</sup> Departamento de Ingeniería Química, Facultad de Ingeniería, Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.

\*Email: douglas.rodriguez@udea.edu.co

## Resumen

Debido a la riqueza natural de caolín en Antioquia y dado que este mineral constituye una fuente de silicio y aluminio de bajo costo, es un material promisorio para el desarrollo de sólidos con propiedades acidas con potencial aplicación en el área de la catálisis. En este trabajo, dos tipos de caolines de la región fueron modificados mediante el método de extracción ácida, utilizando silicato de sodio y aluminato de sodio como precursores, con el objetivo de desarrollar un sólido con propiedades texturales (área superficial, porosidad), acidez y estabilidad térmica adecuada para la síntesis de Fischer Tropsch (FTS) [1]. Estos materiales, en una etapa posterior serán funcionalizados con un metal como el hierro, y utilizados como catalizadores para la hidrogenación catalítica de CO<sub>2</sub>-FTS hacia la obtención de combustibles líquidos.

Los resultados de fluorescencia de rayos X revelaron que la composición química de los sólidos sintetizados cambió con el tratamiento ácido, mostrando un aumento del contenido en SiO<sub>2</sub> y una disminución del contenido en Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Las isotermas de adsorción-desorción de nitrógeno tuvieron una forma bimodal entre el 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 en el área específica (ABET) y volumen de poro (Tabla 1) que podría estar asociado al rearrreglo parcial de la estructura laminar y a la generación de una galería de poros [2]. Los patrones de difracción de rayos X mostraron la aparición de nuevos picos alrededor de los  $2\theta=13.5^\circ$ ,  $49.6^\circ$ ,  $65.3^\circ$  y  $75.6^\circ$  asociados con la introducción de silicio en la estructura laminar. Los resultados de desorción de NH<sub>3</sub> indican un aumento en la cantidad de sitios ácidos (débiles y medios), asociado posiblemente a una migración del aluminio de la capa octaédrica a la capa tetraédrica [3]. 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 última pérdida de peso a temperaturas mayores a 650°C que corresponde a la deshidroxilación [3].

En conclusión, los sólidos preparados a partir de la arcilla natural presentaron un área superficial de BET más alta que los caolines de partida y una distribución de tamaños de poros mejor definida. La acidez superficial de estos sólidos fue mayor, posiblemente a la incorporación preferencial de Al en posiciones tetraédricas.

Tabla 1. Resultados del análisis textural de los catalizadores.

Catalizador	SBET (m <sup>2</sup> g <sup>-1</sup> )	V <sub>μp</sub> (cm <sup>3</sup> g <sup>-1</sup> )
CR	9.9	0.05
Si-CR	61.8	0.23
CAVT	18.3	0.08
Si-CAVT	74.9	0.25

### Agradecimientos

Los autores agradecen a Ecopetrol, Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación de Colombia, Ministerio de Minas y Energía de Colombia y al Fondo Francisco José de Caldas, quienes a través del convenio 753-2021 proporcionaron los recursos financieros del proyecto 1115-929-93266, contrato 274-2022. quienes a través del convenio 753-2021.

### Referencias

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

# CATA-OEV-17: Estudio de la cinética de formación de compuestos plataforma durante la Hidropirólisis Catalítica de Roble chileno (*Nothofagus obliqua*)

Romina Vivallo Valenzuela<sup>a</sup>, Kevin Fernández Andrade<sup>a</sup>, Serguei Alejandro-Martín<sup>a,\*</sup>

<sup>a</sup> Universidad del Bío-Bío, Concepción, Chile 4600000. Email: [ravivallo@ubiobio.cl](mailto:ravivallo@ubiobio.cl); [salejandro@ubiobio.cl](mailto:salejandro@ubiobio.cl)

## Resumen

Frente a los desafíos energéticos actuales y como un esfuerzo por avanzar hacia soluciones energéticas sostenibles, este estudio se centra en la hidropirólisis catalítica de Roble Chileno (*Nothofagus obliqua*), utilizando zeolita natural modificada. El objetivo principal fue investigar y mejorar la selectividad hacia compuestos químicos precursores de combustibles alternativos a partir de la biomasa, intentando superar las limitaciones de la inestabilidad de los productos o el bajo poder calorífico de los productos generados por métodos de pirólisis convencionales [1]. Para responder a esta necesidad, se adoptó un enfoque que combinó la caracterización experimental de los catalizadores y el análisis cinético de la descomposición de la biomasa. Este enfoque permitió una comparación entre la hidropirólisis catalítica y no catalítica, así como la formulación de esquemas de reacción para compuestos plataforma.

Los experimentos revelaron una influencia de los catalizadores utilizados en la reducción de la energía de activación ( $E_a$ ) para la transformación termoquímica de la biomasa. Se encontraron diferencias en las energías de activación para la transformación de la biomasa en presencia de diferentes catalizadores ( $15.49 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ ,  $24.75 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$  y  $14.20 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ ) en comparación con el proceso no catalítico, percibiendo una tendencia en términos del modelo de las funciones de conversión del tipo Avrami-Erofeev (A2) y Power Law (P2) para experimentos de hidropirólisis no catalítica y catalítica, respectivamente. Además, se observó una consistencia en la formación de los compuestos fenólicos a partir de temperaturas de  $500^\circ\text{C}$ , sugiriendo requerimientos energéticos específicos para las reacciones catalíticas.

Además, la propuesta del mecanismo de reacción representó las diversas rutas de descomposición de los compuestos de la biomasa y sus polímeros constituyentes. La identificación de los pasos claves que conducen la formación de productos plataformas en específicos proporciona una herramienta para optimizar las condiciones de operación y maximizar la producción de productos deseados [2]. Los hallazgos de esta investigación indican que la adición de zeolita natural modificada como catalizador en la hidropirólisis catalítica destaca como un avance importante para el mejoramiento de la calidad del biocombustible alternativo. La notable disminución en la energía de activación con el uso de catalizadores abre nuevas posibilidades para la producción de precursores químicos de líquidos pirolíticos. Este avance no solo realiza el

estudio cinético de la descomposición de la biomasa en presencia y ausencia de catalizadores, sino que aporta valiosas perspectivas para futuras investigaciones en línea de investigación de la hidropirólisis catalítica.

## Referencias

- [1] Zanuttini, M. S., Lago, C. D., Querini, C. A., & Peralta, M. A. (2013). Deoxygenation of m-cresol on Pt/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> catalysts. *Catalysis Today*, 213, 9–17. <https://doi.org/10.1016/J.CATTOD.2013.04.011>
- [2] Zhou, S., Tang, S., Li, G., Xin, S., Huang, F., Liu, X., Mi, T., Huang, K., & Zeng, L. (2023). Catalytic fast pyrolysis of herbal medicine wastes over zeolite catalyst for aromatic hydrocarbons production. *Fuel*, 333, 126311. <https://doi.org/10.1016/J.FUEL.2022.126311>

# CATA-OCV-18: Síntesis biocatalítica de un sustituto de la grasa de la leche materna mediante el uso de dos subproductos industriales como sustratos.

Stefania Rengifo Ospina<sup>a\*</sup>, Danny Alejandro Arteaga Fuertes<sup>a</sup>, Ricardo Benitez Benitez<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Universidad del Cauca, Popayán, Colombia, 190002

<sup>b</sup> Universidad del Cauca, Popayán, Colombia, 190002

<sup>c</sup> Universidad del Cauca, Popayán, Colombia, 190002

Email: \*<sup>a</sup> [stefaniarengifo@unicauca.edu.co](mailto:stefaniarengifo@unicauca.edu.co)

## Resumen

Históricamente, con el fin de obtener triacilgliceroles (TAG) con estructuras semejantes a los presentes en la leche materna y que respondan como posibles sucedáneos de esta, se han venido realizando algunos estudios para optimizar su síntesis. Una de las rutas más representativas se basa en las reacciones de interesterificación enzimática haciendo uso de lipasas como biocatalizador [2] y el aprovechamiento de recursos vegetales y derivados animales, que tengan una composición lipídica similar a la presente en la leche materna, principalmente la presencia de los ácidos grasos más importantes de este alimento como el ácido oleico (30%), palmítico (20%) y linoleico (15%) [3]. La propuesta de nuestro trabajo es realizar reacciones biocatalíticas de interesterificación enzimática entre la estearina de palma, un subproducto de la refinación del aceite de palma rico en triglicéridos de ácido palmítico como el tripalmitin (PPP) [4], y el aceite de trucha arcoíris rico en ácidos grasos insaturados como el ácido oleico y el ácido linoleico [5] para obtener productos con propiedades nutricionales interesantes, potencialmente útiles en la industria de fórmulas infantiles.

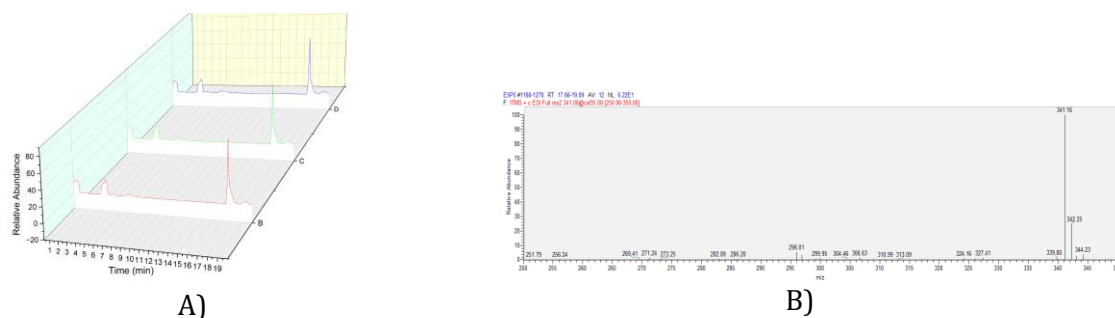
## Materiales y métodos

Reactivos: Acido fórmico, Etanol, hidróxido de potasio, hexano, urea. La estearina de palma fue suministrada por la empresa Alianza Team y las vísceras de trucha por la empresa Pez Puracé.

En primera instancia se realizó un proceso de extracción del aceite de vísceras trucha con ácido fórmico, a dicho aceite se le extrajeron sus ácidos grasos insaturados que fueron los de interés en las reacciones, este proceso se realizó mediante saponificación para obtener los ácidos grasos libres. Los ácidos grasos saturados e insaturados se separaron a bajas temperaturas mediante la formación de complejos de urea. Se realizaron extracciones con solventes orgánicos obteniendo los ácidos grasos insaturados del aceite de vísceras de trucha. Estos ácidos grasos insaturados se hicieron reaccionar con la estearina de palma mediante reacciones de interesterificación enzimática usando como biocatalizador Lipasa TLIM. Se realizó una réplica de la reacción sustituyendo la estearina por el 1,2-propanodiol para evidenciar en que posición se esterificaban los ácidos grasos insaturados, posteriormente los experimentos fueron analizados por UHPLC-MS siguiendo el consumo de los ácidos grasos oleico y linoleico y evidenciando así la formación de los TAG estructurales de

interés.

## Resultados



**Figura 1.**  
Cromatograma  
productos de  
reacción (A).  
productos de

Fragmentograma de los  
reacción con el 1,2-propanodiol (B).

En la Figura 1A se encuentra el cromatograma de los productos de la reacción de interesterificación donde se evidencia el consumo de los ácidos oleico y linoleico provenientes del aceite de vísceras de trucha al ser comparado con la mezcla de partida (línea roja), lo que confirma la formación de nuevos triglicéridos entre la estearina y el aceite de vísceras de trucha. La estructura de estos triglicéridos se confirmó en la reacción con el 1,2-propanodiol, que presentó un fragmentograma (Figura 1B) con señales correspondientes a un compuesto que tiene incluido el ácido oleico en la posición 1 del 1,2-propanodiol, confirmando la selectividad de la enzima y la posición en la que se esterificarán los ácidos grasos del aceite de vísceras de trucha en los triglicéridos de la estearina de palma, dando a lugar a triglicéridos estructuralmente similares a los de la grasa de la leche materna

## Conclusiones.

Las reacciones de interesterificación enzimática entre la estearina de palma y el aceite extraído de las vísceras de trucha dieron lugar a la formación de nuevos compuestos, tipo triacilgliceroles (TAG), su obtención se evidenció por el consumo de los ácidos oleico y linoleico presentes en el aceite de vísceras de trucha, y se confirmó la inclusión de estos en la posición 1 del 1,2-propanodiol lo que propone una alternativa para la obtención de un producto que tiene un importante potencial para ser usado como sucedáneo de la grasa de la leche materna, haciendo uso de dos subproductos industriales.

## Referencias

- [1] Ministerio de Salud y Protección Social. Subdirección de Salud Nutricional, Alimentos y Bebidas (2019). ANALISIS DE IMPACTO NORMATIVO. Lactancia materna.
- [2] Wei, W., Sun, C., Wang, X., Jin, Q., Xu, X., Akoh, C. C., & Wang, X. (2020). Lipase-catalyzed synthesis of sn2 palmitate: A review. *Engineering*, 6(4), 406-414.
- [3] Long Zou, G. P. (2016). Infant Formula Fat Analogs and Human Milk Fat: New Focus on Infant Developmental Needs. *Annual Review of Food Science and Technology*
- [4] K.K. Kang, S. K. (2012). Selective enrichment of symmetric monounsaturated triacylglycerols from palm stearin by double solvent fractionation. *LWT - Food Science and Technology*
- [5] Perea Román, C., Hoyos Concha, J. L., Garcés Caicedo, Y. J., Muñoz Arboledal, L. S., & Gómez Peñaranda, J. A. (2017). Evaluation of processes to obtain silage of fish residues in animal feed. *Ciencia en Desarrollo*, 8(2), 39-50.

# CATA-OCP-19: Efecto de la porosidad de materiales compuestos de TiO<sub>2</sub>/AC en la Degradación foto catalítica de acetaminofén.

Jerónimo Duque Sierra<sup>a</sup>, Jhon Jairo Fernández<sup>a</sup>, Alexander Santamaria<sup>a\*</sup>

Correspondencia: [alexander.santamaria@udea.edu.co](mailto:alexander.santamaria@udea.edu.co)

<sup>a</sup> Química de recursos energéticos y medio ambiente (QUIREMA), Universidad de Antioquía, Medellín, Colombia, 050010.

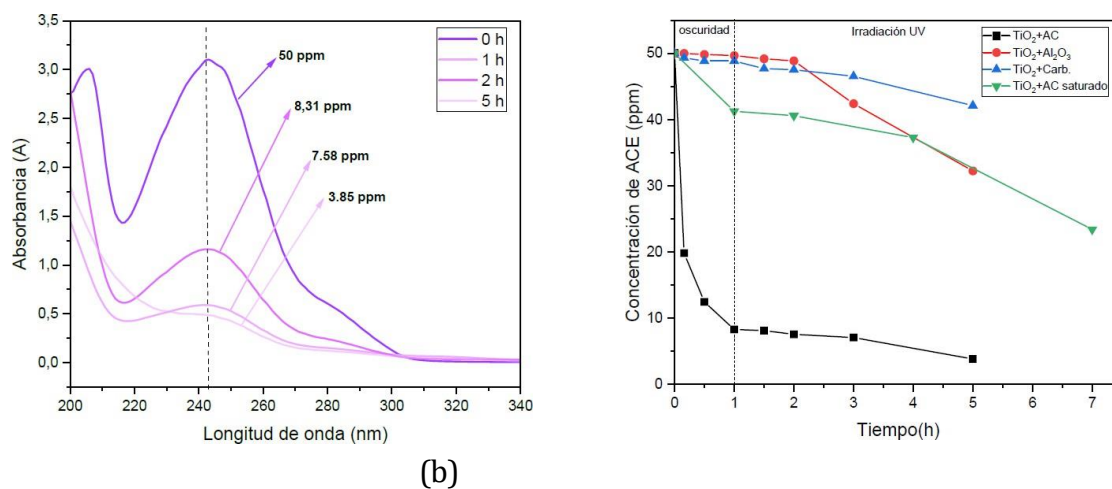
## Resumen

Los contaminantes emergentes son sustancias químicas o no químicas que pueden ser perjudiciales para la salud y el medio ambiente, pero que aún no han sido suficientemente estudiadas ni reguladas. Debido a su tendencia a acumularse en cuerpos de agua y la ineficacia de los tratamientos convencionales para eliminarlos, se están buscando métodos alternativos como los procesos avanzados de oxidación (AOPs). Estos procesos utilizan especies reactivas de oxígeno para descomponer compuestos orgánicos [1].

La fotocatalisis, una técnica dentro de los AOPs, emplea materiales semiconductores con una energía de band gap en el rango UV-vis para promover reacciones que eliminan contaminantes [2]. El dióxido de titanio (TiO<sub>2</sub>) es uno de los semiconductores más utilizados debido a su alta accesibilidad, estabilidad química y buenas propiedades ópticas y eléctricas. No obstante, su tamaño nanométrico dificulta su recuperación y reutilización, lo que ha llevado a la incorporación de soportes en su formulación para mejorar su manejo y eficacia, entre ellos, el carbón activado (CA) [3].

La presente investigación se enfoca en evaluar el efecto de la porosidad del fotocatalizador compuesto TiO<sub>2</sub>+CA en la capacidad de degradación del acetaminofén. A partir de biomasa agroindustrial se prepararon matrices carbonosas con diferentes porosidades obtenidas mediante activación con KOH y vapor de agua a 800 °C. Luego, el carbón activado (CA) obtenido fue impregnado con TiO<sub>2</sub> en una relación 50:50 para formar el material compuesto. Experimentos preliminares indicaron que el material compuesto con CA-KOH, fue altamente microporoso, lo que favoreció la adsorción de acetaminofén en un 80 % en la primera hora, frente al 15 % de foto- degradación en las siguientes 4 h. Sin embargo, en el segundo ciclo de evaluación, el material solo adsorbió un 20 % debido a la saturación de sitios durante el primer ciclo, pero sin aumento en la actividad foto-catalítica. Igualmente, a manera de comparación se prepararon fotocatalizadores de titanio sobre materiales de baja área superficial (TiO<sub>2</sub>+Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> y TiO<sub>2</sub>+Biochar), encontrándose una correspondencia en la actividad foto catalítica entre 15-20 %, pero sin proceso de adsorción. En los próximos experimentos se espera que un direccionamiento hacia la obtención de un carbonizado meso o macroporoso, favorece de manera simultánea la locación de las partículas de TiO<sub>2</sub> no solo en la superficie externa e interna, sino también la distribución de sitios activos a los que el acetaminofén

podría ser accesible sin que la adsorción sea lo suficientemente fuerte como para saturarlo e inactivarlos.



**Figura 1.** (a) Perfiles de absorbancia de acetaminofén a 0 h,1h,2h y 5h de degradación. (b) La actividad fotocatalítica de TiO<sub>2</sub>+AC, TiO<sub>2</sub> +Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> y TiO<sub>2</sub> + Biochar y luego de la saturación superficial del TiO<sub>2</sub>+AC.

#### Referencias

- [1] Dhangar, K., et al. Science of The Total Environment, 738, 140320. (2020)
- [2] Rasouli, K. et al (2023). Journal of Cleaner Production, 419, 138181.
- [3] Ullattil, S. G. et al (2017). Advances in Sol-Gel Derived Materials and Technologies, 271-283.

# CATA-OCP-21: Oxidación selectiva de monoterpenos con luz UV-Vis y O<sub>2</sub> mediante la implementación de una red organometálica de (Zr/Ti) funcionalizada con un complejo de dioxo-molibdeno

Laura Valdivieso Zárate<sup>a\*</sup>, Fernando Martínez Ortega<sup>a</sup>, David Contreras Pérez<sup>b</sup>

<sup>a</sup> Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia, 680001.

<sup>b</sup> Universidad de Concepción, Concepción, Chile, 3349001.

Email: <sup>a</sup>laura2208110@correo.uis.edu.co

## Resumen

El complejo de dioxo-molibdeno<sup>(VI)</sup>: Mo(=O)<sub>2</sub> [MoO<sub>2</sub>Ln<sub>2</sub>] es un catalizador utilizado en la oxidación selectiva de compuestos orgánicos mediante la Transferencia de Átomos de Oxígeno (TAO). La oxidación selectiva de monoterpenos, formando una variedad de productos como epóxidos, cetonas, aldehídos, ácidos y alcoholes es interesante por el uso de materiales renovables como los aceites esenciales.[1] Con el objeto de aumentar el número de unidades catalíticas (MoO<sub>2</sub>Ln<sub>2</sub>) en un soporte, se ha usado las redes órgano-metálicas (MOFs) tal como la UiO-67 (Zr), en la cual la sustitución del ligando 4,4'-bifenildicarboxilato (bpdc) por la 2,2-bipiridina-5,5-dicarboxilato (bpdyc) en la red permite la formación del complejo de dioxo de molibdeno<sup>(VI)</sup>, el cual permite la oxidación selectiva del α-pineno mediante una reacción TAO fotoinducida, usando el O<sub>2</sub> como agente oxidante y radiación UV-Vis.

## Resultados y discusión

Se observó que los perfiles de XRD de polvo de U(Zr)bpy(80), U(Zr/Ti)bpy(80) y U(Zr)bpy(80)(Mo) mantuvieron la estructura de la UiO-67 a pesar de la introducción del Ti y el anclaje del Mo. El patrón U(Zr/Ti)bpy(80) respecto a U(Zr)bpy(80) presentó un ligero corrimiento hacia la izquierda, atribuido a la modificación del grupo Zr-oxo. U(Zr)bpy(80)(Mo) en comparación con U(Zr/Ti)bpy(80) exhibió un desplazamiento hacia posiciones 2θ mayores, por posibles cambios en la forma y el ángulo de los enlazadores a causa de la presencia del complejo. [3] Las mediciones del espectro UV-Vis-DR para U(Zr)bpy(80) y U(Zr/Ti)bpy(80) muestran que la MOF con Zr exhibió una λ<sub>max</sub> de 324 nm atribuida a la adsorción UV de los oxoclusters de Zr-O, mientras que al introducir el Ti se observa un ligero aumento de λ<sub>max</sub> a 330 nm debido la absorción de parte del Ti-O oxo.[3] Se realizó el análisis XPS para U(Zr)bpy(80), U(Zr/Ti)bpy(80) y U(Zr)bpy(80)(Mo). Para la U(Zr)bpy(80) se observó el circonio (Zr<sup>3p</sup>, Zr<sup>3d</sup>), en U(Zr/Ti)bpy(80) un pico designado al titanio (Ti<sup>2p</sup>) y la MOF Zr/Ti-Mo presenta el pico del molibdeno (Mo<sup>3d</sup>). La oxidación del monoterpeno se llevó a cabo con la evolución del número de moles del α-pineno por mol de complejo de dioxo-

Mo anclado en la red U(Zr)bpydc(80)(Mo), expresado como ([mol epóxido/mol MoO<sub>2</sub>]\*100) por ciclos (1) “N<sub>2</sub>+luz”, (2) “O<sub>2</sub>+oscuridad” y (3) “N<sub>2</sub>+luz”. En la etapa 1, se observa la formación de un mol de epóxido por mol de MoO<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub><sup>(VI)</sup> anclado debido a la transferencia del átomo de O estequiométrico, disponible en el catalizador, provocándose la formación de la especie reducida de MoO(IV) anclada. La segunda etapa, en la oscuridad el O<sub>2</sub> reoxida la unidad MoO<sup>(IV)</sup> con la formación del oxo-peroxo MoO(O<sub>2</sub>)<sup>(VI)</sup>. En la etapa 3, la atmósfera de O<sub>2</sub> fue reemplazada por una de N<sub>2</sub> y se irradió nuevamente, observando la transferencia de dos átomos de O que producen dos moles del epóxido por mol de dioxo-Mo. [4]

## Conclusiones

La síntesis de la MOF tipo UiO-67 (Zr) con una mezcla de ligandos bpdc:bpydc, modificada mediante el intercambio iónico postsintético del Zr por Ti permite el anclaje del complejo de dioxo-Mo (MoO<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>). Debido a que la UiO-67 presenta una alta área superficial (>1000 m<sup>2</sup>/g) permite introducir un número significativo de unidades catalíticas (MoO<sub>2</sub>) en función de las unidades del ligando de bipyridina. La introducción de Ti en la red permite una modificación de las propiedades foto-electrónicas del material hacia el UV-Vis, lo cual favorece un transporte electrónico hacia la unidad dioxo-Mo que promueve la salida del átomo de oxígeno hacia el monoterpeno. Los resultados catalíticos observados de las unidades de dioxo-Mo incluidas en la estructura de la MOF permiten la oxidación selectiva hacia el respectivo epóxido (100 %) del α-pineno, evidenciando que ocurrió una reacción TAO fotoestimulada por la luz UV (350 nm); además, este sistema catalítico permite usar el O<sub>2</sub> como agente oxidante.

## Referencias

- [1] Amador, R. N., Carboni, M., & Meyer, D. *RSC Advances* (2017) 195–200.
- [2] Valdivieso Zárate, L., Bravo-Sanabria, C. A., Ramírez-Caballero, G. E., & Martínez Ortega, F. *European Journal of Inorganic Chemistry* (2023) 10–27.
- [3] Sun, D., Ye, L., & Li, Z. *Applied Catalysis B: Environmental* (2015) 164, 428–432.
- [4] Wang, A., Zhou, Y., Wang, Z., Chen, M., Sun, L., & Liu, X. *RSC Advances* (2016) 3671–3679.

# CATA-OCV-22: Fotocatalizadores novedosos de Ni/MCM-41 y Ni/HMS preparados por el método de CVD

Yulissa Aleli Esquivel Corona<sup>(a)</sup>, Laura Annette Romero De León<sup>(b)</sup>, Jesús Alejandro López Gaona<sup>(c)</sup>, Sandra Cipaguata Díaz<sup>(c)</sup>, Alfonso Talavera López<sup>(b)</sup>, Luis Octavio Solís Sánchez<sup>(d)</sup>, Ma. del Rosario Martínez Blanco<sup>(d)</sup>,  
Claudia Yolanda Valero Luna<sup>(e)</sup>, Leo Alvarado Perea<sup>(f)\*</sup>

<sup>a</sup> Unidad Académica de Ingeniería Eléctrica, Doctorado en Ingeniería y Tecnología Aplicada, Universidad Autónoma de Zacatecas “Francisco García Salinas”, Ramon López Velarde #801, Zac., Zacatecas, 98000, México.

<sup>b</sup> Unidad Académica de Ciencias Químicas y Maestría en Ciencias de la Ingeniería, Universidad Autónoma de Zacatecas, Campus UAZ Siglo XXI, Carr. a Guadalajara Km. 6, Ejido La Escondida, Zac., Zacatecas, 98160, México.

<sup>c</sup> Departamento de Química de la Unidad Iztapalapa, Universidad Autónoma Metropolitana, Av. San Rafael Atlixco 186, Leyes de Reforma 1ra Secc., Iztapalapa, Cd. de México 09340, México.

<sup>d</sup> Posgrado en Ingeniería y Tecnología Aplicada, Unidad Académica de Ingeniería Eléctrica / Universidad Autónoma de Zacatecas, Zac., Zacatecas, C.P. 98000, México.

<sup>e</sup> Maestría en Ciencias de la Ingeniería, Unidad Académica de Ingeniería Eléctrica, Universidad Autónoma de Zacatecas, Campus UAZ Siglo XXI, Carr. a Guadalajara Km.6, Ejido La Escondida, Zac., Zacatecas, 98160, México

<sup>f</sup> Unidad Académica de Ciencias Químicas, Maestría en Ciencias de la Ingeniería y Posgrados en Ingeniería y Tecnología Aplicada, Universidad Autónoma de Zacatecas, Campus UAZ Siglo XXI, Carr. a Guadalajara km 6, Ejido La Escondida, Zac., Zacatecas, 98160, México.

email: leoap@uaz.edu.mx

## Resumen

Un fotocatalizador es un material semiconductor que acelera la velocidad de una reacción bajo la luz UV-visible. Diversos fotocatalizadores se han empleado para la producción fotocatalítica de hidrógeno, reducción de CO<sub>2</sub> y la degradación de contaminantes orgánicos e inorgánicos presentes en el agua y aire [1]. El óxido de níquel (NiO) es un semiconductor de tipo *p* con una amplia banda prohibida entre las bandas de valencia y conducción, lo que lo hace adecuado como fotocatalizador [2]. Se han planteado diferentes métodos de preparación para la síntesis de NiO. Sin embargo, el método de deposición química de vapor (CVD) presenta ventajas en comparación con los métodos convencionales de preparación de catalizadores [3]. En este trabajo, se utilizará el acetilacetato de níquel (II) (Ni(acac)<sub>2</sub>) como precursor metal-orgánico para sintetizar fotocatalizadores novedosos de Ni soportados en materiales mesoporosos (MCM-41 y HMS) por el método de CVD. En la preparación del soporte MCM-41, se utilizará el método modificado por Alvarado L. et al [4]. El material HMS, se preparará mediante el método propuesto por Tanev y Pinnavaia [5]. Los fotocatalizadores se prepararán mediante un nuevo diseño de sistema CVD como se muestra en la *figura 1*. El reactor consta con dos zonas de calentamiento; una en donde ocurre el proceso de sublimación y otra de

deposición. Los soportes se someterán a un tratamiento térmico para llevarlo a peso constante. Después de este paso, en la zona de sublimación se colocará el precursor de níquel y el soporte en la zona de deposición. Durante la sublimación del precursor, el vapor precursor generado es arrastrado por el oxígeno (O<sub>2</sub>) hacia la zona de deposición, en donde el precursor se descompone a la temperatura de deposición de Ni (acac)<sub>2</sub>.

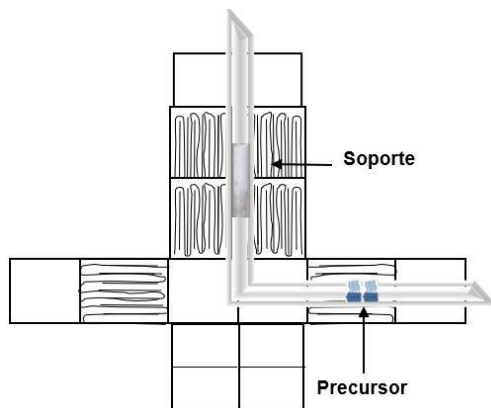


Figura 1 Diagrama esquemático del reactor CVD.

En la literatura existe información escasa para la preparación de catalizadores de Ni utilizando como precursor Ni (acac)<sub>2</sub> por CVD. Este precursor se sublima entre las temperaturas de 200 °C a 220 °C y se descompone entre 250 °C a 350 °C. Para mejorar la cantidad de metal depositado sobre los soportes, se colocará una cantidad de precursor y se estarán variando parámetros como temperaturas de sublimación y deposición, cantidad de soporte, tiempo de reacción y tasa de flujo de O<sub>2</sub>.

Los resultados que se esperan de este trabajo, son encontrar los parámetros de reacción adecuados para la síntesis de fotocatalizadores de Ni sobre MCM-41 y HMS para aplicaciones medio ambientales. Además, se espera obtener fotocatalizadores altamente dispersos, con una gran área superficial y sin alteraciones en la estructura, preparados por el método de CVD.

## Referencias

- [1] D. E. Lee, M. K. Kim, M. Danish, and W. K. Jo, "State-of-the art review on photocatalysis for efficient wastewater treatment: Attractive approach in photocatalyst design and parameters affecting the photocatalytic degradation"
- [2] F. Motahari and R. Mozdianfard, "NiO nanostructures: synthesis, characterization and photocatalyst application in dye wastewater treatment"
- [3] D. He, H. Zhang, and Y. Yan, "Chemical vapor deposition of CuO on ZSM-5 membrane for catalytic wet peroxide oxidation of phenol in a fixed bed reactor"
- [4] A. S. L. Alvarado, T. Wolff, P. Veit, L. Hilfert, F. Edelmann, C. Hamel, "Alumino-mesostructured Ni catalysts for the direct conversion of ethene to propene"
- [5] P. T. Tanev and T. J. Pinnavaia, "Mesoporous silica molecular sieves prepared by ionic and neutral surfactant templating: A comparison of physical properties"

# CATA-OEV-24: Influencia del solvente y del agente precipitante en la síntesis de partículas de óxidos de manganeso aplicadas a la oxidación de hollín

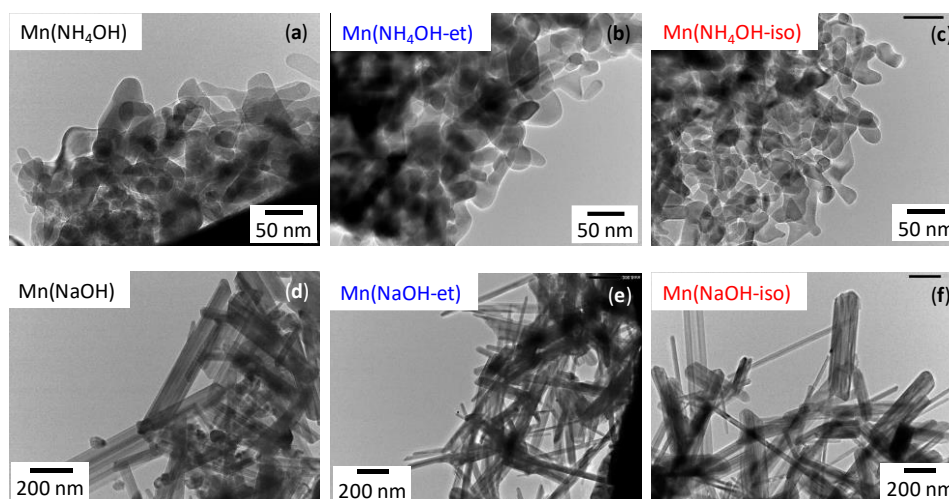
M.L. Godoy\*, V.G. Milt, E.E. Miró, E.D. Banús

Instituto de Investigaciones en Catálisis y Petroquímica (INCAPE – CONICET), Facultad de Ingeniería Química (FIQ – UNL), Santa Fe, Argentina, C.P.: 3000.

Email: mgodoy@fiq.unl.edu.ar

## Resumen

En este trabajo se sintetizaron partículas de óxidos de manganeso por precipitación mediante un método sencillo, de bajo costo y reproducible. Consistió en atomizar una solución precursora de  $\text{Mn}(\text{NO}_3)_2$  0,5 M en pequeñas gotas que se dispersan en una solución básica concentrada de  $\text{NH}_4\text{OH}$  o  $\text{NaOH}$  agitada (método de spray-precipitación) formando hidróxidos. Para estudiar la influencia en las propiedades fisicoquímicas de las partículas obtenidas y el impacto en la actividad catalítica, se emplearon diferentes solventes en las síntesis:  $\text{H}_2\text{O}$  pura, etanol (40 %v/v) e isopropanol (60 %v/v).



**Figura 1.** Imágenes TEM de las distintas partículas sintetizadas empleando  $\text{NH}_4\text{OH}$  (a, b y c) o  $\text{NaOH}$  (d, e y f) como agente precipitante.

Los precipitados obtenidos se lavaron con agua, se calcinaron a  $600\text{ }^\circ\text{C}$  durante 2 h y se denominaron  $\text{Mn}(\text{NH}_4\text{OH})$ ,  $\text{Mn}(\text{NH}_4\text{OH-et})$ ,  $\text{Mn}(\text{NH}_4\text{OH-iso})$  y  $\text{Mn}(\text{NaOH})$ ,  $\text{Mn}(\text{NaOH-et})$ ,  $\text{Mn}(\text{NaOH-iso})$  según los precipitantes y solventes empleados en la preparación. Las partículas sintetizadas se caracterizaron mediante microscopía electrónica de transmisión (TEM) y difracción de rayos X (DRX). Cuando se utilizó el precipitante  $\text{NH}_4\text{OH}$ , se obtuvieron partículas con forma esférica (30 nm de diámetro) mientras que al utilizar  $\text{NaOH}$  se formaron nanofibras (23 nm de diámetro y 400 nm de longitud) (**Fig. 1** y **Tabla 1**). Mediante un análisis por DRX se detectaron las fases cristalinas de  $\alpha\text{-Mn}_2\text{O}_3$  (bixbyita) para los catalizadores preparados con  $\text{NH}_4\text{OH}$ .

En cambio, para los catalizadores preparados en NaOH se detectaron óxidos de sodio-manganeso con diferentes fases cristalinas, como se muestra en la **Tabla 1** [1]. Además, los catalizadores desarrollados se evaluaron para la combustión de hollín, el cual se produce principalmente en motores de combustión interna (tanto diésel como de gasolina) en fuentes móviles o estacionarias (vehículos e industrias). En la **Tabla 1** se puede observar que las muestras Mn(NH<sub>4</sub>OH-iso) y Mn(NaOH-et) presentaron mejor actividad catalítica en experiencias de oxidación a temperatura programada (TPO), con valores de T<sub>90</sub> de 355 y 366 °C respectivamente. Estos valores de actividad resultan muy buenos, resaltando la potencialidad de los catalizadores preparados.

**Tabla 1.** Resultados de la caracterización y evaluación catalítica de las partículas sintetizadas.

Catalizador	Fase cristalina	D <sub>p</sub>	T <sub>50</sub> (°C)	T <sub>90</sub> (°C)
Mn(NH <sub>4</sub> OH)		32,7	344	384
Mn(NH <sub>4</sub> OH-et)	α-Mn <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	26,6	353	413
Mn(NH <sub>4</sub> OH-iso)		26,8	312	355
Mn(NaOH)	Na <sub>2</sub> Mn <sub>3</sub> O <sub>7</sub> + Na <sub>2</sub> Mn <sub>5</sub> O <sub>10</sub>	22,4	350	400
Mn(NaOH-et)	Na <sub>2</sub> Mn <sub>5</sub> O <sub>10</sub> + Na <sub>2</sub> - xMn <sub>8</sub> O <sub>16</sub>	24,4	344	366
Mn(NaOH-iso)	Na <sub>2-x</sub> Mn <sub>8</sub> O <sub>16</sub>	23,8	330	390

## Referencias

[1] D. Yu, Y. Ren, Y. Zhang, S. Gao, X. Zhang, X. Chen, S. Chen, L. Wang, C. Zhang, X. Yu, X. Fan, Z. Zhao. *Applied Catalysis B: Environment and Energy* 358 (2024) 124407.

# CATA-OCV-25: Síntesis de sílices mesoporosas bifuncionales para la obtención de ésteres valéricos a partir de $\gamma$ -valerolactona

Rocio Nicollier\*, Gustavo Mendow, Bárbara Sanchez

*Instituto de Investigación en Catálisis y Petroquímica "Ing. José Miguel Parera" – FIQ UNL – CONICET, Santa Fe, Argentina, 3000*

*\*ranicollier@fiq.unl.edu.ar*

## Resumen

Existe una creciente demanda por el desarrollo de tecnologías que se basen en el uso de materias primas renovables, como la biomasa lignocelulósica. Entre las sustancias químicas que se pueden producir a partir de la biomasa, los ésteres valéricos (EV) destacan por ser excelentes componentes y aditivos oxigenados para combustibles como la gasolina y el diesel. En particular, el valerato de pentilo (VP) se puede obtener a través de la transformación catalítica de la  $\gamma$ -valerolactona (GVL), molécula derivada de la biomasa lignocelulósica, en presencia de pentanol (PL). Dependiendo de las condiciones de reacción, la conversión de GVL en EV puede tener lugar a través de dos mecanismos diferentes [1]. Uno de ellos es el propuesto por Lange et al [2], en el que el ácido valérico es un intermediario clave. Chan-Taw et al [3] propusieron una ruta de reacción alternativa, en la que la conversión de GVL se lleva a cabo en presencia de un alcohol que contiene la cadena de hidrocarburos del éster valérico deseado. En este trabajo se utilizó la segunda ruta empleando catalizadores metal-ácido soportados en diferentes sílices mesoporosas, que difieren en cuanto a su estructura porosa: MCM-41, MCM-48 y FDU-12. Los soportes fueron modificados con aluminio con el objetivo de generar sitios ácidos de Lewis, por el método de co-condensación y utilizando  $\text{NaAlO}_2$  y  $\text{AlCl}_3$  como precursores de Al. Los procedimientos de síntesis han sido reportados previamente en la bibliografía [4], [5]. Metales como Pd (2% p/p) y Ru (2%

p/p) incorporaron la función metálica a estos soportes a través del método de impregnación húmeda. En muestras seleccionadas, se realizó un post-tratamiento con hidróxido de amonio con el objetivo de modificar la acidez. La caracterización de la acidez de los catalizadores se realizó por titulación potenciométrica y desorción a temperatura programada (TPD) de Piridina. Los sólidos se evaluaron en la obtención de VP a partir de GVL utilizando pentanol como solvente. Las reacciones se llevaron a cabo en un reactor batch de acero inoxidable, presurizado a 20 bar con  $\text{H}_2$  gaseoso, operando a 250 °C. El reactor se cargó con una mezcla de GVL y exceso de pentanol (relación molar PL/GVL= 24) y 250 mg de catalizador. Las muestras obtenidas al final de la reacción (5 h) fueron filtradas y se analizaron por cromatografía gaseosa, utilizando una columna WAXPlus (Zebron) y ácido acético como estándar interno (2% p/p).

De los resultados obtenidos hasta el momento, se destacan como principales observaciones:

- La incorporación de aluminio en las sílices MCM-41 y MCM-48 fue exitosa, a diferencia de lo observado en la sílice FDU-12. Esta diferencia se puede evidenciar tanto en los valores de acidez como en las conversiones obtenidas en las reacciones. Se atribuye este resultado a que la síntesis de FDU-12 se realiza en medio ácido, a diferencia de las otras dos sílices, que se obtienen en medio básico. Se están ensayando métodos alternativos para la incorporación de aluminio en FDU-12.
- El post-tratamiento con amonio logró mejorar la acidez de la sílice MCM-48, y esto también se vio reflejado en una mejor conversión de GVL. El agregado de 2%Ru a esta sílice permitió obtener una buena conversión, con selectividad a valerato de pentilo.
- En cuanto al Pd, la incorporación de este metal provocó una disminución en la acidez y en consecuencia en la conversión de la  $\gamma$ -valerolactona, lo que podría obstruirse al bloqueo de sitios ácidos por parte del metal. Será necesario realizar más estudios para comprobar esta hipótesis.
- La identificación y cuantificación cromatográfica de los distintos compuestos aún está en curso. Los resultados de conversión obtenidos con los catalizadores son orientativos de su actividad catalítica.

## Referencias

- [1] K. G. Martínez Figueredo, F. A. Martínez, D.J. Segobia, N. M. Bertero, (2023) ChemPlusChem, Ed. 202300381, 88
- [2] J.P. Lange, R. Price, P.M. Ayoub, J. Louis, L. Petrus, L. Clarke, H. Gosselink, (2010) Angew. Chem. Int., Ed. 49, 4479-4483
- [3] C.E. Chan-Thaw, M. Marelli, R. Psaro, N. Ravasio, F. Zaccheria, (2013) RSC Adv., 3, 1302-1306 [4] L. Huang, M. Kruk, (2015) Chem. Mater, 27, 679-689
- [5] S. Domínguez-Domínguez, Á. Berenguer-Murcia, Á. Linares-Solano, D. Cazorla-Amorós, (2008). *Journal of Catalysis*, 257, 87-95

# CATA-OEP-26: Producción de H<sub>2</sub> a partir de metano y biogás mediante tecnologías de *Chemical Looping Reforming*.

Carlos Méndez-A.<sup>a</sup>, Jorge A. Moreno<sup>a</sup>, Natalia Suárez<sup>a</sup>, Douglas R. Rodríguez O.<sup>b,\*</sup>

<sup>a</sup> Química de Recursos Energéticos y Medio Ambiente, Instituto de Química, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Antioquia, Medellín, Antioquia, Colombia - 050012.

<sup>b</sup> Departamento de Ingeniería Química, Facultad de Ingeniería, Universidad de Antioquia, Medellín, Antioquia, Colombia - 050012

<sup>b\*</sup>E-mail: [douglas.rodriguez@udea.edu.co](mailto:douglas.rodriguez@udea.edu.co)

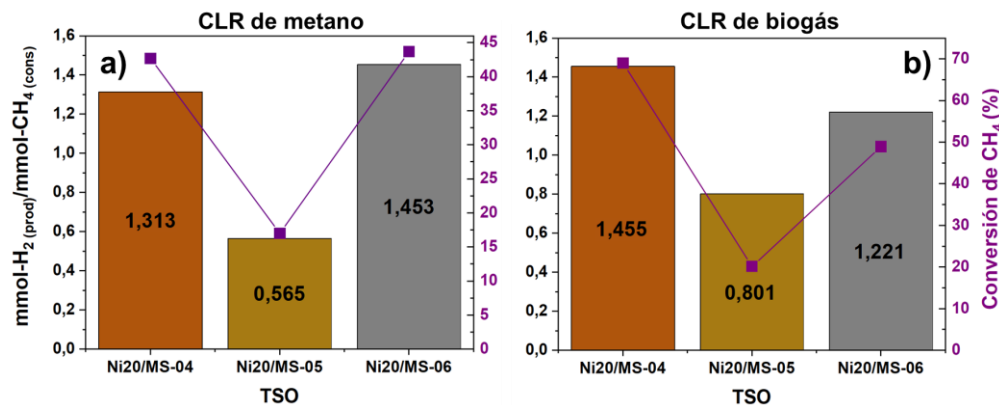
## Resumen

El hidrógeno (H<sub>2</sub>) es de gran importancia en varios sectores de la industria química, incluyendo la producción de metanol, fertilizantes y el refinado de petróleo para la eliminación de azufre. Además, destaca como un combustible prometedor debido a que en el proceso de combustión solo emite H<sub>2</sub>O [1]. En este trabajo se evaluaron diferentes transportadores sólidos de oxígeno (TSO) basados en Ni y Fe para la producción de H<sub>2</sub> empleando la tecnología de Chemical Looping Reforming (CLR). Para ello, se estudió el efecto de la deposición de NiO en tres residuos de la industria de pigmentos (MS-04, MS-05 y MS-06) en la conversión de CH<sub>4</sub> por CLR en presencia y ausencia de CO<sub>2</sub>. La adición de CO<sub>2</sub> a la mezcla combustible en una relación CH<sub>4</sub>/CO<sub>2</sub> = 1.8 se realizó para simular una alimentación típica de biogás proveniente de una planta de tratamiento de aguas residuales. Los resultados de reactividad en lecho fijo (Figura 1) revelan que usar biogás como combustible mejora notablemente la conversión de CH<sub>4</sub>, lo cual se atribuye a la presencia de CO<sub>2</sub> que favorece el reformado seco del CH<sub>4</sub> y minimiza la deposición de carbono [2].

La caracterización fisicoquímica de los TSOs impregnados con Ni a través de técnicas como DRX, TGA y TPR-H<sub>2</sub> permitió correlacionar la estructura de los TSOs con su rendimiento durante el CLR de metano y biogás. La formación de la espinela NiFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> a partir de la reacción en estado sólido entre el Ni impregnado y el Fe del soporte, promueve una alta selectividad hacia hidrógeno gracias a que se favorece la oxidación parcial del metano sobre su oxidación completa. Esto puede atribuirse a que el oxígeno presente en la espinela se transfiere de forma más lenta que el oxígeno presente en las especies de NiO y Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> [2]. Sin embargo, una mayor formación de esta espinela, como ocurre en el caso de la muestra con mayor cantidad de Fe (MS-05) afecta significativamente la reactividad, observándose conversiones bajas de CH<sub>4</sub> [3].

## Conclusiones

El biogás es un combustible prometedor para la producción de H<sub>2</sub> mediante tecnologías de CLR. Los experimentos en lecho fijo mostraron que la presencia de CO<sub>2</sub> favorece la conversión de CH<sub>4</sub> hacia la producción de H<sub>2</sub> utilizando TSOs basados en Ni y Fe debido a la contribución de la reacción de reformado seco, la oxidación del carbono depositado y la sinergia de ambos metales.



**Figura 1.** Selectividad a H<sub>2</sub> y conversión de CH<sub>4</sub> de TSOs en función de la relación molar de H<sub>2</sub> producido y CH<sub>4</sub> consumido, para **a)** 20% de CH<sub>4</sub> y **b)** 20% de CH<sub>4</sub> + 11% CO<sub>2</sub> (CH<sub>4</sub>/CO<sub>2</sub> = 1.8).

**Tabla 1.** Resultados de la caracterización fisicoquímica de los TSOs evaluados.

TSO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> en el soporte (%)	Fases TSO (DRX)	Consumo de H <sub>2</sub> (mmol/g)
Ni20/MS-04	52.0	NiO, TiO <sub>2</sub> , ZrSiO <sub>4</sub> , Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	9.023
Ni20/MS-05	93.8	NiO, Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , NiFe <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	15.570
Ni20/MS-06	57.4	NiO, Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , NiFe <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	9.781

## Agradecimientos

Los autores agradecen a Ecopetrol, Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación de Colombia, Ministerio de Minas y Energía de Colombia y al Fondo Francisco José de Caldas, quienes a través del convenio 753-2021 proporcionaron los recursos financieros del proyecto 1115-929-93266, contrato 274-2022.

## Referencias

- [1] V. Stenberg, M. Rydén, T. Mattisson, A. Lyngfelt. International Journal of Greenhouse Gas Control 74 (2018) 28–39.
- [2] Z. Huang, F. He, D. Chen, K. Zhao, G. Wei, A. Zheng, Z. Zhao, H. Li. Energy 116 (2016).
- [3] L. Silvester, A. Antzara, G. Boskovic, E. Heracleous, A.A. Lemonidou, D.B. Bukur. Int J Hydrogen Energy 40 (2015) 7490–7501.

# CATA-OEV-27: Co-Ce impregnado en arcilla para la combustión de hollín: del catalizador en polvo al sistema estructurado impreso en 3D.

N. L. Courtalón\*, E. D. Banús, J. P. Bortolozzi

Instituto de Investigaciones en Catálisis y Petroquímica (INCAPE, UNL-CONICET), Santa Fe, Argentina, 3000.

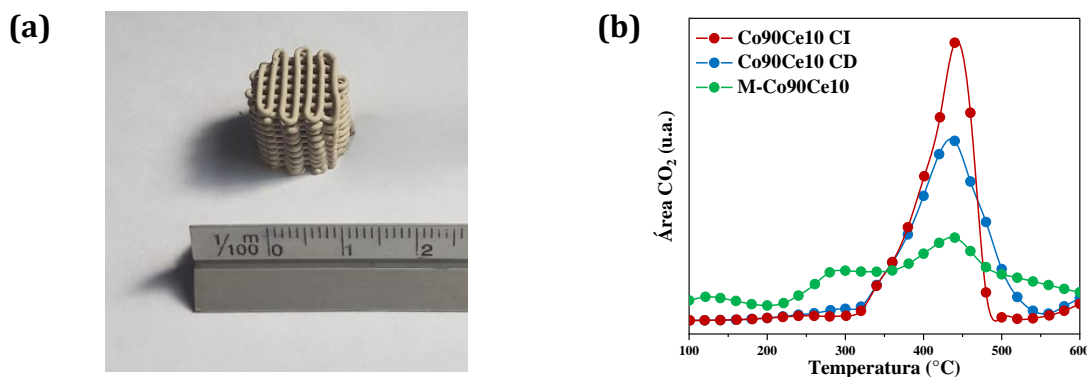
\*Email: ncourtalon@fiq.unl.edu.ar

## Resumen

Entre los principales contaminantes atmosféricos se encuentra el hollín o material particulado [1] que proviene de los motores de combustión, siendo el transporte una de sus mayores fuentes de emisión [2]. En el presente trabajo se prepararon catalizadores heterogéneos con Co y Ce como elementos activos para la reacción de oxidación de hollín.

Se elaboraron sistemas en polvo utilizando arcilla como soporte. Además, se imprimieron en 3D mediante *robocasting* (fabricación aditiva) estructuras del mismo material, con geometría tipo *woodpile*. Los catalizadores se obtuvieron mediante impregnación húmeda seguida de una calcinación para los polvos o ciclos de impregnación-calcinación para el sistema estructurado. Se realizó una serie de catalizadores en polvo con diferente relación Co:Ce, resultando óptima para la reacción de interés la proporción 90:10. Considerando este valor y una carga metálica aproximada de 4 %p. se preparó el catalizador estructurado. Los sistemas se caracterizaron y evaluaron en la oxidación de hollín ( $m_{\text{cat}}:m_{\text{hollín}} = 20:1$ ) en atmósfera de NO (0,1%) y O<sub>2</sub> (18%) diluidos en helio, calentando de temperatura ambiente hasta 600°C (5°C/min). El catalizador en polvo se evaluó en dos modalidades, contacto débil (CD) y contacto íntimo (CI).

En la Figura 1.a se puede observar una imagen del monolito impreso en 3D. Los análisis de Fluorescencia de Rayos X indicaron que las relaciones atómicas de los catalizadores fueron cercanas a las teóricas. Mediante Difracción de Rayos X y Espectroscopía Raman se determinó que el Co se encuentra bajo la forma de espinela (Co<sub>3</sub>O<sub>4</sub>) mientras que el Ce en fase tipo fluorita (CeO<sub>2</sub>).



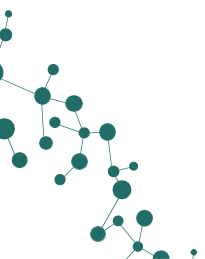
**Figura 1. (a)** Monolito impreso en 3D. **(b)** Perfiles TPO de catalizadores en polvo Co:Ce 90:10 (Co90Ce10)

con distintos contactos catalizador-hollín (CD, CI) y del catalizador estructurado (M-Co90Ce10).

En la Figura 1.b se observan los perfiles de oxidación de hollín obtenidos para los catalizadores en polvo en ambas modalidades de contacto (CD, CI) y para el catalizador estructurado (M). Las curvas correspondientes a cada tipo de sistema revelaron que la temperatura de máxima velocidad de combustión fue la misma para ambos tipos de contacto catalizador-hollín en los sólidos en polvo y coincidente con la del sistema estructurado. Esto podría ser un indicador de la elevada actividad catalítica de los sitios activos en las formulaciones en polvo, pero además sugiere un efectivo recubrimiento de la superficie del sustrato impreso. Asimismo, resulta especialmente destacable que la actividad catalítica no se ve alterada al migrar desde un catalizador en polvo a un sistema estructurado obtenido por fabricación aditiva.

## Referencias

- [1] D. Sofia, F. Gioiella, N. Lotrecchiano, A. Giuliano, *Environ. Sci. Pollut. Res.* 27 (2020) 19226–19235.
- [2] I.A. Reşitoğlu, K. Altinişik, A. Keskin, *Clean Technol. Environ. Policy* 17 (2015) 15–27.



# CATA-OCV-28 Fotodegradación de fenol usando materiales del tipo Cu-Al-MCM-41 sintetizados por Deposición Química de Vapor (CVD)

Pedro Antonio González Ocegueda <sup>(a)</sup>, Laura Annette Romero De León <sup>(b)</sup>, Yulissa Aleli Esquivel

Corona <sup>(a)</sup>, Alfonso Talavera López <sup>(c)</sup>, Carlos Alberto Olvera Olvera <sup>(d)</sup>, Jesús Alejandro López Gaona

<sup>(e)</sup>, Sandra Cipagauta Diaz <sup>(e)</sup>, Luis Octavio Solís Sánchez <sup>(a)</sup>, Leo Alvarado Perea <sup>(b)\*</sup>

<sup>a</sup> Unidad Académica de Ingeniería Eléctrica, Doctorado en Ingeniería y Tecnología Aplicada, Universidad Autónoma de Zacatecas “Francisco García Salinas”, Ramon López Velarde #801, Zacatecas, Zacatecas, 98000, MÉXICO.

<sup>b</sup> Unidad Académica de Ciencias Químicas, Maestría en Ciencias de la Ingeniería y Posgrados en Ingeniería y Tecnología Aplicada, Universidad Autónoma de Zacatecas, Campus UAZ Siglo XXI, Carr. a Guadalajara Km. 6, Ejido La Escondida, Zacatecas, Zacatecas, 98160, MÉXICO.

Unidad Académica de Ciencias Químicas y Maestría en Ciencias de la Ingeniería, Universidad Autónoma de Zacatecas, Campus UAZ Siglo XXI, Carr. a Guadalajara Km. 6, Ejido La Escondida, Zacatecas, Zacatecas, 98160, MÉXICO.

<sup>d</sup> Unidad Académica de Ingeniería Eléctrica, Maestría en Ciencias de la Ingeniería, Universidad Autónoma de Zacatecas, Campus UAZ Siglo XXI, Carr. a Guadalajara Km.6, Ejido La Escondida, Zacatecas, Zacatecas, 98160, MÉXICO.

<sup>e</sup> Departamento de Química de la Unidad Iztapalapa, Universidad Autónoma Metropolitana, Av. San Rafael Atlixco 186, Leyes de Reforma 1ra Secc., Iztapalapa, Cd. de México 09340, MÉXICO.

Email: [leoap@uaz.edu.mx](mailto:leoap@uaz.edu.mx)

## Resumen

Se prepararon materiales mesoporosos tipo MCM-41 (Mobile Composition of Matter N° 41) modificados con diferentes relaciones Si/Al ( $\infty$ , 5, 60). Se empleó la técnica CVD y el acetilacetato de cobre ((acac)<sub>2</sub> Cu (II)) como precursor para sintetizar los materiales fotocatalíticos Cu-MCM-41 y Cu-Al-MCM-41. El material Cu-Al-MCM-41 con la relación Si/Al=60, degradó 45.8% de fenol a una [40 mg/L] en 8 h. El fenol es una molécula compleja para degradar en las plantas de tratamiento convencional, por lo que, se utiliza como compuesto modelo en los procesos avanzados de oxidación, particularmente en la fotocatalisis heterogénea. En este trabajo de investigación, previo a la síntesis de los fotocatalizadores con cobre, se prepararon dos tipos de materiales soporte, uno de sílice pura (MCM-41), y otros modificados por diferentes relaciones Si/Al (60 y 5), siguiendo el método descrito en [1]. El proceso CVD se llevó a cabo en un reactor en forma de L. Éste tiene dos zonas de calentamiento: una en la parte horizontal, la zona de sublimación, a 190 °C en donde se coloca el (acac)<sub>2</sub> Cu (II) sólido, y la otra en la parte vertical, que es la zona de deposición, a 300 °C, en donde se colocan de 0.2-0.5 g del material soporte. Un flujo de 30 mL/min de O<sub>2</sub> se usó como gas de arrastre del vapor del precursor hacia el soporte. En la parte de deposición del reactor, ocurre la reacción para sintetizar los materiales que serán usados para la fotocatalisis de fenol que se lleva a cabo en un Reactor Batch de doble pared, a escala laboratorio. El proceso de fotodegradación se llevó a cabo usando 200 mL de fenol con una [40 mg/L] y 0.2 g de cada material fotocatalítico sintetizado por CVD. En la Tabla 1 se muestran los materiales

utilizados, el porcentaje de Cu depositado y el porcentaje de degradación de fenol. En la estructura del material de sílice MCM-41 existen los silanoles (Si-OH), son efectivos para la adsorción de compuestos orgánicos debido a su alta energía de adsorción [2]. Al modificar la estructura con Al<sup>3+</sup>, los sitios ácidos de Brønsted pueden ofrecer un protón de -OH, por lo cual pueden considerarse adecuados para ser empleados como soportes de especies catalíticamente activas [3] y al depositar Cu, la formación de CuAlO<sub>2</sub> sirve para la destrucción de contaminantes en el agua [4]. El material Cu-Al-MCM-41 con la relación Si/Al=60, degradó 45.8% de fenol a una [40 mg/L] en 8 h.

**Tabla 1.** Degradación de fenol a una [40 mg/L] mediante los procesos de fotólisis y fotocatalisis, después de 8 h.

Fotocatalizador	Contenido de cobre (% p/p)	Porcentaje de degradación (%)
Fotólisis de fenol	----	0
MCM-41 ( $\infty$ )	----	71.40
Al-MCM-41 (60)	----	0
Al-MCM-41 (5)	----	97.80
Cu-MCM-41 ( $\infty$ )	0.954	14
Cu-Al-MCM-41 (60)	0.718	45.80
Cu-Al-MCM-41 (5)	0.346	0

## Referencias

- [1] L. Alvarado Perea *et al.*, "Corrigendum: Alumino-mesostructured Ni catalysts for the direct conversion of ethene to propene (Journal of Catalysis (2013) 305 (154-168))," *Journal of Catalysis*, vol. 336. Academic Press Inc., p. 134, Apr. 01, 2016. doi: 10.1016/j.jcat.2016.02.017.
- [2] P. A. Mangrulkar, S. P. Kamble, J. Meshram, and S. S. Rayalu, "Adsorption of phenol and o-chlorophenol by mesoporous MCM-41," *J Hazard Mater*, vol. 160, no. 2-3, pp. 414-421, Dec. 2008, doi: 10.1016/j.jhazmat.2008.03.013.
- [3] S. P. Naik, V. Bui, T. Ryu, J. D. Miller, and W. Zmierczak, "Al-MCM-41 as methanol dehydration catalyst," *Appl Catal A Gen*, vol. 381, no. 1-2, pp. 183-190, Jun. 2010, doi: 10.1016/j.apcata.2010.04.007.
- [4] C. H. Shih, C. C. Chang, K. K. Wang, H. C. Huang, L. Chang, and M. M. C. Chou, "Substrate-Induced Anisotropic Growth of CuAlO<sub>2</sub> Platelets in a Liquid-Solid Reaction," *ACS Omega*, vol. 8, no. 5, pp. 4703-4710, Feb. 2023, doi: 10.1021/acsomega.2c06672.

# CATA-OEP-29 Desarrollo de catalizadores para reformado seco de metano: efecto del método de síntesis en la incorporación directa de Ni en zeolita ZSM-5

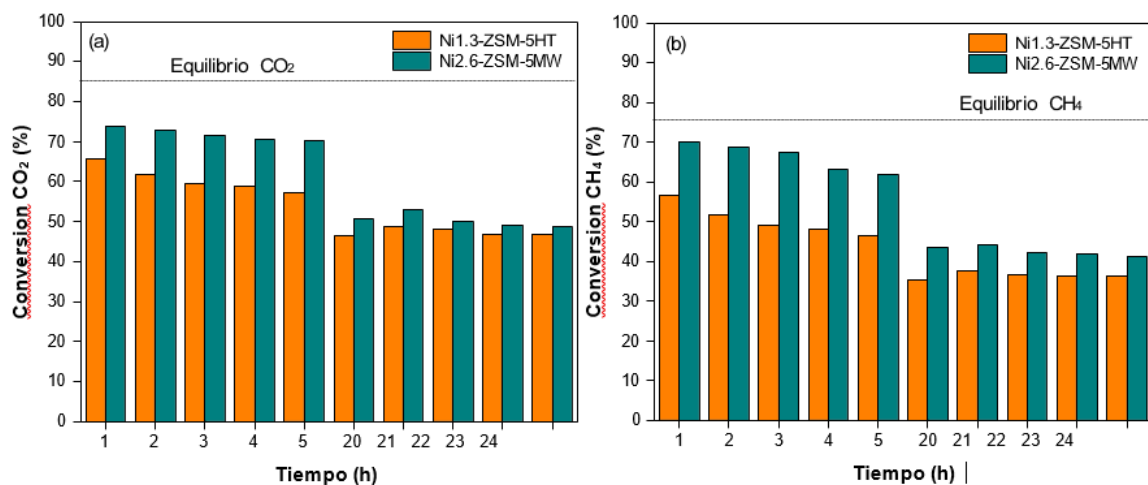
Fredy Ordoñez Ramos<sup>a</sup>, John F. Múnica Agudelo, Ana M. Tarditi<sup>a\*</sup>

<sup>a</sup> Universidad Nacional del Litoral, Santa fe, Argentina. Email:

<sup>a</sup>atarditi@fiq.unl.edu.ar.

## Resumen

Con el objetivo de producir H<sub>2</sub> y/o gas de síntesis en los últimos años el reformado seco de biogás ha ganado cierto interés ya que se emplean dos gases de efecto invernadero (CH<sub>4</sub> y CO<sub>2</sub>) para obtener productos de mayor valor agregado. Actualmente una de las limitaciones de este proceso está relacionada con la necesidad de contar con sistemas catalíticos de bajo costo que presenten excelentes propiedades catalíticas. En este contexto en este trabajo se prepararon catalizadores por incorporación directa de Ni en zeolita ZSM-5, por síntesis hidrotérmal (HT) y asistida por microondas (MW). Se logró incorporar cargas de entre 1 y 2.6 %p/p de Ni, a partir de la incorporación directa en el gel de síntesis. La síntesis hidrotérmal convencional fue realizada a 180 °C, analizando el efecto de la carga nominal de Ni (1-5%) y el tiempo de síntesis. Por otro lado, en la síntesis por microondas se estudió el efecto del tiempo y temperatura de síntesis.



**Figura 1.** Conversión de CO<sub>2</sub> (a) y CH<sub>4</sub> (b) a velocidad espacial de  $W/F=0.031 \text{ g cat}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{h}$ , durante 24 horas para catalizadores obtenidos por síntesis hidrotérmal y por microondas.

La evaluación catalítica se realizó en un reactor de lecho fijo operado a presión atmosférica y régimen isotérmico, a temperatura de 700°C, con una relación de alimentación de CH<sub>4</sub>:CO<sub>2</sub>:Ar = 1:1:2. Los catalizadores obtenidos por ambos métodos, fueron inicialmente activos, presentando solo una leve desactivación después de 24 horas reacción. Notar que en el caso de la síntesis asistida por microondas se obtuvo un catalizador ligeramente más activo. El análisis de los catalizadores usados (Tabla 1), evidenció la presencia de bajos contenidos de carbón filamentososo (menores a 0.1 %) con alto grado de grafitización (ID/IG = 0.6). Es importante remarcar que a igual carga de Ni nominal en

el gel de síntesis, cuando se empleó radiación microondas fue posible obtener un catalizador con mayor carga de fase activa. A partir de los análisis de DRX y TEM de los catalizadores frescos y usados en condiciones de reacción, fue posible inferir que la formación de carbón y/o la sinterización de las partículas estarían influyendo la pérdida de actividad de los materiales.

**Tabla 1.** Caracterización de catalizadores usados.

	<b>XRF</b>	<b>TGA</b>	<b>Raman</b>
<b>Catalizador</b>	<b>%p/p</b>	<b>% carbón</b>	<b>ID/IG</b>
<b>Ni-ZSM-5MW</b>	<b>2.6</b>	<b>0.0865</b>	<b>0.63</b>
<b>Ni-ZSM-5HT</b>	<b>1.3</b>	<b>0.0676</b>	<b>0.59</b>

El uso de radiación microondas permitió reducir significativamente el tiempo y la temperatura de síntesis, logrando una mayor incorporación de la fase activa en el catalizador.

### Referencias

[1] K. A. Alhassan, B. T. Abdullahi, and M. M. Shah. *Journal of Applied and Advanced Research*, vol. 4, no. 2, pp. 61–65, 2019

# CATA-OEP-30 Cicloadición de CO<sub>2</sub> y epóxido de limoneno para la síntesis de carbonato de limoneno con catalizadores heterogéneos

Yiceth Carina Mosquera Bonilla<sup>a</sup>, Aída Luz Villa<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Grupo Catálisis Ambiental, Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia y 050010.

Email: [yiceth.mosquera@udea.edu.co](mailto:yiceth.mosquera@udea.edu.co), [aida.villa@udea.edu.co](mailto:aida.villa@udea.edu.co)

## Resumen

La reacción de cicloadición de CO<sub>2</sub> y epóxidos para obtener carbonatos cíclicos es una alternativa viable para disminuir las emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera [1]. Estos carbonatos cíclicos poseen alta polaridad, excelente solubilidad, puntos de ebullición elevado, momentos dipolares y puntos de inflamación altos, baja toxicidad, biodegradabilidad y excelentes propiedades dieléctricas, lo que los hace atractivos para una variedad de aplicaciones industriales [2]. Entre los epóxidos de interés se encuentra el epóxido de limoneno el cual se obtiene del limoneno, un terpeno ampliamente disponible en la naturaleza. En esta investigación se evaluaron catalizadores NH<sub>3</sub>X-Zn/SBA-15 (X = Cl, Br o I) y utilizando una sal de tetrabutilamonio como cocatalizador para la síntesis de carbonato de limoneno. Los sólidos NH<sub>3</sub>X-Zn/SBA-15 (X = Cl, I, o Br) se obtuvieron mediante funcionalización de la superficie de Zn/SBA-15 con APTES para formar NH<sub>2</sub>-Zn/SBA-15, que luego se protonó con soluciones ácidas (HCl, HI, o HBr). El soporte Zn/SBA-15 presentó área superficial de 512 m<sup>2</sup>/g y tamaño de poro de 9.0 nm. El análisis DRX evidenció las reflexiones características del material mesoporoso SBA-15 en los sólidos sintetizados. No se evidenció la formación de ZnO en Zn/SBA-15 ni por DRX ni por UV-Vis. Los análisis de Py-FTIR y NH<sub>3</sub>-TPD revelaron la presencia de sitios ácidos. El sólido NH<sub>2</sub>-Zn/SBA-15 mostró la mayor capacidad de adsorción de CO<sub>2</sub>.

Los resultados de la síntesis de carbonato de limoneno con Zn/SBA-15 y NH<sub>3</sub>X-Zn/SBA-15 (X= Cl, Br o I) son mostrados en la Tabla 1. Con el catalizador Zn/SBA-15 no se observó efecto del tiempo sobre la selectividad de carbonatos, pero si se evidenció que el tiempo de reacción es el parámetro de reacción que tiene un efecto significativo en la conversión, la conversión aumentó de 6 a 33 % a 12 y 18 h, respectivamente. La reacción con NH<sub>3</sub>Br-Zn/SBA-15 mostró la mejor conversión de EL (22 %) y una mejor selectividad de carbonato de limoneno que NH<sub>3</sub>Cl-Zn/SBA-15, pero menor que NH<sub>3</sub>I- Zn/SBA-15. De acuerdo con la literatura [3], en el caso de los epóxidos internos, el nucleófilo con mayor actividad nucleofílica y mejor capacidad de grupo saliente es el bromo.

**Tabla 1.** Ciclación catalítica de CO<sub>2</sub> y EL con catalizadores Zn/SBA-15 y NH<sub>3</sub>X-Zn/SBA-15 (X= Cl, Br o I).

Catalizador	t (h)	TBAB <sup>a</sup> (%)	Resultados GC			Resultados FTIR	
			X <sub>GC</sub> (%)	S <sub>GC,Ca</sub> (%)	S <sub>GC,LD</sub> (%)	X <sub>FTIR</sub> (%)	S <sub>FTIR,LC</sub> (%)
Zn/SBA-15	12	7	6	3	0	8	94
	18		33	5	2	32	93
NH <sub>3</sub> Cl-Zn/SBA-15	12	0	6	47	16	7	33
	18		8	14	0	9	87
NH <sub>3</sub> I-Zn/SBA-15	12	0	3	2	0	3	98
	18		12	3	0	10	98
NH <sub>3</sub> Br-Zn/SBA-15	18	0	22	10	0	23	91

Condiciones de reacción: epóxido de limoneno (25 mmol), catalizador (0.2 g), DEC (22 mL), 700 rpm, 110 °C, 30 bar. <sup>a</sup> % mol calculado con respecto a epóxido de limoneno. CL: Carbonato de limoneno; Ca: Carveol y LD: Limoneno 1,2-diol.

## Referencias

- [1] P. Mikšovsky, K. Rauchenwald. ACS Sustainable Chemistry & Engineering 12.4 (2024) 1455-1467.
- [2] M. Liu, X. Li. Journal of CO<sub>2</sub> Utilization 16 (2016) 384-390.
- [3] C. J. Whiteoak, E. Martin. Advanced Synthesis & Catalysis, 354.2 (2012) 469-476.

# CATA-OCV-31 Fotodegradación de amoxicilina usando nanopartículas de $\text{CaZn}_2(\text{OH})_6 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ y $\text{ZnO}$ para aplicación en tratamiento de aguas residuales.

**Stephania Guadalupe Lázaro Mass<sup>a\*</sup>, Miguel Ángel Ruíz Gómez<sup>b</sup>, Luis Herrera Candelario<sup>c</sup>, Gloria Hernández-Bolio<sup>a</sup>, Susana de la Rosa García<sup>c</sup>, Antonio F. Fuentes<sup>d</sup>, Sergio Alberto Gómez Cornelio<sup>e,f</sup>, Patricia Quintana Owen<sup>a</sup>**

<sup>a</sup> Depto. de Física Aplicada (LANNBio), CINVESTAV del IPN Unidad Mérida, Mérida, México C.P. 97205

<sup>b</sup> División Académica de Ciencias Ambientales, Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica A.C., San Luis Potosí, México C.P. 78216

<sup>c</sup> DACBiol, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Villahermosa, México C.P. 86150

<sup>d</sup> CINVESTAV del IPN Unidad Saltillo, Ramos Arizpe, México C.P. 25900

<sup>e</sup> DAIA, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Cunduacán, México C.P. 86690

<sup>f</sup> Universidad Politécnica del Centro, Villahermosa, México C.P. 86290

Email: Stephania.lazaro@cinvestav.mx

## Resumen

La presencia de fármacos en cuerpos de agua ha sido ampliamente documentada como un problema emergente debido a su naturaleza como microcontaminantes complejos [1]. Entre estos, destacan los antibióticos ya que la fracción no metabolizada en el organismo es excretada, y no es tratada mediante métodos convencionales en las plantas de tratamiento de aguas residuales, por lo que son depositados en los cuerpos de agua. Esto representa una amenaza significativa para el equilibrio de las comunidades microbianas autóctonas [2]. Además, los antibióticos son considerados contaminantes persistentes, especialmente en el medio, donde se acumulan y exponen de manera crónica a los organismos acuáticos. Esta problemática se ha convertido en un riesgo para la salud pública y el equilibrio ecosistémico [3].

Los procesos fotocatalíticos mediados por nanopartículas (NPs) han demostrado ser una herramienta prometedora, ofreciendo soluciones para la degradación de contaminantes que no pueden ser eliminados mediante tratamientos convencionales de aguas residuales, ni a través de métodos biológicos. En este estudio, se investigó el uso de nanopartículas de  $\text{CaZn}_2(\text{OH})_6 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  (CZ) y  $\text{ZnO}$  como fotocatalizadores, evaluando no solo su eficacia en la degradación del antibiótico amoxicilina, sino también su capacidad de reúso, para determinar su estabilidad y eficiencia a lo largo del tiempo. Además, se realizaron ensayos microbiológicos para verificar la pérdida de actividad antibacteriana de la amoxicilina.

Se sintetizaron nanopartículas de CZ utilizando los métodos de sol-gel (SG), hidrotermal (HT), mecanoquímica (MQ) y microondas (MW) y de  $\text{ZnO}$  por SG e HT. Las nanopartículas fueron caracterizadas mediante difracción de rayos X (XRD), microscopía electrónica de barrido (SEM) y espectroscopía de reflectancia difusa (DRS). Se utilizó una solución de amoxicilina a 250 mg/L para evaluar la adsorción y fotodegradación. La adsorción de la amoxicilina se evaluó durante 300 min en oscuridad con agitación constante. Los ensayos de fotodegradación se realizaron exponiendo la solución a 60 min en oscuridad seguidos de 300 min de

irradiación con luz UV. Los experimentos se realizaron por triplicado y, además, se evaluó la degradación de la amoxicilina en ausencia de nanopartículas (fotólisis). Los residuos fueron analizados mediante ensayos antimicrobianos y espectroscopía de  $^1\text{H}$ -RMN. Se evaluaron 4 ciclos de reuso de las NPs y se evaluó el proceso de fotodegradación a pH ácido y pH básico.

Todas las síntesis de CZ presentaron la fase cristalina principal (>85%) con trazas de calcita, zincita y portlandita. Los tamaños teóricos de cristalito fueron de entre 62 y 72 nm. En cuanto a las nanopartículas de ZnO, ambas síntesis (SG y HT) resultaron en compuestos puros, con tamaños de cristalito de 30 y 12 nm, respectivamente.

En los ensayos de fotodegradación, las nanopartículas de CZ mejoraron significativamente la degradación de la amoxicilina en comparación con la fotólisis. Los mejores resultados se obtuvieron en condiciones de pH ácido en comparación con pH básico. La síntesis hidrotérmal (HT) adsorbió un 2.9% y fotodegradó un 36.4% a pH sin ajustar, y adsorbió un 42% y degradó un 22.9% a pH 3, mientras que la síntesis sol-gel (SG) adsorbió un 8.0% y fotodegradó un 27.1% a pH 13. Las nanopartículas de ZnO, aunque no mostraron actividad fotocatalítica, demostraron ser eficaces como adsorbentes, removiendo hasta un 83% de la amoxicilina a pH 3, 39% a pH sin ajustar, y 27% a pH 13. Los espectros de  $^1\text{H}$ -RMN mostraron una disminución notable en las señales correspondientes a los protones del anillo aromático, especialmente en el rango de 6.9 a 7.5 ppm, indicando la degradación de esta parte de la molécula de amoxicilina al usar NPs de CZ. Además, se verificó mediante ensayos de difusión en pozo contra *Staphylococcus aureus* y *Bacillus subtilis*, confirmando la pérdida de su actividad antibiótica.

En todos los casos, las nanopartículas conservaron cierta actividad como fotocatalizadores o adsorbentes después de cuatro ciclos de reuso, lo que indica su potencial para aplicaciones sostenibles en el tratamiento de aguas contaminadas.

## Referencias

- [1] B. Lee-Phoon, C. Cheen-Ong, M.S. Mohamed-Sahee, P. Show, J. Chang, T. Chuan-Ling, S. Shiung-Lam, J. Ching-Juan. Conventional and emerging technologies for removal of antibiotics from wastewater. J Hazard Mater. 2020. 400, 122961 <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.122961>
- [2] L.P. Bao, C.P. Chong, S.M. Mohamed, S. Pau-Loke, C. Jo-Shu, C. L. Tau, S. Su, C. J. Joon. Conventional and Emerging Technologies for Removal of Antibiotics from Wastewater. J. Hazard. Mater. 2020. 400, 122961 <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.122961>
- [3] K. Samal, S. Mahapatra, A. Md-Hibzur. Pharmaceutical wastewater as Emerging Contaminants (EC): Treatment technologies, impact on environment and human health. Energy Nexus. 2022. 6, 100076. <https://doi.org/10.1016/j.nexus.2022.100076>

# CATA-OEV-32 PdPt/Al/SBA-15 tioresistente para hidrogenación de naftaleno.

María C. Barrera Domínguez<sup>a\*</sup>, José Escobar Aguilar<sup>b\*</sup>, Benoit Roger Fouconnier<sup>a</sup>, Mariádel Carmen Cuevas<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Universidad Veracruzana, Veracruz, México, 96559

<sup>b</sup> Instituto Mexicano del Petróleo, México, México, 07730

Email: cobarrera@uv.mx

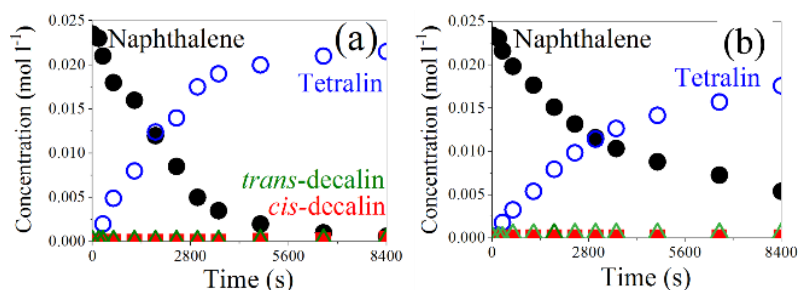
## Resumen

Los combustibles fósiles seguirán desempeñando un papel importante en lo que respecta a combustibles para transporte en los próximos años. En este contexto, el diésel debe cumplir especificaciones estrictas en número de cetano que determina eficiencia de combustión en motores de encendido por compresión [1]. El contenido de compuestos poliaromáticos en los destilados medios es inversamente proporcional al número de cetano y también determina la producción de hollín [2]. Por lo tanto, la saturación de esas especies es un requisito para disminuir las emisiones contaminantes. Las saturaciones aromáticas exotérmicas se favorecen a T significativamente menores a las que se usan en hidrotratadores de destilados medios (330–370 °C) enfocados a producción de diésel ultra bajo S (ULSD) [2], por lo que se han propuesto catalizadores basados en metales nobles (MN) [3–5] soportados en materiales con propiedades ácidas superficiales [1].

En este trabajo se utilizaron materiales SBA-15 modificados con Al (injerto químico) (relación masa SiO<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>=5) como soportes de metales nobles (NM, Pt o Pd monometálico y Pd/Pt = 4, bimetálico, contenido 0.5 % en peso). Los materiales se estudiaron mediante XRF, fisisorción de N<sub>2</sub>, XRD, TPR, FTIR termodesorción de piridina y STEM (HAADF). Se probaron las propiedades hidrogenantes en conversión de naftaleno (N); se agregó dibenzotiofeno (80 ppm) en algunos experimentos para evaluar tiorresistencia de catalizadores preparados.

La incorporación de Al proporcionó acidez de Lewis (dominios de alúmina) y Brønsted al SBA-15 mismos que contribuyeron a mejor dispersión de Pt reflejada en hidrogenación aumentada. El catalizador a base de Pt fue el más activo en saturación de N (T = 290 °C, P = 6,97 MPa), mientras que la formulación Pd/Pt (4/1) tuvo tiorresistencia mejorada probablemente debido a aleación de NM (transferencia de electrones en partículas de núcleo-capa de Pt-Pd) en conjunción con acidez de Brønsted débil (enlaces Si-O-Al, transferencia de electrones desde NM) que proporcionó sitios adicionales para la adsorción aromática. La tiorresistencia mejorada es crucial para la saturación aromática de los catalizadores de NM destinados a

segunda etapa en procesos de obtención de diésel de ultra bajo S.



**Figura 1.** Perfiles de concentración vs tiempo de reacción: HID de naftaleno con Pd/Pt (4/1) soportado en Al/SBA-15 (a) y (b) en presencia de S (80 ppm DBT). Reactor por lotes, n-hexadecano (disolvente), T = 290 °C, P = 6.97 MPa, y velocidad de agitación de 1030 rpm.

## Referencias

- [1] He, T.; Wang, Y.; Miao, P.; Li, J.; Wu, J.; Fang, Y. Hydrogenation of naphthalene over noble metals supported on mesoporous zeolite in the absence and presence of sulfur. *Fuel* 2013, *106*, 365–371.
- [2] Cooper, B. H.; Donnis, B. B. L. Aromatic saturation of distillates: an overview. *Appl. Catal. A-Gen* 1996, *137*, 203–223.
- [3] Liu, J.; Zhang, H.; Lu, N.; Yan, X.; Fan, B.; Li, R. Influence of Acidity of Mesoporous ZSM-5- Supported Pt on Naphthalene Hydrogenation. *Ind. Eng. Chem. Res.* 2020, *59* (3), 1056–1064.
- [4] Lu, N.; Zhao, J.; Dong, Q.; Zhao, Y.; Fan, B. Supported noble metal catalyst with a core-shell structure for enhancing hydrogenation performance. *Mol. Catal.* 2021, *506*, No. 111543.
- [5] Wang, E.; Hu, D.; Xiao, C.; Song, S.; Zou, Y.; Fu, S.; Chi, K.; Liu, J.; Duan, A.; Wang, X. Highly dispersed Pt on core-shell micromesoporous composites assembled by mordenite nanocrystals for selective hydrogenation of polycyclic aromatics. *Fuel* 2023, *331* (2), No. 125852.

# CATA-OEP-33: Disociación y captura de hidrógeno en carburo de tungsteno: estudio computacional

Carlos Jimenez-Orozco<sup>a\*</sup>, Elizabeth Florez<sup>a</sup>, Jose Rodriguez<sup>b</sup>

<sup>a</sup> Universidad de Medellin, Medellín, Colombia, 050021

<sup>b</sup> Brookhaven National Laboratory, Upton, Nueva York, Estados Unidos, 11973

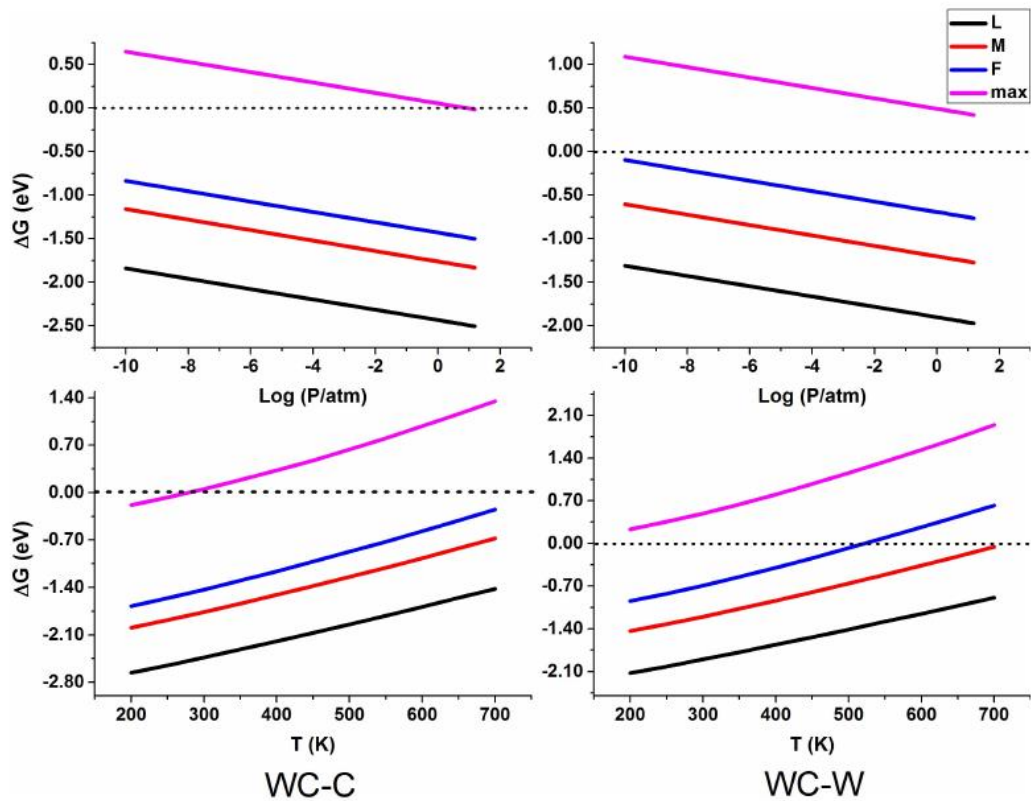
Email: <sup>a</sup> [cjimenez@udemedellin.edu.co](mailto:cjimenez@udemedellin.edu.co)

## Resumen

El carburo de tungsteno (WC) es un material de bajo costo que tiene una actividad catalítica similar al platino, catalizador ampliamente usado en reacciones de hidrogenación de hidrocarburos. En este trabajo, se realiza un estudio fundamental (mediante cálculos DFT) para analizar la viabilidad termodinámica para capturar y almacenar hidrógeno en la superficie (0001) de WC, que pueda ser usado en reacciones de hidrogenación. Los resultados obtenidos, indican que es posible disociar H<sub>2</sub> de forma espontánea a una temperatura 300K y a presión de 1 atm, formando diferentes cubrimientos de H\* atómico disociado en la superficie hasta formar una monocapa de hidrógeno. La captura y almacenamiento de hidrógeno es viable termodinámicamente en el rango de temperatura 200 – 500 K, y en el rango de presión de 10<sup>-10</sup> a 15 atm. Los resultados de este trabajo abren las puertas a la comprensión fundamental que tiene WC en el almacenamiento de hidrógeno y su posterior uso en reacciones de hidrogenación mediante catálisis heterogénea. En los años 70 del siglo XX, Levy & Bourdard [1] reportaron el potencial que tiene el carburo de tungsteno (WC) como catalizador, con actividad comparable a catalizadores a base de platino. Este hecho es relevante, debido a que los metales del grupo del platino, llamados platinoides (Pt, Pd, Ru, Rh, Os, Ir), tienen un uso limitado debido a la poca abundancia de estos elementos en la corteza terrestre. Esta poca abundancia contrasta con la creciente demanda de su uso en la sociedad moderna, por lo cual es pertinente explorar materiales alternativos. La abundancia de tungsteno y carbono implica que el carburo de tungsteno sea un material de bajo costo, lo cual es una ventaja no solo de economía sino de desempeño catalítico respecto a los platinoides. Si bien en los años 70 inició la investigación de WC, aún en la actualidad es un campo de investigación abierto, debido a la riqueza estructural de este material, sumado a sus propiedades físicas y mecánicas, además de la modulación de su reactividad, lo que hace atractivo este material en múltiples aplicaciones en catálisis heterogénea. Las reacciones de hidrogenación de hidrocarburos, son de vital importancia para la producción de combustibles, además de commodities demandados en la sociedad moderna. El WC ha sido usado en reacciones de hidrogenación, pero se desconoce detalles de cómo opera este catalizador en múltiples reacciones, particularmente, se desconoce el efecto del hidrógeno en WC, punto de partida para múltiples aplicaciones. Estos aspectos inspiraron el presente trabajo [2], donde se abordaron aspectos fundamentales relacionados con la capacidad de WC para

a) adsorber y disociar hidrógeno gaseoso ( $H_2$ ) en diferentes cantidades, b) almacenar hidrógeno que pueda ser usado en reacciones de hidrogenación.

Se analizó el sistema cristalino hexagonal del carburo de tungsteno ( $\alpha$ -WC), particularmente la superficie (0001), mediante la aproximación del slab. Sobre esta superficie, se exploró la adsorción y disociación de  $H_2$ , teniendo presente un rango amplio de cubrimiento de hidrógeno superficial, es decir, diferentes cantidades de  $H^*$  atómico adsorbido sobre la superficie  $\alpha$ -WC(0001), desde un bajo hasta un alto cubrimiento ( $\Theta_H$ ), hasta formar una monocapa de hidrógeno superficial. Se utilizó *Ab initio atomistic thermodynamics*, para analizar la viabilidad termodinámica para obtener diferentes cubrimientos de hidrógeno mediante el cálculo de la energía libre de Gibbs ( $\Delta G$ ), es decir, viabilidad a diferentes condiciones de presión y temperatura. Los cálculos fueron realizados con el programa VASP, el funcional PBE, funciones dispersivas D3, una base de ondas planas con una energía de corte de 400 eV, con descripción de electrones de valencia de acuerdo con el método de onda proyectada aumentada. La integración numérica de la zona de Brillouin se llevó a cabo mediante un enmallado mediante el esquema de Monkhorst-Pack, usando una malla de puntos  $k$  ( $3 \times 3 \times 1$ ). Todos los cálculos incluyen contribución de momento dipolar, de punto cero en la energía electrónica. Se realizó análisis vibracional de acuerdo con la aproximación armónica, usando la matriz Hessiana. Los resultados obtenidos indican que existe una clara viabilidad termodinámica para que el  $H_2$  se disocie espontáneamente en el rango de temperatura 300 – 500 K y en rango amplio de presión de  $10^{-10}$  atm a 15 atm, en terminaciones polares de carbono (WC-C) y tungsteno (WC-W) de la superficie  $\alpha$ -WC(0001). Estas condiciones aplican en la formación de bajo (L), medio (M) y alto (H) cubrimiento de hidrógeno superficial. Estas condiciones cubren un amplio margen de aplicaciones posibles de WC en reacciones de hidrogenación catalítica.



**Figura 1.** Energía libre de Gibbs para la disociación de  $\text{H}_2$  a diferentes cubrimientos de hidrógeno (bajo, L; medio, M; alto: F). Arriba: proceso isotérmico ( $T=300\text{ K}$ ), abajo: proceso isobárico ( $p=1\text{ atm}$ ).

## Referencias

- [1] R. B. Levy, M. Boudart. *Science* 181 (1973), 547–549.
- [2] C. Jimenez-Orozco, E. Florez, J.A. Rodriguez. *ChemCatChem* 15 (2023) e202300165

# CATA-OEV-34 Valorización de bioalcoholes ABE mediante la síntesis de olefinas livianas

Cristhian Andrés Fonseca, Pablo Jorge Luggren\*

Grupo de Investigación en Ciencia e Ingeniería Catalíticas (GICIC), Instituto de Investigaciones en Catálisis y Petroquímica (INCAPE, CONICET-UNL), Predio CONICET, Colec. RN N°168 Km 0, Santa Fe (C.P. 3000), Argentina. Email: pluggren@fiq.unl.edu.ar

## Resumen

La producción de olefinas livianas a partir de bioderivados busca posicionarse como una alternativa para reducir la dependencia de fuentes no renovables. Recientemente, evaluamos la conversión de ácido butírico derivado de biomasa en olefinas livianas sobre óxidos mixtos de Zn-Zr. El mayor rendimiento de olefinas de 65,8 %, principalmente etileno e isobuteno, se obtuvo sobre el óxido de Zn-Zr con una relación molar Zn/Zr de 0,25 (0.25ZnZr), en fase gaseosa a 723 K [1]. En este trabajo, se estudió la síntesis de olefinas livianas a partir de los bioalcoholes del proceso fermentativo ABE, Acetona:Butanol:Etanol (3:6:1 p/p), sobre un óxido mixto Zn-Zr y los respectivos óxidos simples ZrO<sub>2</sub> y ZnO. El catalizador 0.25ZnZr se preparó mediante el método de impregnación a humedad incipiente de Zn sobre Zr(OH)<sub>4</sub> y se realizó una caracterización fisicoquímica de todos los óxidos, Tabla 1.

**Tabla 1.** Propiedades fisicoquímicas de los catalizadores.

Catalizador	SA <sup>a</sup> (m <sup>2</sup> g <sup>-1</sup> )	Propiedades ácido-base	
		n <sub>b</sub> <sup>b</sup> (μmol m <sup>-2</sup> )	n <sub>a</sub> <sup>c</sup> (μmol m <sup>-2</sup> )
ZrO <sub>2</sub>	21	0,16	1,29
0.25ZnZr	61	0,73	2,24
ZnO	18	0,15	0,14

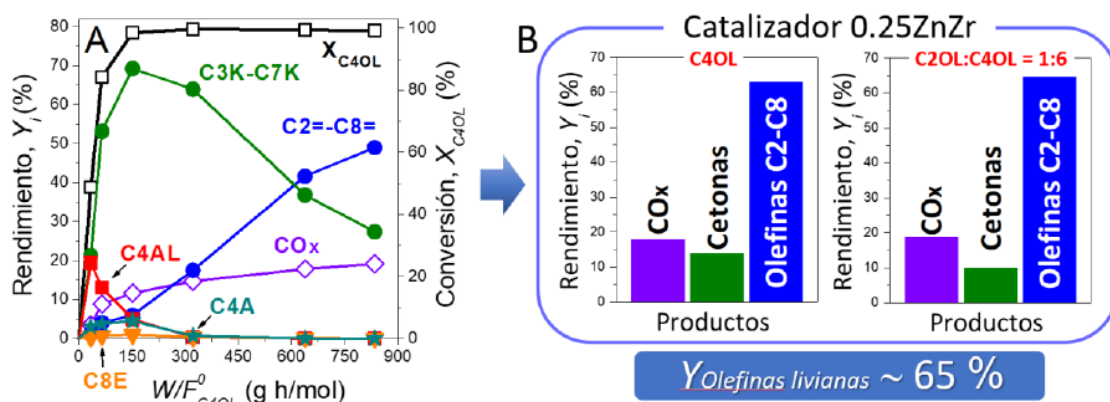
<sup>a</sup> Área superficial BET (SA) por fisorción de N<sub>2</sub> a 77 K

<sup>b</sup> Número de sitios básicos por TPD de CO<sub>2</sub>

<sup>c</sup> Número de sitios ácidos por TPD de NH<sub>3</sub>

La incorporación de Zn en el óxido mixto Zn-Zr mejora el área superficial y modera las propiedades ácido-base de Lewis ( $n_a/n_b = 3,1$ ), en comparación con los óxidos ZrO<sub>2</sub> y ZnO ( $n_a/n_b = 8,1$  y  $0,9$ , respectivamente). La síntesis de olefinas a partir de etanol (C<sub>2</sub>OL) y n-butanol (C<sub>4</sub>OL) involucra reacciones consecutivas de deshidrogenación, esterificación (Tishchenko), cetonización, condensación aldólica, ruptura de enlace C-C (McLafferty) y desoxigenación, promovidas por óxidos con propiedades ácido-base moderadas

[1,2]. Los principales productos son olefinas (Cn=), cetonas (CnK), aldehídos (CnAL), ésteres (CnE), ácidos carboxílicos (CnA) y gases (CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub> e H<sub>2</sub>), donde n es el número de átomos de carbono de entre 2 y 8. Los experimentos catalíticos realizados a diferentes tiempos de contacto de C<sub>4</sub>OL (W/F<sup>0</sup><sub>C<sub>4</sub>OL</sub>) sobre 0.25ZnZr, Figura 1A, permitieron postular los caminos de reacción involucrados en la formación de olefinas a partir de C<sub>4</sub>OL. El camino que involucra las etapas de ruptura de enlace C-C McLafferty (formación de etileno e isobuteno) se favorece a tiempos de contacto y temperaturas de reacción elevados, favoreciendo la conversión de las cetonas intermedias (C<sub>3</sub>K y C<sub>5</sub>K) en olefinas. En Figura 1B, observamos que 0.25ZnZr convierte eficientemente la mezcla de alcoholes del proceso ABE y que la incorporación de C<sub>2</sub>OL en la alimentación no afecta considerablemente la distribución de productos. Se alcanzó un rendimiento de olefinas livianas de 64,6 % sobre 0.25ZnZr, para un W/F<sup>0</sup><sub>C<sub>2</sub>OL:C<sub>4</sub>OL</sub> = 835 h g/mol ya T= 723 K. Los resultados obtenidos para los bioalcoholes ABE son promisorios, sin embargo, el objetivo final del proceso en desarrollo requiere seguir evaluando la mezcla completa ABE.



**Figura 1.** Evaluación de la mezcla de alcoholes ABE sobre 0.25ZnZr. A) Efecto del tiempo de contacto (W/F<sup>0</sup><sub>C<sub>4</sub>OL</sub>) a T = 688 K. B) Mayores Y<sub>i</sub> obtenidos para C<sub>4</sub>OL y C<sub>2</sub>OL:C<sub>4</sub>OL (Etanol:Butanol = 1:6 p/p), a W/F<sup>0</sup><sub>C<sub>n</sub>OL</sub> = 835 h g/mol y T = 723 K. [P = 101,3 kPa,  $\bar{P}_{C_4OL}$  = 0,85 kPa;  $\bar{P}_{H_2O}$  = 7,22 kPa,  $S_{H_2O}/C$  = 2,2, balance de N<sub>2</sub>]

## Referencias

- [1] P.J. Luggren, L.A. Dosso, J.I. Di Cosimo. *Applied Catalysis A: General* 632 (2022) e118474.
- [2] R.A.L. Baylon, J. Sun, Y. Wang. *Catalysis Today* 259 (2016) 446–452.

# CATA-OEV-35: Películas de nano-óxidos obtenidas por crecimiento in situ en sustratos de alpaca: un sistema catalítico eficiente en la reacción de COProx

Mayra A. Francoa, María A. Ullaa, Juan M. Zamaroa\*

a Instituto de Investigaciones en Catálisis y Petroquímica (INCAPE), Santa Fe, Argentina 3000.

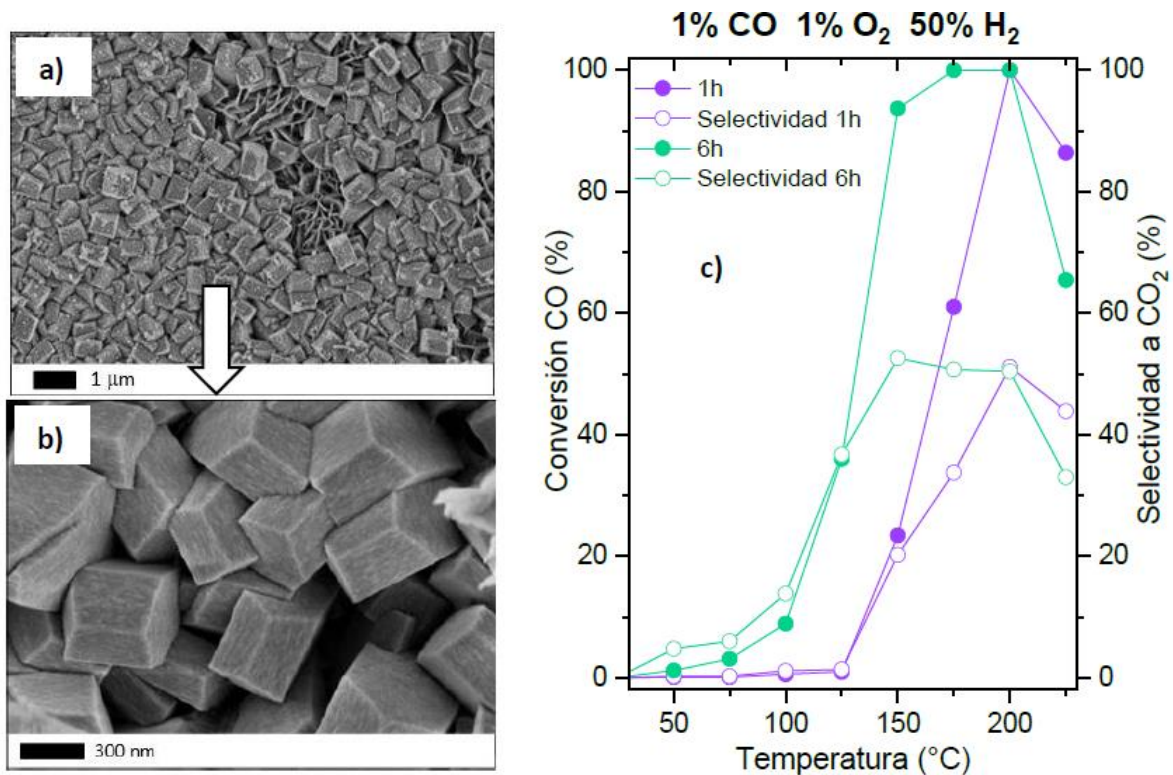
\*Email: zamaro@fiq.unl.edu.ar

## Resumen

Los óxidos nanométricos de metales no nobles han demostrado ser una alternativa sustentable en procesos de catálisis heterogénea, al evitar el uso de metales preciosos. En particular, se ha comprobado que este tipo de óxidos en forma de películas nanoestructuradas, exhiben un destacado desempeño en una reacción de amplio interés medioambiental como es la oxidación de monóxido de carbono [1-2]. En el grupo de investigación, se han obtenido este tipo de películas, mediante la oxidación de sustratos de alpaca (aleación Cu-Zn-Ni) con vapores oxidantes a temperaturas moderadas (80 °C), que han demostrado ser muy activas en dicha reacción [3]. En el presente trabajo, se analiza el crecimiento de nano-óxidos de cobre y zinc mediante tratamientos de oxidación a temperatura ambiente y su respuesta en la oxidación preferencial de CO en corrientes ricas en hidrógeno (COProx).

Las películas obtenidas recubrieron totalmente el sustrato y se conformaron por dos tipos de estructuras en íntimo contacto, con regiones ricas en zinc y otras ricas en cobre, según los análisis por EDS. En la primera, se desarrollaron nanocristales de ZnO con morfología de hojuelas, mientras que la segunda, crecieron cristales de Cu(OH)<sub>2</sub> (Figura 1a). Estos últimos, presentaron morfologías poliédricas definidas (Figura 1b). Previo a su ensayo catalítico, se pretrataron en helio a 225 °C y las especies Cu(OH)<sub>2</sub> se transformaron en CuO, conservando la morfología original. La evaluación se efectuó en un micro-reactor con una mezcla de 1% CO 1% O<sub>2</sub> y 50% H<sub>2</sub>. Las películas exhibieron alta actividad, logrando conversiones del 100% de CO por debajo de 200 °C, con masas de óxido menores a los 5 mg y selectividades hacia CO<sub>2</sub> cercanas al 50%.

La configuración y el método de obtención de estas películas, las convierte en catalizadores sostenibles para COProx, ya que se basan en fases activas de metales no nobles en forma de películas delgadas sobre un soporte de bajo costo, obtenidas por un método simple, rápido y sin consumo de energía (temperatura ambiente).



**Figura 1.** a) Morfología de las películas sintetizadas a temperatura ambiente (6h); b) Cristales de Cu(OH)<sub>2</sub>; c) Desempeño catalítico películas 1h y 6h COProx.

## Referencias

- [1] A. Cabello, M. Ulla, J. Zamaro; *Top. Catal.* 62 (2019) 931.
- [2] A. Cabello, M. Ulla, J. Zamaro; *J. Mater. Sci.* 57 (2022) 12797.
- [3] A. Cabello, M.A. Franco, M. Ulla, J. Zamaro; *Catalysts* 13 (2023) 932.

# CATA-OCV-36: Estudio computacional de la estabilidad de ocho nonúmeros bimetálicos de AuxPdy ( $x + y = 9$ ) adsorbidos en superficies de Anatasa: (101), (001) y (301)

Claudia Santos Barón<sup>a</sup>, Juan Burgos Beltrán<sup>b</sup>, Elkin Tílvez Marrugoc, Sol M. Mejía<sup>a</sup>, Perla B. Balbuenad.

<sup>a</sup> Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia, 110231.

<sup>b</sup> Universidad de Cartagena, Cartagena, Colombia, 130001.

<sup>c</sup> Universidad de la Amazonia, Florencia, Colombia, 180001.

<sup>d</sup> Universidad de Texas A&M, Texas, USA, 77843.

Email: [claudiasantos@javeriana.edu.co](mailto:claudiasantos@javeriana.edu.co)

## Resumen

El Hidrógeno ( $H_2$ ) como combustible y vector de energía es clave, dado que no tiene emisiones de GEI directas ni durante su uso final [1]. Además, una tecnología muy atractiva para producir energía eléctrica son las celdas de combustible de membrana de intercambio protónico (PEMFC, por sus siglas en inglés), que requieren  $H_2$  libre de monóxido de carbono (CO). El proceso comúnmente empleado para la obtención de  $H_2$  es el reformado de metano (más del 95%) [2]; sin embargo, como subproducto se obtiene CO y su presencia en la corriente de  $H_2$ , resultaría ser un veneno para el catalizador de platino en el ánodo de la PEMFC [3]. Por esta razón, surge la necesidad de investigar procesos fisicoquímicos que permitan purificar estas corrientes de  $H_2$ . Entre los métodos más eficientes para eliminar el CO se encuentra la oxidación preferencial de CO (CO-PROX), una técnica clave que utiliza catalizadores para promover la reacción de oxidación del CO en presencia de exceso de hidrógeno.

Dentro de la amplia gama de catalizadores disponibles, se han investigado en profundidad los catalizadores basados en metales nobles, óxidos de metales y nanocatalizadores debido a su alta actividad catalítica y selectividad en la CO-PROX. Sin embargo, investigaciones recientes han revelado que la combinación de elementos de estos grupos puede resultar en catalizadores aún más eficaces.

En este contexto, surge esta investigación sobre complejos catalíticos basados en clústeres metálicos (Au, Pd) y bimetálicos (Au-Pd) soportados sobre tres superficies de anatasa (101), (001) y (301). Metodológicamente, empleamos herramientas computacionales como la Teoría del Funcional de la Densidad (DFT), el cual permite analizar de manera detallada la estructura y la actividad catalítica de los materiales a nivel atómico y molecular.

En este estudio, se construyeron complejos catalíticos estables basados en clústeres metálicos (Au<sub>9</sub>, Pd<sub>9</sub>) y bimetálicos (AuxPdy, x+y = 9) soportados sobre tres superficies de anatasa (101), (001) y (301). Posteriormente, se realizó un análisis energético, correlacionando datos de estabilidad con información geométrica y de reactividad química.

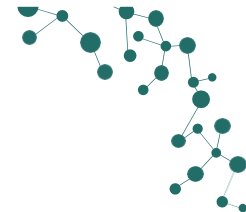
Los resultados revelaron que el proceso de adsorción implicó cambios geométricos, transferencias de cargas atómicas, creación de estados electrónicos, entre otros, en donde a más notorios estos cambios, más estabilidad en la adsorción y mayor reactividad de los sistemas catalíticos. Siendo los sistemas los Au<sub>3</sub>Pd<sub>6</sub>/001 y AuPd<sub>8</sub>/001, los posibles catalizadores más prometedores con energías de adsorción de hasta -6,34 X Ev y Band Gaps tan pequeños como: 0,10 eV.

## Referencias

[1] D. M. P. Ministerio de Minas y Energía de Colombia, M. L. R. Viceministro de Energía de Colombia, and S. S. V. Viceministra de Minas de Colombia, "Transición energética: un legado para el presente y el futuro de Colombia Iván Duque Márquez Presidente de la República," Minist. Minas y Energía, Colomb. Banco Interam. Desarro. BID, p. 128, 2021.

[2] E. Meloni, M. Martino, and V. Palma, *Catalysts*, vol. 10, no. 3. MDPI, Mar. 01, 2020.

[3] J. P. Heo, S. W. Sung, and J. Lee, *ACS Omega*, vol. 5, no. 23, pp. 13822–13828, Jun. 2020.



# CATA-OCV-37 Degradación fotocatalítica de microplásticos empleando óxido de titanio soportado en óxido de grafeno

Paula Escobar Rojas<sup>a</sup>, Miguel Ángel Mueses<sup>b</sup>, Cristian David Miranda Muñoz<sup>a\*</sup>.

<sup>a</sup> Grupo de Investigación Catálisis, Universidad del Cauca, Popayán, Colombia, 190002.

<sup>b</sup> Grupo de investigación MAOX, Universidad de Cartagena, Cartagena, Colombia, 130001.

Email: <sup>a</sup> [cdmiranda@unicauca.edu.co](mailto:cdmiranda@unicauca.edu.co)

## Resumen

El uso de los plásticos en aplicaciones industriales, comerciales, institucionales y domésticas ha crecido de forma exponencial y con ello, la problemática medioambiental que estos generan; muchos de los productos plásticos están diseñados para un único uso, por ello se eliminan de forma inmediata y en la mayoría de los casos terminan en vertederos, ríos y mares. Por efectos de degradación física, estos plásticos se pueden convertir en partículas de tamaños inferiores a 5mm, los cuales son conocidos como microplásticos -MP- [1]. En ese sentido, proponer estrategias para su degradación, se ha convertido en un tópico de gran interés, donde la degradación fotocatalítica es una de las soluciones más prometedoras [2]. Se trata de una técnica de bajo costo y respetuosa con el medio ambiente cuya característica principal es aprovechar la energía radiante a través un semiconductor de banda ancha sensible a la luz para generar pares electrón/hueco y formar especies radicales responsables de la degradación por reacciones de oxidación-reducción [3]. En este estudio se evaluó la actividad fotocatalítica del óxido de titanio -TiO<sub>2</sub>- sin soporte y soportado en óxido de grafeno -TiO<sub>2</sub>/OG- y óxido de grafeno reducido -TiO<sub>2</sub>/OGr- para la degradación de microplásticos de tereftalato de polietileno -PET-. El proceso inició con la obtención del soporte por el método de Hummers, seguido de la impregnación del semiconductor de forma solvotermal, obteniendo así los sólidos catalíticos. Estos fueron caracterizados químicamente con espectroscopia infrarroja por transformada de Fourier -FTIR- y espectroscopia ultravioleta-visible -UV-VIS-. La reacción de fotodegradación se llevó a cabo por un periodo de 4 horas en un sistema tipo *Batch* ubicado dentro de la cámara de reacción que contaba con el sistema de irradiación ultravioleta simulada por luces leds. La eficiencia en la degradación se determinó por seguimiento gravimétrico de la fase sólida mediante pérdida de peso e índice de carbonilo del material polimérico por espectroscopia FTIR. Los resultados recopilados en la Tabla 1, muestran que el sólido con mejor actividad fotocatalítica fue el TiO<sub>2</sub>/OGr

**Tabla 1.** Porcentaje de degradación de MP de PET con diferentes sólidos catalíticos.

<b>Catalizador</b>	<b>%</b>
<b>TiO<sub>2</sub></b>	<b>37.16</b>
<b>TiO<sub>2</sub>/OG</b>	<b>42.90</b>
<b>TiO<sub>2</sub>/OGr</b>	<b>61.30</b>

## Referencias

- [1] Garcés-Ordóñez, O., Espinosa, L. F., Costa Muniz, M., Salles Pereira, L. B., & Meigikos dos Anjos, R. (2021). Abundance, distribution, and characteristics of microplastics in coastal surface waters of the Colombian Caribbean and Pacific. *Environmental Science and Pollution Research*, 28, 43431-43442.
- [2] Nabi, I., Li, K., Cheng, H., Wang, T., Liu, Y., Ajmal, S., ... & Zhang, L. (2020). Complete photocatalytic mineralization of microplastic on TiO<sub>2</sub> nanoparticle film. *Iscience*, 23(7).
- [3] Marena, M. M., Mueses, M. A., & Fiderman, M. M. (2017). Modeling and experimental evaluation of a non-isothermal photocatalytic solar reactor: temperature effect on the reaction rate kinetics. *Ingeniería y competitividad*, 19(2), 149-160.



# CATA-OEV-38: Reducción de Cenizas en Materiales Carbonosos Derivados de Llantas Residuales: Un Enfoque Combinado de Sonicación y Pirólisis

Madelyn Ortiz-Quicenoa, Alba N. Ardila A.a\*, Erasmo Arriola-Villaseñora, Salvador Ordoñezb

a Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid, Facultad de Ciencias y Educación, CP 050022, Medellín, Colombia.

b Department of Chemical and Environmental Engineering, University of Oviedo, 33006 Oviedo, Spain.

Email: [a\\*anardila@elpoli.edu.co](mailto:a*anardila@elpoli.edu.co)

## Resumen

El uso de la sonicación y la pirólisis como métodos de tratamiento de caucho proveniente de llantas desgastadas ofrece una alternativa prometedora para la síntesis de materiales carbonosos con propiedades adecuadas para su uso como soportes catalíticos. La sonicación, en particular, permite la eliminación eficiente de cenizas y otras impurezas no deseadas, lo cual es crítico para asegurar el desempeño óptimo del material en aplicaciones catalíticas [1], [2], [3], [4]. A su vez, la pirólisis controla la descomposición térmica del caucho, permitiendo la obtención de estructuras carbonosas con características específicas, como porosidad y estabilidad térmica.

En esta investigación, se utilizó caucho de llantas recicladas proporcionado por una empresa, el cual fue tamizado para obtener un tamaño de partícula de Malla 30. Para la obtención de los materiales carbonosos, se aplicaron dos secuencias de síntesis: una involucró solo el proceso de pirólisis, mientras que la otra combinó sonicación y pirólisis, aplicándose la sonicación antes o después de la pirólisis. Además, se estudió el efecto de diferentes temperaturas de pirólisis (400, 500 y 600 °C) y dos niveles de amplitud de sonicación (80% y 100%), con el fin de evaluar cómo estas variables influían en la cantidad de cenizas presente en los materiales carbonosos obtenidos.

Los resultados de esta investigación (**Tabla 1**), revelan un comportamiento notable en cuanto a la remoción de cenizas del material carbonoso derivado de llantas residuales mediante sonicación y pirólisis. La sonicación posterior a la pirólisis reduce significativamente el porcentaje de cenizas debido a las vibraciones ultrasónicas, que generan cavitación en el agua. Este fenómeno provoca la formación de microburbujas que colapsan cerca de la superficie del material carbonoso, facilitando la disgregación y eliminación de partículas de ceniza atrapadas en su estructura. Sin embargo, el aumento de la temperatura de pirólisis (500°C y 600°C) incrementa el porcentaje de cenizas. Esto se debe a que, a temperaturas más altas, una mayor fracción orgánica del caucho se volatiliza, mientras que los compuestos inorgánicos no volátiles, como minerales y metales, permanecen y se concentran, aumentando la cantidad de cenizas en el producto final.

**Tabla 1.** Rendimiento de la producción de algunos materiales carbonosos con su respectivas cenizas.

Material	Descripción	Rendimiento (%)	Cenizas
PLL-V-400	Pirolizado a 400°C	15.44	14.41
PLL-V-400-SA-100	Sonicado antes a 100% y Pirolizado a 400°C	15.07	13.94
PLL-V-400-SD-100	Sonicado después a 100% y Pirolizado a 400°C	14.19	12.83
PLL-V-600	Pirolizado a 600°C	11.25	18.08
PLL-V-600-SA-100	Sonicado antes a 100% y Pirolizado a 600°C	15.07	18.53
PLL-V-600-SD-100	Sonicado después a 100% y Pirolizado a 600°C	9.16	17.12

Adicionalmente, el uso de sonicación antes y después de la pirólisis muestra ser una estrategia aún más efectiva para la remoción de impurezas. La sonicación previa ayuda a liberar impurezas inorgánicas adheridas a la superficie de las partículas de caucho, facilitando su eliminación durante la pirólisis. Posteriormente, la sonicación adicional maximiza la eliminación de cenizas remanentes en el material carbonoso. Este enfoque combinado resulta en una mejora significativa en la eficiencia de remoción de impurezas, lo que conduce a un material carbonoso más puro, con menos cenizas.

En resumen, la combinación de sonicación y pirólisis, especialmente cuando la sonicación se aplica antes y después de la pirólisis, permite una reducción considerable de impurezas inorgánicas. Aunque temperaturas más altas en la pirólisis aumentan el contenido de cenizas, la aplicación de sonicación en ambas etapas del proceso optimiza la pureza del material carbonoso obtenido.

## Referencias

- [1] C. Yi, J. Fang, X. Xu, K. Wang, Z. Zuo, and Z. Han, "Effect of ash participation on the catalytic activity of as-prepared catalysts to promote diesel soot combustion," *J. Energy Inst.*, vol. 111, no. September, p. 101407, 2023, doi: 10.1016/j.joei.2023.101407.
- [2] Y. Lu, H. Yang, A. V. Karasev, C. Wang, and P. G. Jönsson, "Applications of Hydrochar and Charcoal in the Iron and Steelmaking Industry—Part 1: Characterization of Carbonaceous Materials," *Sustain.*, vol. 14, no. 15, 2022, doi: 10.3390/su14159488.
- [3] L. Ji *et al.*, "Effects of fly ash properties on carbonation efficiency in CO<sub>2</sub> mineralisation," *Fuel Process. Technol.*, vol. 188, no. January, pp. 79–88, 2019, doi: 10.1016/j.fuproc.2019.01.015.
- [4] H. Ahmed *et al.*, "Effect of the Ash from H<sub>2</sub>-Rich Carbonaceous Materials on the Physicochemical Properties of Raceway Slag and Coke Reactivity," *Steel Res. Int.*, vol. 91, no. 11, 2020, doi: 10.1002/srin.202000098.

# CATA-OCV-39: Síntesis de fibras biomórficas catalíticas para la oxidación de hollín diésel

Sabrina Leonardi<sup>1\*</sup>, Maximiliano Rodríguez<sup>1</sup>, Eric Gaigneaux<sup>2</sup>, Eduardo Miró<sup>1</sup>, Viviana Milt<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Investigaciones en Catálisis y Petroquímica INCAPE (UNL-CONICET), Santa Fe, Argentina, C.P. 3000

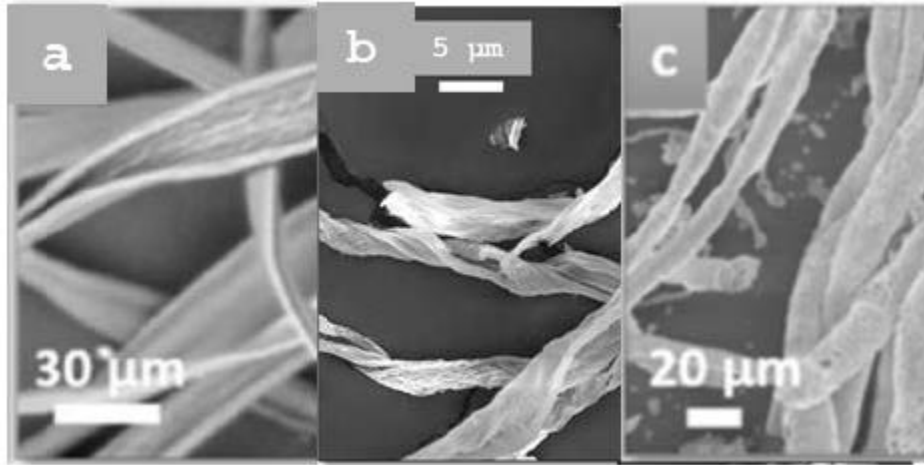
<sup>2</sup>Institute of Condensed Matter and Nanosciences (IMCN), (UCLouvain), Louvain-la-Neuve, Belgium. P. C. 1348

Email: \*sleonardi@fiq.unl.edu.ar

## Resumen

Entre los contaminantes del aire, el material particulado (MP) es de gran importancia ya que al ingresar a los pulmones causa graves afecciones. Una fuente de MP son los gases emitidos ( $\text{NO}_x$ , CO, MP) por vehículos con motores diésel, en los cuales se utilizan filtros catalíticos de partículas, para controlar las emisiones. Para aportar a estas tecnologías, en este trabajo se propone sintetizar fibras catalíticas a partir del uso de moldes biológicos a través de una técnica simple y económica que no genera desechos difíciles de descartar. Se obtendrán fibras biomórficas catalíticas con el objetivo de eliminar el MP a la temperatura de la salida de los gases de escape del vehículo (350 – 450 °C). *Síntesis de fibras biomórficas:* Las fibras de  $\text{CeO}_2$  (Fib Ce) y (Fib Zr) se prepararon mediante impregnación de fibras de algodón, a humedad incipiente, utilizando soluciones precursoras de  $\text{Ce}(\text{NO}_3)_3$  y de  $\text{ZrO}(\text{NO}_3)_2$  respectivamente y calcinando a 600 °C 5 h [1]. *Incorporación de la fase catalítica:* Las fibras sintetizadas se suspendieron en soluciones de Mn ( $\text{KMnO}_4$ , 0,75 g/l) y de Fe ( $\text{Fe}(\text{SO}_4)_2$ , 5 g/l), provocando la deposición de la fase catalítica mediante la técnica de arco de plasma deslizante [1] y luego se calcinaron a 600°C por 2 h. Se nombraron Mn-Fib Ce, Mn-Fib Zr, Fe-Fib Ce y Fe-Fib Zr. *Actividad catalítica:* Impregnando las fibras con hollín Printex U (Degussa), se realizaron evaluaciones catalíticas de oxidación a temperatura programada (TPO), en un equipo de flujo continuo con una alimentación de 18%  $\text{O}_2$ , 0,1% NO en He, (F.T: 20 ml/min), calentando de 25°C - 600°C a 5°/min, analizándose la fase gaseosa mediante un CG Shimadzu 2014 con TCD. La morfología del algodón es de cintas retorcidas de varios centenares de  $\mu\text{m}$  (Fig. 1.a). En las fibras biomórficas se mantiene la forma de cintas retorcidas para Fib Zr (Fig. 1.b), mientras que las muestras de Fib Ce son más bien cilíndricas con canales interiores de diferentes diámetros (Fig. 1.c). Luego de la deposición de Mn o Fe, se observó que las fibras se acortan respecto a las biomórficas probablemente debido a la agitación aplicada durante la deposición por plasma, presentando longitudes entre 20 y 100  $\mu\text{m}$  y diámetros de 5 a 20  $\mu\text{m}$ . Los resultados de actividad catalítica indicaron que las fibras de  $\text{CeO}_2$  son más activas hacia la oxidación de hollín que las de  $\text{ZrO}_2$  debido a que la cupla redox  $\text{Ce}^{3+}/\text{Ce}^{4+}$  beneficia la oxidación. Además, el Mn agregado como fase catalítica mejoró la actividad de los soportes reduciendo la TM de 440 a 390°C para Fib Ce y de 540 a 490°C para Fib Zr. El agregado de Fe no ocasionó mejoras en los soportes biomórficos. La mejora debido al agregado de Mn puede deberse a que (1) se

encuentra en la forma  $Mn_3O_4$ , lo que favorece la reducibilidad del catalizador y ii) a la mayor dispersión de la espinela de Mn sobre el soporte lo que favorece el contacto hollín catalizador [1].



**Figura 1.** Imágenes SEM de fibras: a) algodón, b)  $ZrO_2$  y c)  $CeO_2$ .

Las fibras biomórficas catalíticas son capaces de eliminar el MP emitido por vehículos diésel aprovechando la temperatura de los gases de escape. La morfología obtenida es de gran interés en catálisis ya que aporta versatilidad geométrica, lo cual las hace adaptables a requerimientos específicos, presentando baja caída de presión.

## Referencias

[1] M. Rodríguez, S. Leonardi, F. Hanon, E. Miró, V. Milt, E. Gaigneaux, *Catal Today* 431 (2024) 114457.

## **DESU-OCP-01: Elaboración de recubrimientos basados en mezclas de óxidos metálicos y vidrio proveniente de residuos post-consumo mediante proyección térmica por combustión.**

**Angel Camilo Alvarado<sup>a</sup>, Nadia Ardila Santamaria<sup>b</sup>, Pedro Delvasto<sup>c</sup>, Andrés Giovanni González<sup>d</sup>,  
Mauricio Rincón Ortíz<sup>e</sup>**

<sup>a</sup> Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia, 680001.

<sup>b</sup> Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia, 680001.

<sup>c</sup> Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia, 680001.

<sup>d</sup> Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia, 680001.

<sup>e</sup> Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia, 680001.

Email: [c.delvasto@uis.edu.co](mailto:c.delvasto@uis.edu.co)

### **Resumen**

La preocupación por la contaminación ambiental causada por los desechos de pilas alcalinas y de ion-litio que contienen elementos tóxicos, ha impulsado este estudio enfocado en desarrollar y caracterizar recubrimientos cerámicos con materiales reciclados. Específicamente, se emplearon mezclas de óxidos de manganeso (AA) extraído de pilas alcalinas y material catódico (LIBs) obtenido de pilas de ion-litio, combinados con vidrio reciclado. A partir de estos materiales, se fabricaron dos tipos de fritas mediante un proceso controlado de fusión y enfriamiento, las cuales se aplicaron sobre sustratos de ladrillo refractario mediante la técnica de proyección térmica.

En el estudio, se desarrollaron ocho tipos de recubrimientos cerámicos, y se determinaron los parámetros óptimos para la proyección térmica, con especial énfasis en la influencia de la granulometría. Esta se evaluó en cuatro intervalos distintos: M140, M200, M270 y M400, abarcando un rango total de 180 a 38  $\mu\text{m}$ , como se muestra en la Tabla 1. Se analizó cómo estos diferentes tamaños de partículas afectan el flujo de alimentación del polvo durante la proyección, así como las características del recubrimiento obtenido, tales como color, morfología, espesor, capacidad de mojado por el agua y la formación de fases cristalinas en los recubrimientos.

La Figura 1 muestra una comparación visual entre ladrillos cerámicos recubiertos y no recubiertos utilizando fritas fabricadas con AA y LIBs. A la izquierda, se observan los ladrillos sin recubrimiento, con su superficie rugosa y color natural. A la derecha, se presentan ladrillos recubiertos con fritas de vidrio reciclado y óxidos

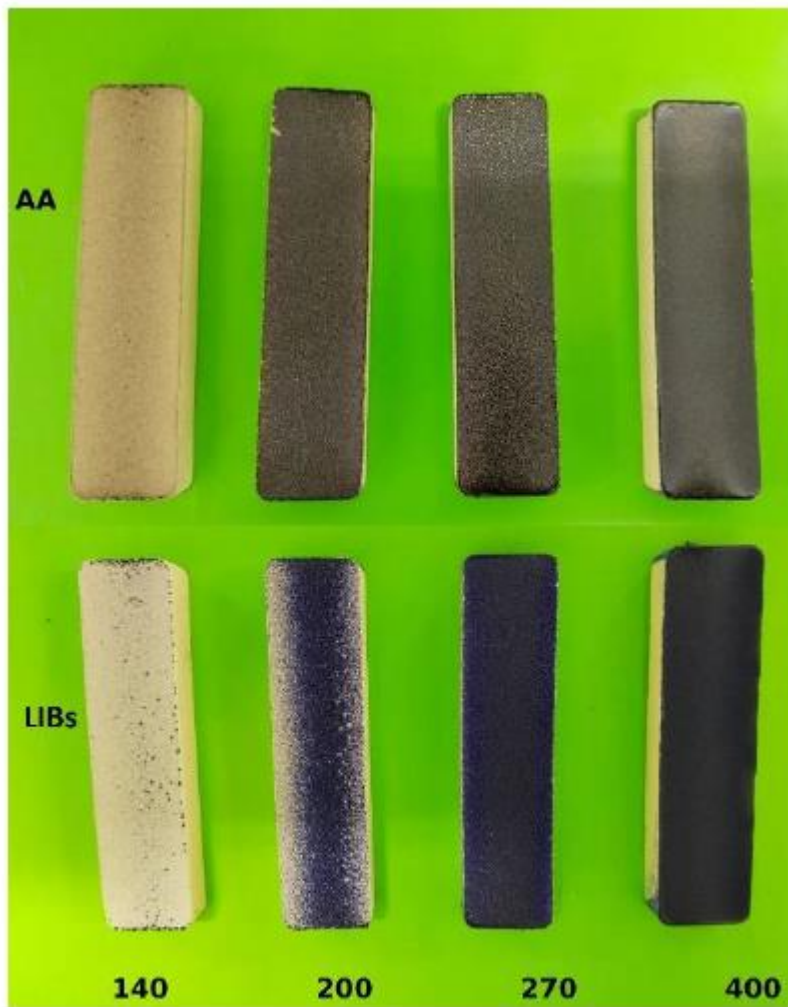
metálicos, aplicadas con diferentes rangos de granulometría que exhiben mejor comportamiento al recubrir toda la pieza.

**Tabla 1.** Espesor promedio de los recubrimientos

Frita	Proyección	Malla	Granulometría ( $\mu\text{m}$ )	Flujo (g/min)	Espesor promedio ( $\mu\text{m}$ )	Análisis visual
AA 20%	1	140	- 180 + 106	28,0	-	No recubre
	2	200	- 106 + 75	18,8	197.8 $\mu\text{m}$	Recubre
	3	270	- 75 + 53	16,2	240.9 $\mu\text{m}$	Recubre
	4	400	- 53 + 38	11,4	143.1 $\mu\text{m}$	Recubre
LIB 5%	1	140	- 180 + 106	24,1	-	No recubre
	2	200	- 106 + 75	22,1	358.2 $\mu\text{m}$	Recubre parcialmente
	3	270	- 75 + 53	17,5	474.9 $\mu\text{m}$	Recubre
	4	400	- 53 + 38	15,5	475 $\mu\text{m}$	Recubre

En la imagen, se aprecia que los ladrillos recubiertos con partículas de menor tamaño exhiben una cobertura más uniforme y homogénea, lo que indica una mejor fusión del material durante la proyección térmica. Por otro lado, los ladrillos recubiertos con partículas más grandes muestran una

cobertura irregular, con áreas donde el material no se ha fundido adecuadamente, resultando en una superficie menos uniforme. La figura ilustra claramente cómo la granulometría afecta el acabado del recubrimiento, subrayando la importancia de controlar el tamaño de las partículas para lograr resultados óptimos en la proyección térmica. No obstante, a medida que el tamaño de partícula disminuye, se complica el control del flujo del material, lo que dificulta la gestión de los parámetros durante la proyección térmica.




**Figura 1.** Recubrimientos por proyección térmica.

En conclusión, los resultados de este estudio demostraron que el control del tamaño de partícula de las fritas es crucial para lograr una fusión adecuada y una uniformidad óptima del recubrimiento durante la proyección térmica. Si bien un tamaño de partícula pequeño favorece la correcta fusión del material, partículas demasiado finas pueden causar dificultades en la alimentación del polvo, comprometiendo la calidad del recubrimiento. Se estableció que el rango óptimo de granulometría para la proyección se sitúa entre 75 y 38  $\mu\text{m}$ , lo que asegura un equilibrio adecuado entre la fusión del material y el flujo de alimentación del polvo, optimizando así el proceso de recubrimiento.

## Referencias

- [1] Pacheco, M. Y., Téllez, C. M., & Galvis, F. V. (2018). *Recubrimientos de circonia y alúmina por proyección térmica con llama: parámetros para obtener recubrimientos de alto punto de fusión*. Tunja, Boyacá.
- [2] Di Giuseppe, G. M., & Revel, G. M. (2006). Medida automatizada de la granulometría del polvo atomizado para el control del proceso en línea. Recuperado de <http://www.qualicer.org/recopilatorio/ponencias/pdfs/0063304s.pdf>

- [3] Boyden, A., Soo, V., & Doolan, M. (2016). The environmental impacts of recycling portable lithium-ion batteries. *Procedia CIRP*, 48, 188-193. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.03.100>
- [4] Andrade-Tacca, C., Patiño Patiño, R., & Urday Urday, E. (2022). Electrodeposición de dióxido de manganeso electrolítico en sustratos de carbón a partir de lixiviados de pilas alcalinas agotadas. *Revista Boliviana De Química*, 39(4). <https://doi.org/10.34098/2078-3949.39.4.3>
- [5] Forero, B. (2016). *Vitrificación de los contenidos internos de pilas desechadas del tipo Li-ion* (Tesis de pregrado). Recuperado de <http://tangara.uis.edu.co/biblioweb/tesis/2016/165533.pdf>
- [6] Rey, W. A. (2015). Fritas de esmalte para decoración de vidrio y cerámica. Recuperado de <http://www.ceramicindustry.com/articles/94543-enamel-frits-for-glass-and-ceramic-decorating>



# DESU-OEP-02: Preparación de Óxidos Metálicos Mediante Sol-Gel Empleando Desechos de Batería como Materia Prima.

Iliana Beatriz Camargo Alvarado<sup>a</sup>, Julieth Tatiana Diaz Cristancho<sup>a</sup>, Nadia Ardila Santamaria<sup>a</sup>, Pedro Delvasto<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia, 680001.

Email: c delvasto@uis.edu.co

## Resumen

En los últimos años, el aumento en la demanda de dispositivos electrónicos ha llevado a un considerable incremento en el consumo de baterías. Al finalizar su ciclo de vida, estas baterías se convierten en residuos peligrosos que representan un serio desafío para la salud humana y el medio ambiente, principalmente debido a la presencia de metales pesados altamente tóxicos en su composición.

Para abordar este desafío, el presente trabajo se enfocó en la conversión de residuos de baterías de ion-litio (LIB) en óxidos metálicos, con el fin de desarrollar pigmentos adecuados para procesos cerámicos mediante la técnica sol-gel. Esta técnica se eligió sobre los métodos tradicionales buscando un control preciso de la composición química, un menor consumo energético durante su producción y la capacidad de generar partículas con tamaños y morfologías uniformes, para garantizar una coloración estable y reproducible en los pigmentos cerámicos.

En cuanto a la metodología, en una primera etapa se recolectaron baterías de ion-litio agotadas y se llevaron a cabo diversos pretratamientos mecánicos y físicos. Estos incluyeron la separación manual de los componentes del ánodo y cátodo, la trituration y el tamizado del material catódico hasta obtener un polvo negro con un tamaño de partícula inferior a 38  $\mu\text{m}$ . En la etapa siguiente, se implementaron procesos hidrometalúrgicos, consistentes en la lixiviación del material mediante agitación a 70°C durante 1 hora, utilizando ácido cítrico como agente lixivante a una concentración molar de 1,25M. Los lixiviados resultantes se analizaron químicamente mediante espectroscopía de absorción atómica (EAA) para identificar la presencia de metales como Co, Ni, Mn, Al, Na, Cu y Fe.

La técnica escogida para la realización del sol-gel fue el método Pechini ya que ofrece ventajas significativas en términos de homogeneidad, control estequiométrico, pureza del producto y viabilidad económica. Se dispuso de la solución lixiviada obtenida anteriormente para el proceso de gelificación. Luego, para obtener el gel se agregó polyvinylalcohol, a fin de lograr la reacción de esterificación. Para eliminar la materia orgánica presente en los sol-gel, las muestras se introdujeron en un horno tipo mufla, que se calentó usando rampas

graduales de 50°C y 100 °C, hasta alcanzar una temperatura de 700°C por 5 horas. Después de eliminar la materia orgánica, las muestras se llevan a calcinación a una temperatura de 900°C, con un tiempo de sostenimiento de 2 horas. Como resultado final, se obtiene un polvo de color negro.

Finalmente, se caracterizaron tanto los productos intermedios como los óxidos metálicos resintetizados mediante técnicas de espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier (FTIR), difracción de rayos X (XRD) y microscopía electrónica de barrido (SEM). La Figura 1 presenta una comparación del material antes y después del proceso de resíntesis del óxido mediante la técnica sol-gel. En la imagen inicial, se observa un material con partículas de mayor tamaño y una morfología menos uniforme. Tras el tratamiento, el tamaño de las partículas se redujo de manera significativa, obteniéndose un material altamente poroso y con una granulometría más homogénea. Esta mayor uniformidad, junto con el incremento en el área superficial, hace que el material sea más reactivo químicamente, lo que favorece una mayor intensidad de color cuando se emplea como pigmento cerámico, mejorando su rendimiento y estabilidad en los procesos cerámicos.

En resumen, este estudio representa un importante avance en la investigación para la obtención de óxidos metálicos a partir de residuos de baterías LIB utilizando la técnica sol-gel. Los resultados confirman la viabilidad del proceso y su posible aplicación en la producción de materiales cerámicos sostenibles. La metodología utilizada permitió establecer las condiciones óptimas para la síntesis de óxidos metálicos, lo que abre nuevas perspectivas en la ingeniería de materiales y el manejo de desechos, promoviendo un enfoque basado en la sostenibilidad y la economía circular.

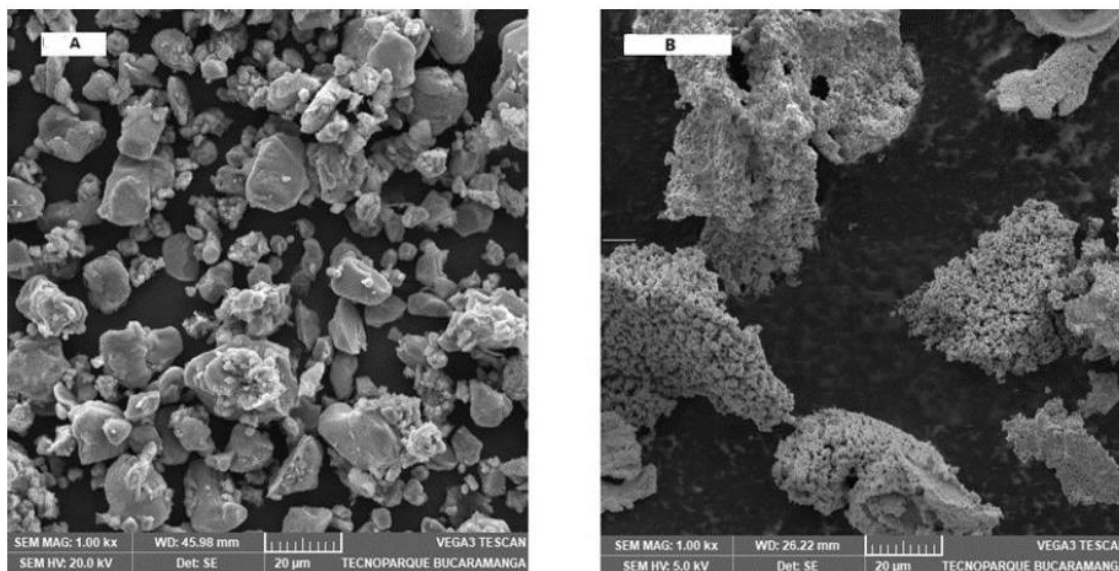


Figura 1. a) *Micrografía polvo LIB original a 1000x* b) *Micrografía óxidos metálicos obtenidos después del proceso de calcinación del sol-gel a 1000x.*

## Referencias

- [1] F. Meng, Q. Liu, R. Kim, J. Wang, G. Liu, and A. Ghahreman, "Selective recovery of valuable metals from industrial waste lithium-ion batteries using citric acid under reductive conditions: Leaching optimization and kinetic analysis," *Hydrometallurgy*, vol. 191, no. May 2019, p. 105160, 2020, doi: 10.1016/j.hydromet.2019.105160.
- [2] G. Pfaff, *Inorganic Pigments*. Walter de Gruyter GmbH & Co KG, 2017.
- [3] I. S. Ahmed, H. A. Dessouki, and A. A. Ali, "Synthesis and characterization of new nano-particles as blue ceramic pigment," *Spectrochim. Acta - Part A Mol. Biomol. Spectrosc.*, vol. 71, no. 2, pp. 616–620, 2008, doi: 10.1016/j.saa.2007.12.050.
- [4] M. H. Aly, I. S. Ismael, and F. Bondioli, "Synthesis of coloured ceramic pigments by using chromite and manganese ores mixtures," *Ceramica*, vol. 56, no. 338, pp. 156–161, 2010, doi: 10.1590/s0366-69132010000200010.
- [5] G. X. Gayo, "Fabricación de pigmentos cerámicos con criterios sustentables," 2017.
- [6] R. A. Eppler and D. R. Eppler, *Glazes and Glass Coatings*. The American Ceramic Society., 2000.
- [7] D. Ganguli, "Sol-gel ceramic pigments: A mini-review on synthesis, advantages and trends," *Trans. Indian Ceram. Soc.*, vol. 63, no. 4, pp. 189–194, 2004, doi: 10.1080/0371750X.2004.11012162.
- [8] A. E. Danks, S. R. Hall, and Z. Schnepf, "The evolution of 'sol-gel' chemistry as a technique for materials synthesis," *Mater. Horizons*, vol. 3, no. 2, pp. 91–112, 2016, doi: 10.1039/c5mh00260e.
- [9] S. G. Rudisill, N. M. Hein, D. Terzic, and A. Stein, "Controlling microstructural evolution in pechini gels through the interplay between precursor complexation, step-growth polymerization, and template confinement," *Chem. Mater.*, vol. 25, no. 5, pp. 745–753, 2013, doi: 10.1021/cm303761z



# DESU-OEV-03: Implementación de sensores IoT de bajo costo en el cálculo de la huella de carbono y la huella hídrica.

Adriana María Flórez Laiseca, Fernando Yepes Calderón<sup>b,\*</sup>

*a*Universidad del Quindío, Armenia, Colombia, 630001. *b*Science-Based Platform, FortLauderdale, USA, 33324. *c* GYM Group SA, Cali, Colombia, 630001

*Email:* bfernandoyepesc@gmail.com.

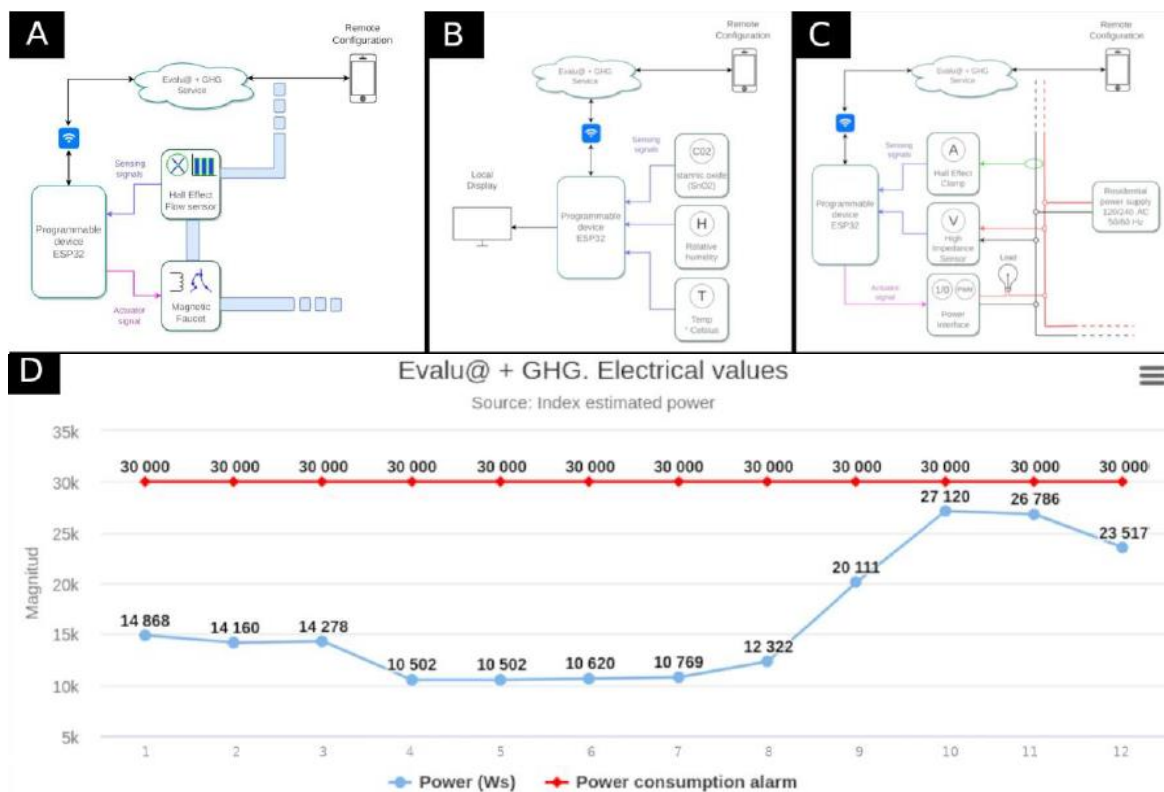
## Resumen

De acuerdo al Panel Internacional por el Cambio Climático (IPCC), el planeta Tierra se calentó 1.1 grados centígrados entre 1850 y 1900. Este rango de fechas corresponde al periodo pre-industrial y, si bien, durante el siglo comprendido entre 1900 y 2000 el calentamiento promedio registrado fue de

0.8 grados centígrados, la tendencia al alza se intensificó a partir de 1970, lo que coincide con el crecimiento industrial en los países desarrollados [1].

La cumbre de las partes (COP21) representa un hito medioambiental al lograr que los líderes mundiales hicieran compromisos de reportar las emisiones GEI y reducirlas en porcentajes definidos arbitrariamente [2]. Las normas ISO14064 e ISO14046, son tutoriales para medir huella de carbono y huella hídrica respectivamente. Estas normas definen protocolos y manuales susceptibles de error humano, ralentización y encarecimiento del proceso de medida [3].

Nuestro equipo de investigación ha desarrollado dispositivos IoT de bajo costo en el marco de una estrategia de automatización de las normas mencionadas. Los dispositivos IoT reportan las variables de consumo a un centralizador de datos en donde se operan los factores de emisión con los consumos para entregar reportes de emisión en toneladas equivalentes de carbono (eTCO<sub>2</sub>) en el caso de huella de carbono y consumo de agua en huella hídrica. El uso de dispositivos IoT no solo acelera los procesos, también garantizan la veracidad de los datos capturados, lo que resulta conveniente para el cumplimiento de los compromisos medioambientales adquiridos por el país y el cuidado del planeta.



**Figura 1.** Los Paneles A, B y C son diseños de los dispositivos IoT desarrollados para consumo de agua, Co2 en aire y consumo de energía eléctrica. El panel D muestra una pantalla del centralizador de datos con la potencia calculada con los datos entregados por dispositivo IoT en el panel C.

## Referencias

- 1 Marin Cifuentes, R.S et al., "Introducing Planet-Saving Strategies..." *International Conference on Applied Informatics*. Cham: Springer International Publishing, 2022.
- 2 Tobin et al. "Mapping states' Paris climate pledges: Analysing targets and groups at COP 21." *Global Environmental Change* 48 (2018): 11-21.
- 3 Karaeva et al. "Family ISO 14000 standards as a tool of achieving environmental sustainability of enterprises." *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. Vol. 1126. No. 1. IOP Publishing, 2023.



# DESU-OEP-04: VALORIZACIÓN DE OTATE (*Guadua velutina*) Y BAGAZO DE CAÑA A TRAVÉS DE PROCESOS QUÍMICOS (ACETOSOLV) Y TÉRMICOS (PIRÓLISIS).

L. Fabiola Palomo González<sup>a</sup>, Emilio Cruz Barba<sup>b</sup>, Yolibeth Sánchez González<sup>a</sup>, Marco A. Sánchez Castillo<sup>a\*</sup>

<sup>a</sup> Fac. Ciencias Químicas, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, CP 78210, San Luis Potosí, S.L.P., MÉXICO.

<sup>b</sup> Depto. de Ingeniería Química, CUCEI, Universidad de Guadalajara, CP 44430, Guadalajara, Jal., MÉXICO.

\* [masanchez@uaslp.mx](mailto:masanchez@uaslp.mx)

## Introducción

En el contexto de una biorrefinería, la conversión de biomasa residual por métodos químicos y térmicos es una alternativa sostenible para producir energía limpia y productos químicos [1]. En una zona cañera del centro de México, la biomasa residual más abundante incluye el bagazo que resulta de la extracción del jugo de caña de azúcar y el otate (variedad local de bambú). En un esquema de economía circular, estos residuos son materia prima de múltiples productos de valor agregado, entre ellos la pulpa celulósica y el biochar. En este trabajo se hace una evaluación comparativa del potencial del otate y del bagazo de caña de azúcar para producir estos productos de interés comercial por métodos químicos y térmicos.

## Metodología

Las muestras de otate y bagazo de dos variedades de caña de azúcar se analizaron químicamente con las técnicas internacionales TAPPI. Las muestras fueron químicamente tratadas por el método ACETOSOLV, evaluando el efecto de la concentración de ácido y de la relación sólido/líquido, en el rendimiento y pureza de la pulpa celulósica obtenida, caracterizada por Análisis Termogravimétrico (TGA). Además, el potencial para producir biochar de las muestras de otate y de los bagazos se evaluaron con un tratamiento térmico en atmósfera inerte en un analizador TGA.

## Resultados

El análisis químico para el otate reportó un contenido de CEL 37 - 44 % y de LIG de 27 - 32%. El bagazo de caña MEX 55 exhibió un contenido similar de CEL (36 - 42 %) y menor contenido de LIG (16 - 18 %). La Fig. 1 ejemplifica que cuando el bagazo de caña MEX-55 (línea punteada) se somete al tratamiento ACETOSOLV, la curva DTG mostró la separación preferente de una pulpa celulósica (línea azul con T<sub>max</sub>=358 C vs T<sub>max</sub>=353 C para celulosa de referencia). Este efecto fue similar para el otate. El rendimiento a pulpa celulósica fue diferente para cada muestra y función de las condiciones de tratamiento y fue mayor para el bagazo de caña.

La figura 2 ejemplifica la pirólisis de la muestra de bagazo en el TGA. Perfiles similares de descomposición térmica se obtuvieron para otras muestras en estudio, pero el rendimiento a biochar fue mayor para la muestra de otate (35%), que se racionaliza por el mayor contenido de LIG; de acuerdo con la literatura, esta fracción propicia la formación de biochar al ser una estructura difícil de descomponer [2].

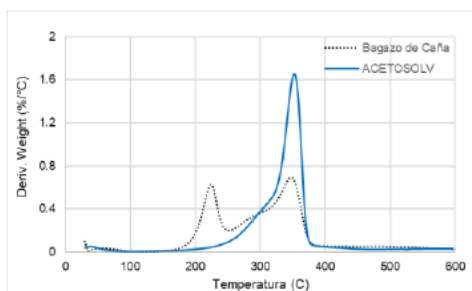


Figura 1. DTG pulpa celulósica (bagazo de caña MEX 55)

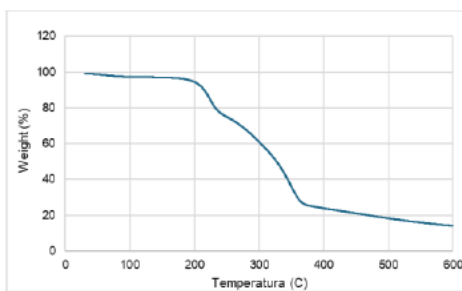


Figura 2. Pirólisis de bagazo de caña MEX 55

## Conclusiones

El bagazo de caña exhibió mayor rendimiento y selectividad para pulpa lignocelulósica, mientras el otate fue mejor para la producción de biochar. Los resultados validan a los productores el uso del tratamiento ACETOSOLV del bagazo y de la pirólisis de otate, para ampliar la cartera de productos que mejoren su economía, como premisa para generar bienestar en sus familias y comunidades.

## Referencias

- [1] Bautista, M. L., Castillo, R. O., Acosta, G. R. I., Garza, C. E., & Rodríguez, C. G. C. (2021). Aprovechamiento de bagazo de caña de azúcar 14(34), 39–43.
- [2] Amonette, J.E. and Joseph, S. (2009) Characteristics of Biochar: Microchemical Properties. In: Lehmann, J. and Joseph, S., Eds., Biochar for Environmental Management: Science and Technology, Earthscan.

# DESU-OCP-05: RETOS PARA LOGRAR LA SOTENIBILIDAD DE LA PIRÓLISIS DE BIOMASA RESIDUAL EN CAMPO

L. Fabiola Palomo González<sup>a</sup>, Venancio Martínez Valentín<sup>b</sup>, Marco A. Sánchez Castillo<sup>a\*</sup>,

<sup>a</sup> Fac Ciencias Químicas, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, CP 78210, San Luis Potosí, S.L.P., MÉXICO.

<sup>b</sup> Productor piloncillero, El Barrancón, Tanlajás, S.L.P., 79810, MÉXICO

\* [masanchez@uaslp.mx](mailto:masanchez@uaslp.mx)

## Introducción

El biocarbón es un sólido poroso rico en carbono que se obtiene de la conversión termoquímica de la biomasa residual en atmósfera inerte (pirólisis) [1]. El tipo de biomasa residual y las condiciones de operación determinan el uso comercial del biocarbón. En comunidades rurales, existe el interés de usar biochar como sustrato, aditivo o mejorador agrícola, o bien, complementado con minerales y microorganismos, como fuente de ingreso para familias en condiciones socioeconómicas precarias. En este trabajo se evaluaron los sistemas de producción de biocarbón en campo y la gran cantidad de energía desperdiciada en el proceso alertó de la necesidad de identificar los retos para lograr la viabilidad técnica y económica. Es imprescindible realizar Análisis de Ciclo de Vida para definir las estrategias que garanticen la sostenibilidad del proceso.

## Metodología

La biomasa residual pirolizada en campo fue otate (*Guadua velutina*) con una composición distinta de 37 – 44% CEL y 27 – 32% LIG. La pirólisis se realizó en 2 hornos diferentes. Un horno del tipo Kon-Tiki de (70X70 X460 cm) de paredes cónicas, enterrado en el suelo. Otro horno fue una paila metálica (57X28X179 cm) de fondo semicircular, soportado en el suelo. En cada horno, el proceso consiste en iniciar la combustión de una cama lineal de otates en el fondo del reactor. Cuando la combustión del otate se hace evidente, se coloca entonces una segunda cama de otates, que se encienden con el fuego de la primera cama y agotan el oxígeno en la primera cama que, en consecuencia, solo queda expuesta a una la descomposición estructural por efecto térmico [2]. El proceso continúa colocando camas sucesivas de otates hasta completar la carga total del pirolizador. En este punto se apaga el fuego y se deja enfriar el biochar resultante en las capas interiores.

## Resultados y Análisis

Las estrategias en campo de producción de biochar demandan poca infraestructura, pero tienen múltiples retos para lograr la eficiencia, calidad y sostenibilidad del proceso. En particular, la pirólisis demanda gran

cantidad de energía; esta se suministra a partir de biomasa residual, pero con una muy baja eficiencia y notorias emisiones de GEI. La solución de estos retos demanda tecnologías de pirólisis más avanzada que impliquen la recuperación de energía y de los subproductos; sin embargo, estas son costosas e inaccesibles para las comunidades rurales. Es imperativo hacer el análisis de ciclo de vida (ACV) de la producción de biochar a partir de biomasa residual, incluyendo la recolección y transporte de biomasa residual, la eficiencia energética, la emisión de contaminantes, la gestión de los subproductos, la evaluación de los impactos de las aplicaciones del biochar, la evaluación de la huella de carbono, el impacto de los programas de capacitación y educación en las comunidades rurales y el impacto social y económico a nivel local.

## **Conclusión**

El ACV identifica, caso por caso, las condiciones de operación de la pirólisis de biomasa residual con impactos negativos mínimos para el medio ambiente. Además, permite validar el cumplimiento de las normativas vigentes y, sobre todo, la reducción del consumo de energía requerida y la viabilidad y/o rentabilidad económica de la pirólisis de biomasa residual, abriendo una alternativa para contribuir al bienestar socioeconómico de las comunidades.

## **Referencias**

- [1] S.P. Sohi, E. Krull, E. Lopez-Capel, R. Bol, (2010), Chapter 2 - A Review of Biochar and Its Use and Function in Soil, *Advances in Agronomy*, Academic Press, 105, 47-82.
- [2] Amonette, J.E. and Joseph, S. (2009) Characteristics of Biochar: Microchemical Properties. In: Lehmann, J. and Joseph, S., Eds., *Biochar for Environmental Management: Science and Technology*, Earthscan.

# DESU-OCP-06: Capacho de uchuva como potencial adsorbente de Eritrosina

Manuela Ignacia Gaibao Alvarez<sup>a\*</sup>, María Camila Lora Agudelo<sup>a</sup>, Cristian David Gallego<sup>a</sup>, Angelina Hormaza<sup>b</sup>

*a Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín, Facultad de Minas, Medellín, Colombia, 050034*

*b Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín, Facultad de Ciencias, Medellín, Colombia, 050034*

*Email: \*mgaibao@unal.edu.co*

## Resumen

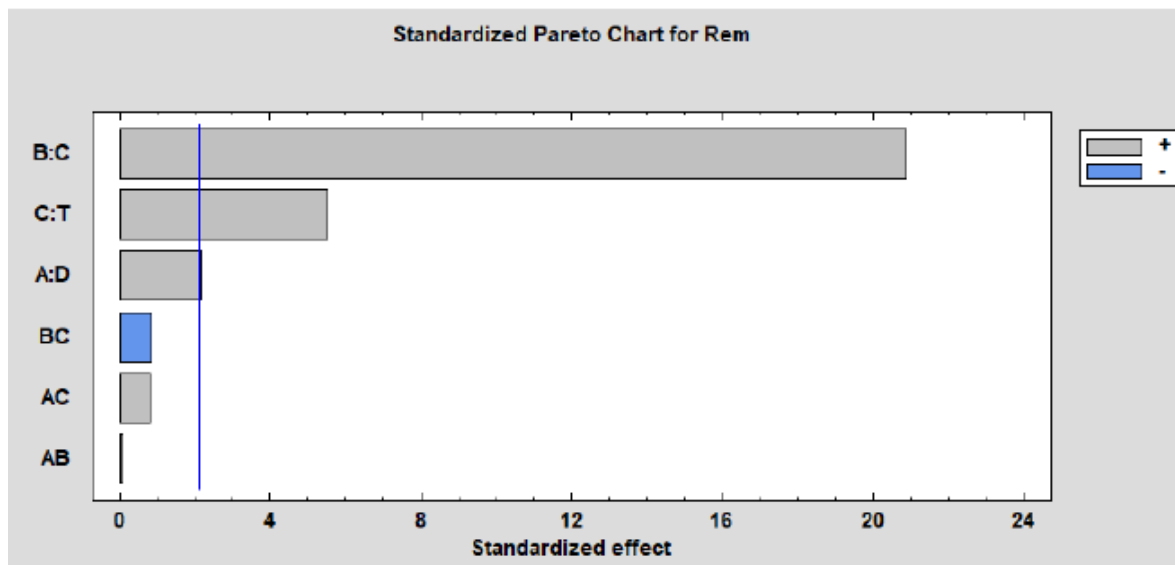
La eritrosina, también conocido como FD&C Red 3 o Acid Red 51, es un colorante aniónico ampliamente utilizado en la industria alimentaria, farmacéutica y textil [1]. Su presencia en aguas residuales industriales representa una grave amenaza para la salud pública, se han identificado efectos cancerígenos tras el consumo de 200 miligramos diarios durante 14 días [2]. Por otro lado, el capacho de uchuva (CU) es un residuo agrícola, cuya acumulación se estima entre 3 y 9 toneladas al mes, que se destina principalmente a la producción de compost [3]. Para el tratamiento de efluentes colorados, existen diversas metodologías, tales como la floculación, oxidación avanzada, fotocátalisis heterogénea y ozonización, entre otras. Sin embargo, la remoción con adsorbentes no convencionales representa una alternativa eficiente, novedosa y de bajo costo. Así, este trabajo se enfocó en la evaluación de la capacidad adsorbente del CU en la remoción de eritrosina.

**Metodología:** Se implementó un diseño factorial 23 con punto central para un total de 27 experimentos y sus respectivas réplicas, siendo los factores evaluados el tiempo de contacto, la dosificación de adsorbente y concentración de colorante. Se utilizaron Erlenmeyers de 50 mL, con la dosificación de CU y solución de colorante correspondiente, una agitación constante a 180 rpm y tras el tiempo de contacto, se cuantificó el colorante a  $\lambda = 526$  nm mediante espectrofotometría UV-Vis. Para el análisis de resultados se utilizó el software Statgraphics 19 - X64.

**Resultados:** El diagrama de Pareto señala que el factor más significativo en el proceso de adsorción es la concentración del colorante, con un efecto positivo. También, con un efecto positivo, se encuentra el tiempo de contacto. Por otro lado, la dosificación, y las interacciones entre los factores resultaron no significativos, (Figura 1). También se llevó a cabo el test de múltiples rangos de Tukey para identificar si existen diferencias significativas entre las medias de los grupos, se encontró que altas dosificaciones y tiempos de contacto prolongados, a concentraciones altas de colorante, conducen una alta eficiencia de remoción de la eritrosina. El mayor porcentaje de remoción alcanzado fue del 98.50% bajo las siguientes condiciones: 120 min de tiempo

de contacto, 40 mg L<sup>-1</sup> de concentración inicial de colorante y 15 g L<sup>-1</sup> de dosificación de CU.

Los resultados obtenidos evidencian que el CU representa un promisorio adsorbente no convencional, cuya capacidad adsorbente posibilita el escalado de este proceso como una alternativa viable y sostenible para la remoción de este colorante.



**Figura 1.** Diagrama de Pareto de la adsorción de eritrosina sobre CU.

## Referencias

- [1] Gupta, V. K., Mittal, A., Kurup, L., & Mittal, J. *Energy & Fuels* 22 (2008) 2104-2109.
- [2] EFSA Panel on Food Additives and Nutrient Sources added to Food (ANS). (2011. *EFSA Journal*, 9(1), 1854.
- [3] Fetiva Quintero, E. J., & González Sánchez, D. F. (2021). DETERMINACIÓN DE LA VIABILIDAD TECNOLÓGICA DEL CÁLIZ DE UCHUVA (PHYSALIS PERUVIANA) [Universidad de la Salle]. [https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1740&context=ing\\_alimentos#:~:text=Según%20cifras%20proporcionadas%20por%20la,este%20residuo%20principalmente%20para%20compost.](https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1740&context=ing_alimentos#:~:text=Según%20cifras%20proporcionadas%20por%20la,este%20residuo%20principalmente%20para%20compost.)



# DESU-OEV-07: Diseño de una columna de extracción líquido-líquido para el proceso de recuperación de cobalto a partir de residuos electrónicos

Daniel Quintero Almanza<sup>\*a</sup>, Zeferino Gamiño Arroyo<sup>a</sup>, Fernando Israel Gómez Castro<sup>a</sup>, Lorena Eugenia Sánchez Cadena<sup>b</sup>, Agustín Ramón Uribe Ramírez<sup>a</sup>

*a* Departamento de Ingeniería Química, Universidad de Guanajuato, Guanajuato, México C.P. 36050

*b* Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental, Universidad de Guanajuato, Guanajuato, México C.P. 36000

Email: [danielquintero92@live.com.mx](mailto:danielquintero92@live.com.mx)

## Resumen

**Introducción.** En el presente trabajo se desarrolla el dimensionamiento de una columna de extracción líquido-líquido para recuperar el cobalto a partir de desechos de baterías de teléfonos móviles, mediante el cálculo de coeficientes globales de transferencia de masa [1][2]. En la actualidad el uso de telefonía celular es una realidad para un alto porcentaje de la población mundial, sumado a esto se ofertan equipos más sofisticados a precios más accesibles, por lo que las personas deciden fácilmente renovarlo, sin preocuparse por la cantidad de desechos que esta situación genera. Según la estadística de la *GSMA*, en 2023 en Latinoamérica poco más de 690 millones de personas usan un teléfono móvil [3].

**Experimentación.** Se hace la lixiviación en medio ácido ( $H_2SO_4$ ) de la materia prima obtenida de los desechos de las baterías para tener el cobalto en solución acuosa. Para la cuantificación del cobalto se utiliza espectroscopia de absorción atómica (EAA). Se hacen experimentos de extracción en batch con una proporción de volúmenes de la fase acuosa y de la fase orgánica (10 mL:10 mL); para determinar las mejores condiciones de operación, variando los parámetros: pH, concentración de extractante y tiempo de contacto entre fases. Con las mejores condiciones experimentales, se elabora la isoterma de extracción con diferentes relaciones de fases orgánica (O) y acuosa (A) [4]. Con los datos de la isoterma, se calcula el número de unidades de transferencia de masa, mediante un ajuste de datos y el cálculo del área bajo la curva de las concentraciones de cobalto en las fases. Para calcular el coeficiente global de transferencia de masa, se realiza un experimento en donde se burbujea la fase orgánica (dispersa) en una columna llena de fase acuosa (continua) y se miden las concentraciones inicial y final, así como el tamaño y el número de gotas y el tiempo de burbujeo. Con dicho coeficiente, es posible calcular la altura equivalente de cada etapa teórica; con este dato y el número de unidades de transferencia, es posible determinar la altura de la columna empacada.

**Resultados.** En la Figura 1, se muestra la isoterma generada con diferentes relaciones de volúmenes de fases, realizados a un pH de 6, usando una concentración de extractante tipo Cyanex de 0.4 mol/L diluido en

queroseno y con un tiempo de contacto de fases de 10 min. En la Figura 2, se muestra el gráfico generado para obtener una función que se evalúa analíticamente en la Ecuación 1, y que da como resultado 1.26 unidades de transferencia de masa.

$$N_T = \int_{C_0}^{C_f} \frac{1}{(C-C^*)} dC = 1.26 \quad (1)$$

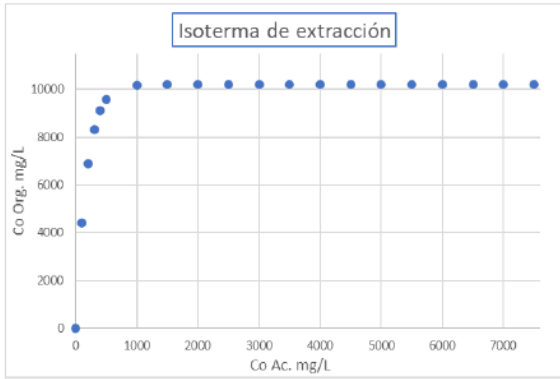


Figura 1. Isoterma de extracción con  $X_i=10\text{g/L}$ ; [Cyanex]=0.4 mol/L, pH=6, Tiempo=10 min.

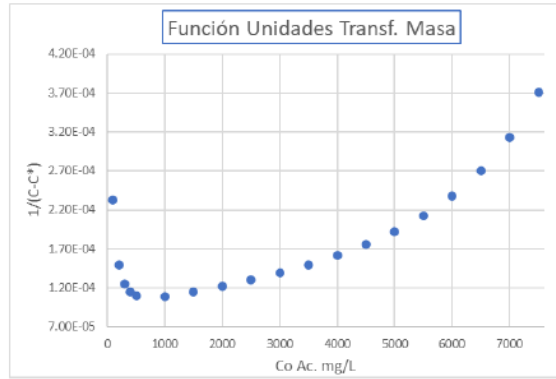


Figura 2. Curva generadora de función para el cálculo de unidades de transferencia de masa.

El coeficiente global de transferencia de masa se calcula con la Ecuación 2, que relaciona el flux de masa con las fracciones molares de cobalto en la solución.

$$K_{m_A} = \frac{N_A}{PM_{Co} * (\hat{y}_{Co} - y_{Co})} = \frac{5.26E-5 \frac{kg}{h m^2}}{58.933195 \frac{kg}{kmol} * ((1.42E-6) - (1E-7))} = 0.674173 \frac{kmol}{h m^2} \quad (2)$$

La altura equivalente de las unidades de transferencia de masa se calcula con la Ecuación 3, que relaciona el flux molar del cobalto con el coeficiente global de transferencia y el área específica del material de empaque usado en la columna.

$$H_T = \frac{U_A}{K_{m_A} * a} = \frac{164.8382 \frac{kmol}{h m^2}}{0.674173 \frac{kmol}{h m^2} * 364 \frac{m^2}{m^3}} = 0.6717 m \quad (3)$$

Con la Ecuación 4, se calcula la altura de la columna empacada, para llevar a cabo la extracción líquido-líquido a contracorriente del cobalto contenido en la solución lixiviada.

$$h = N_T * H_T = 0.9 m \quad (4)$$

**Conclusiones.** Se establecieron las mejores condiciones de extracción de cobalto proveniente de la lixiviación de un óxido de litio-cobalto presente en baterías de teléfonos móviles. Se propone un modelo matemático que

permite el cálculo de las unidades de transferencia de masa necesarias para la extracción de cobalto en un rango de concentración de 9 a 12 g/L en una columna empacada, lo cual permite proponer este proceso para la recuperación de cobalto de estos materiales.

## Referencias

- [1] Kumari Jha, Amrita et al, "Selective separation and recovery of cobalt from leach liquor of discarded Li-ion batteries using thiophosphinic extractant. *Separation and Purification*. Vol. 104, No. 5, p. 160-166. 2013.
- [2] Treybal, R.E.; "Mass Transfer Operations". McGraw Hill Book Co. 2<sup>a</sup> ed., New York, 1968.
- [3] Groupe Speciale Mobile Association.
- [4] Kumari Jha, Amrita et al, "Selective separation and recovery of cobalt from leach liquor of discarded Li-ion batteries using thiophosphinic extractant. *Separation and Purification Technology*. Vol. 104, No. 5, p. 160-166. 2013.

# DESU-OEV-08: Desarrollo de materiales compuestos sustentables reforzados con fibra natural de agave residual del proceso del tequila

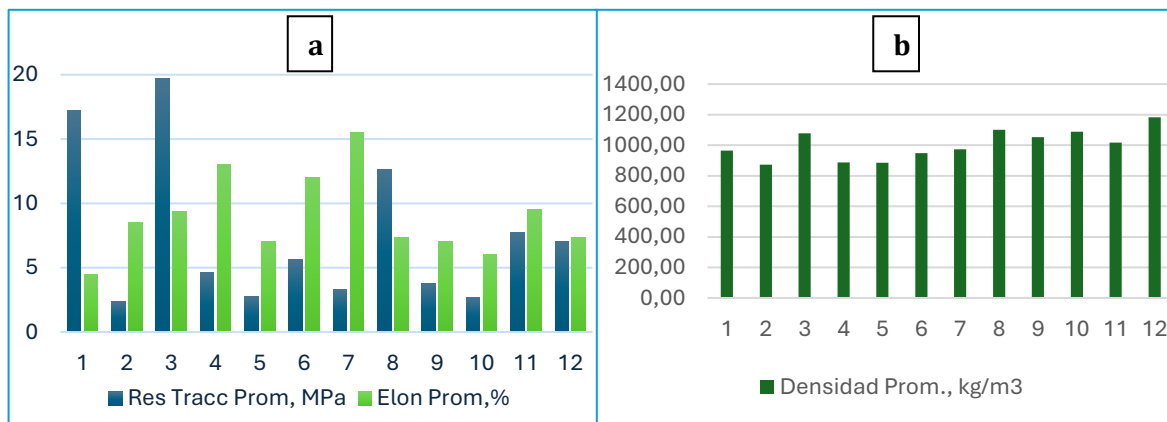
Israel Dávila-Pérez<sup>1\*</sup>, Juan Carlos Tapia-Picazo<sup>1</sup>, Daniel Alcalá-Sánchez<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Ingeniería Química, Instituto Tecnológico de Aguascalientes, Aguascalientes, México, 20255

Email: \*iq.israeldav@gmail.com

## Resumen

Los materiales compuestos son estructuras macroscópicas resultantes de la combinación de dos o más materiales distintos, donde no ocurre una interacción química entre las fases involucradas. Cada fase preserva sus propiedades intrínsecas, sin mezclarse ni diluirse completamente en la otra [1],[2]. Se realizó un diseño de experimento Taguchi L12 con 11 variables a 2 niveles para evaluar las propiedades fisicoquímicas y mecánicas de materiales compuestos elaborados con una resina epoxica reforzado con 2 tipos de fibras de agave naturales residuales del proceso de tequila. Al refuerzo se le realizaron modificaciones superficiales con dos tipos de soluciones alcalinas para favorecer la interacción refuerzo-matriz y mejorar sus propiedades tales como resistencia a la tracción, elongación y densidad. Los resultados más relevantes se muestran en la figura 1.



**Figura 1.** Resultados de resistencia a la tracción y elongación (a) y densidad (b) en el diseño de experimentos L12.

El tratamiento superficial demostró aportar a la mejora de las propiedades fisicoquímicas y mecánicas del material compuesto, obteniendo una resistencia a la tracción máxima de 19.68 MPa en el experimento 3, una elongación máxima de 15.5% en el experimento 7 y una densidad mínima de 873.14 kg/m<sup>3</sup> en el experimento 2.

## Referencias

[1] E. Bayraktar, «Composite Materials and Technologies», en *Reference Module in Materials Science and Materials Engineering*, Elsevier, 2017, p. B9780128035818041084. doi: 10.1016/B978-0-12-803581-8.04108-4.

[2] V. Sánchez Morales *et al.*, «Using Plantain Rachis Fibers and Mopa-Mopa Resin to Develop a Fully Biobased Composite Material», *Polymers*, vol. 16, n.º 3, p. 329, ene. 2024, doi: 10.3390/polym16030329.

# DESU-OEV-09: Síntesis de catalizadores Sn/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> funcionalizados para la valorización de derivados de biomasa en medio acuoso

Sandra Z. Romero<sup>a</sup>, Pablo J. Luggren<sup>a</sup>, Verónica K. Díez<sup>a\*</sup>

*a Grupo de Investigación en Ciencia e Ingeniería Catalíticas (GICIC), Instituto de Investigaciones en Catálisis y Petroquímica (INCAPE, CONICET-UNL). Predio CONICET, Colectora RN N°168 Km 0, Santa Fe, Argentina, 3000.*

*Email: verodiez@fiq.unl.edu.ar*

## Resumen

La producción de químicos derivados de biomasa ha despertado un interés creciente debido a la necesidad de promover una economía circular y mitigar los impactos ambientales del cambio climático. La materia prima celulósica es especialmente atractiva para convertirla en productos de alto valor agregado, como el ácido láctico (LA), el cual es ampliamente usado en la industria alimentaria y en la fabricación de polímeros biodegradables. El LA se obtiene tradicionalmente a través de la fermentación de carbohidratos o mediante síntesis química, ambos procesos tienen limitaciones en términos de costos y sostenibilidad ambiental [1]. Este trabajo investiga la síntesis de LA a partir de dihidroxiacetona (DHA) derivada de biomasa, en medio acuoso, por lo que se requiere catalizadores capaces de resistir la presencia de agua. Para ello, se prepararon catalizadores sólidos basados en Sn soportados sobre Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Para mejorar su resistencia al agua, los sólidos obtenidos de Sn/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> se funcionalizaron con trimetilclorosilano (TMCS). El proceso experimental incluyó la síntesis mediante impregnación a humedad incipiente de los catalizadores denominados xSnAl, siendo x el contenido de Sn (x = 3.9 y 8.5 % en peso según análisis por ICP), seguidos por la modificación con TMCS. Los catalizadores se caracterizaron para analizar sus propiedades texturales, estructurales y de resistencia al agua. Los materiales xSnAl exhiben áreas superficiales BET de aproximadamente 200 m<sup>2</sup>/g, y presentan únicamente la fase  $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>,

determinada por XRD. Luego de la funcionalización con TMCS, no se observaron cambios significativos en las propiedades texturales y estructurales. El análisis por FTIR de la muestra funcionalizada confirmó la interacción del TCMS con los sitios OH<sup>-</sup> del soporte. Para evidenciar la resistencia al agua generada en los sólidos tratados con TMCS, se realizaron mediciones de ángulo de contacto ( $\theta$ ), ya que a mayor valor de  $\theta$ , menor es la interacción del material con el agua. La funcionalización con TMCS produce una modificación superficial en la muestra xSnAl, que se traduce en un aumento de tres veces del valor de  $\theta$  para los catalizadores funcionalizados (28.1°) respecto del sólido sin funcionalizar (9.5°). Finalmente, los ensayos catalíticos se realizaron en un reactor marca Parr discontinuo, a 353 K y 373 K. Los resultados evidencian que bajas cargas de estaño (Fig. 1a) y condiciones moderadas son suficientes para alcanzar rendimientos altos (Fig. 1b), obteniéndose rendimientos a LA (YLA) del 64% a 373 K empleando 3.9SnAl-TMCS. Los resultados

destacan la importancia de las especies TMCS en la mejora de la actividad catalítica, al incrementar la resistencia al agua del catalizador y favorecer una conversión eficiente de DHA (XDHA) en LA.

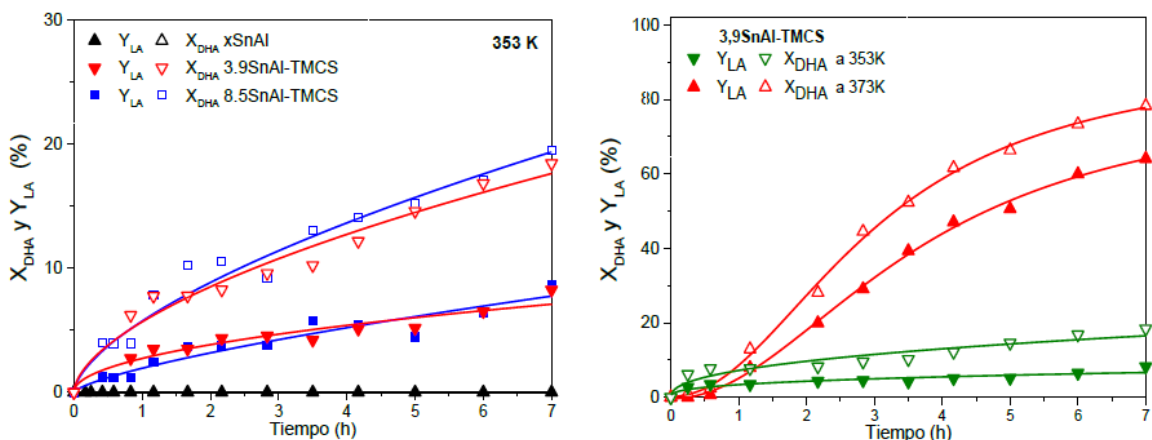


Figura 1. a) Influencia del contenido de Sn y b) de variar la temperatura de reacción.

## Referencias

- [1] M.A. Hossain, K.N. Mills, A.M. Molley, M. Shahinur Rahaman, S. Tulaphol, S. B. Lalvani, J. Dong, M. K. Sunkara, N. Sathitsuksanoh. *Applied Catalysis A: General* 611 (2021) 117979.

# DESU-OCP-10: Diseño de planta piloto para producir ladrillos a partir de lodos de potabilización de agua

\*Walter Pardavé Livia<sup>a</sup>, Paula Mendoza Rojas<sup>b</sup>

*a Universidad de Santander, Instituto de Investigación XERIRA, Bucaramanga, Colombia 610003*

*b Universidad de Santander, Programa de Ingeniería Ambiental, Bucaramanga, Colombia 610003*

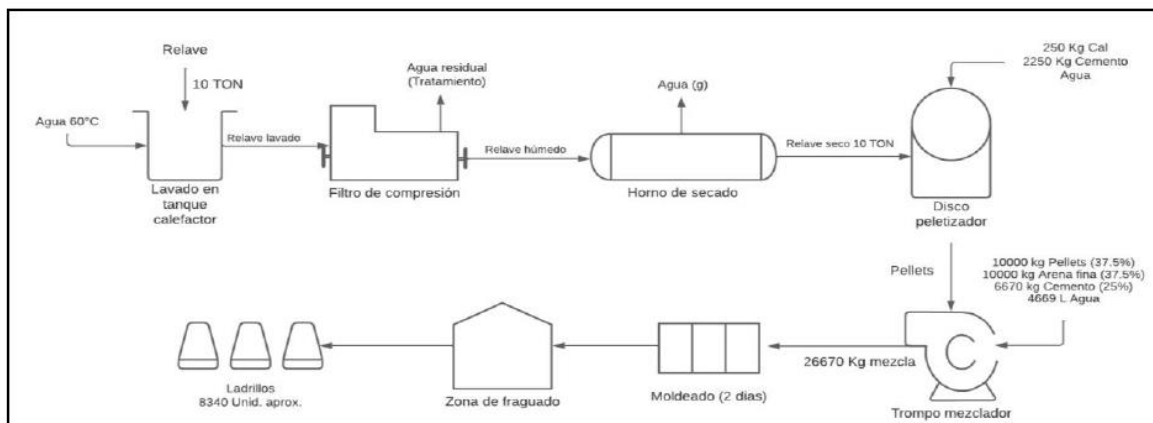
## Resumen

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo proponer una solución ante el reto planteado por una empresa de potabilización de agua, que consiste en una posible recuperación y reuso del sulfato de aluminio y el aprovechamiento de los residuos filtrados mediante su incorporación como parte de la materia prima en la fabricación de ladrillos para el cual se ha estudiado diversas combinaciones o dosis de lodos y su impacto en variables como la resistencia a la compresión y la absorción de humedad. Este proyecto incluye la investigación de la mezcla adecuada con el lodo, pruebas de viabilidad del producto y propuesta de planta piloto para fabricación de ladrillo a partir de lodos de potabilización de agua.

Inicialmente, se llevó a cabo el lavado del lodo con agua a 60°C, esto con el fin de remover agentes químicos. Este lavado se realizó con la ayuda de una plancha de calentamiento eléctrica y un agitador para favorecer el contacto entre el agua y las partículas. A continuación, se realizó el filtrado de la pulpa en un filtro prensa para así obtener una “torta” de relave húmedo que se dispone a un secado en estufa de calentamiento durante 24 horas.

Finalmente, se llevó a cabo el proceso de peletización con el fin de encapsular los metales pesados y así mismo reducir su área superficial expuesta al ambiente, mitigando su interacción con la misma. Este proceso se llevó a cabo en un disco peletizador, disponiendo una mezcla de 80% relave, 18% cemento y 2% cal, a la cual se le añade agua gradualmente para favorecer la formación de los pellets, los cuales fueron secados y almacenados posteriormente.

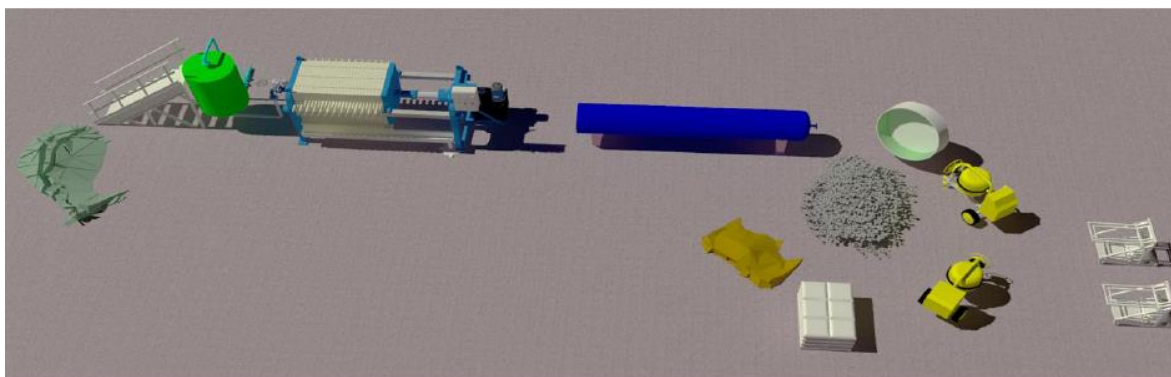
La figura 1 muestra el flujograma seleccionado, que incluye etapas, variables, balance de materia y cálculos para una capacidad de tratamiento de 10 ton/día de lodos.



**Figura 1.** Flujograma y balance de materia para 10 toneladas de lodos Fuente: Autores

En la figura 2 se presenta el reinder 3D de la planta piloto que se propone para producir el ladrillo a partir de lodos, con ello se busca un enfoque de economía circular, dar un valor agregado a los lodos que se disponía a la intemperie y que se podría por primera vez ubicar en un lugar cercano a la producción de una planta de potabilización de agua.

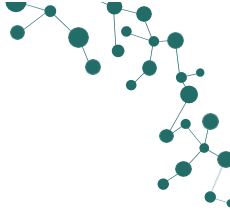
Es viable técnica, económica y ambientalmente producir ladrillo a partir de lodos de potabilización de agua.



**Figura 2.** Reinder 3D de planta piloto para ladrillo a partir de lodos. Fuente: Autores

## Referencias

- [1] Duc Nguyen m., Thomas, Aravind M., Ellen M S. and Milne N. (2022). Beneficial reuse of water treatment sludge in the context of circular economy. Elsevier. Environmental Technology & Innovation. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2022.102651>
- [2] Verrelli, D. R., Dixon, P. J. and Scales P. (2010). Assessing dewatering performance of drinking water treatment sludges. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2009.10.036>
- [3] Hmad T., Ahma K, Ahad A. and, Alam M. (2016). Characterization of water treatment sludge and its reuse as coagulant. Elsevier. Journal of Environmental Management. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.08.010>
- [4] Keeley J., Jarvis P., Andrea D. Simon J S. (2016). Coagulant recovery and reuse for drinking water treatment. Elsevier. Water Research. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2015.10.038>
- [5] Smol M., Adam C., Preisner M. (2020). Circular economy model framework in the European water and wastewater sector. J. Mater. Cycles Waste Manage, pp. 1-16. <https://doi: 10.5004/dwt.2020.25113>



# DESU-OEV-11: Estudio de la obtención de estructuras carbonosas bidimensionales mediante tratamiento térmico de carrizo (*Phragmites australis*) en atmósfera de aire.

Raúl Pareja-Rodríguez<sup>1</sup>, Enelio Torres-García<sup>2</sup>, Rocío Martínez-Flores<sup>3</sup>, Geonel Rodríguez-Gattorno<sup>1</sup>.

1 Departamento de Física Aplicada, CINVESTAV-IPN, Carr. Antigua a Progreso km. 6, CORDEMEX, 97310, Mérida, Yucatán, México.

2 Instituto Mexicano del Petróleo, Eje Central Lázaro Cárdenas Norte 152, 07730, Ciudad de México, México.

3 Tecnológico Nacional de México, TecNM, Instituto Tecnológico Superior de Monclova, Carretera 57 km. 4.5, 25733, Monclova, Coahuila, México.

## Resumen

La investigación que llevamos a cabo se centra en el estudio de la ruta termocinética de degradación y la formación de biocarbones tipo grafeno a partir de carrizo (*Phragmites australis*) en una atmósfera de aire, prescindiendo de cualquier activación química. En el presente estudio, se han identificado áreas de temperatura crítica que proporcionan datos acerca de la evolución estructural compleja de la dimensionalidad de los biocarbones derivados. La combinación de diversas técnicas de caracterización se emplea con el fin de analizar el impacto de la temperatura en la estructura de los materiales obtenidos. A partir de 345 °C, se puede observar la formación de estructuras similares al grafeno mediante la aparición de patrones Raman característicos y planos grafiticos en la difracción de rayos X. El aumento de la temperatura justifica el incremento en la proporción relativa de biocarbones bidimensionales. Esto se debe a la disminución gradual de la relación H/C y la relación ID/IG, que alcanzan valores de 0.27 y 1.27 respectivamente. Además, el tamaño lateral en el plano llega a valores cercanos a 10 nm. El análisis de Espectroscopia Fotoelectrónica de Rayos X (XPS) verifica que la proporción relativa de carbono bidimensional experimenta un incremento gradual, alcanzando un 47 % a una temperatura de 600 °C. Estos datos evidencian que el incremento de la temperatura promueve la creación de dichas estructuras. Durante el proceso de descomposición de esta biomasa, se forma una atmósfera autógena que regula los procesos de combustión, promoviendo la formación de áreas bidimensionales en las que predominan los carbonos con hibridación sp<sup>2</sup>. La capacidad de producir biocarbones bidimensionales a partir de biomasa a bajas temperaturas y en presencia de atmósferas no inertes representa un avance significativo en la investigación tecnológica, lo cual posibilita soluciones más económicas que facilitan la aplicación generalizada de los materiales tipo grafeno y sus derivados.

# DESU-OEP-12: Aprovechamiento de residuos de la cadena láctea a través de la codigestión anaerobia para la obtención de biogás en reactores semicontinuos

Wilson Herrera, Ángel López, Miguel Casallas, Iván Cabezas, Bernay Cifuentes\*

a Universidad de La Salle, Facultad de Ingeniería, Bogotá, Colombia, 111711

b Universidad de La Sabana, Grupo de Investigación en Energía, Materiales y Ambiente, Chía, Colombia, 250001

Email: a bcifuentes@unisalle.edu.co

## Resumen

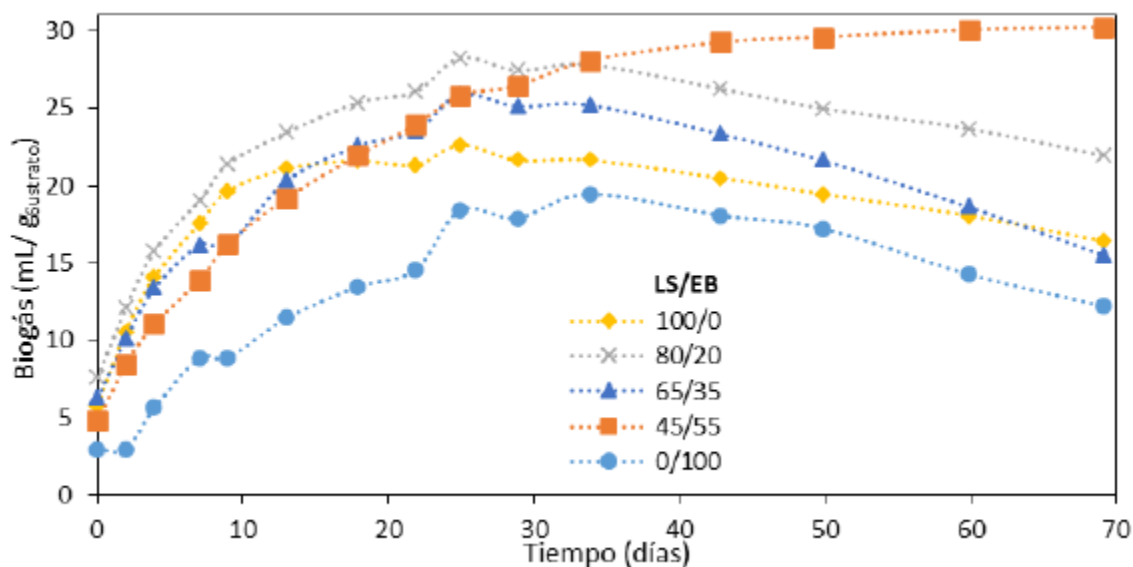
Colombia enfrenta un rápido aumento en la demanda energética, con un crecimiento de más de 350 PJ entre 2022 y 2030 [1]. Además, el país sigue dependiendo de combustibles fósiles, lo que hace prioritaria la exploración de fuentes alternativas de energía, especialmente en la agroindustria. Por ejemplo, el sector lácteo genera más de 1000 t de lactosuero (LS) y cerca de 100 Mt de estiércol bovino (EB) al año [2], residuos que representan un problema ambiental. Sin embargo, tienen potencial para ser valorizados como energía mediante la co-digestión anaerobia [3]. Este proyecto evaluó la co-digestión de LS y EB a temperatura psicrófila (20 °C), utilizando un sistema semicontinuo de laboratorio. Se caracterizaron los sustratos y se realizaron ensayos *Batch* iniciales para determinar el Potencial de Producción de Biogás (PBM) con distintas concentraciones de LS y EB. A partir de estos resultados, se desarrollaron ensayos en reactores semicontinuos de 5 L.

La Tabla 1 muestra que el LS y el EB son sustratos complementarios, ya que el LS favorece la acidificación y el EB permite neutralizar el pH y ser una fuente de nutrientes. En los ensayos de PBM se encontró que un 45% de LS y 55% de EB favorece una mayor producción de biogás (Figura 1).

**Tabla 1.** Caracterización fisicoquímica del EB, LS e inóculo (IN).

Parámetro	Unidad	IN	EB	LS
NKT	% (p/p)	0.16	0.56	0.16
pH	-	7.80	7.92	5.59
SV	g / L	13.85	100.46	55.10
AGVs	mg CH <sub>3</sub> COOH / L	852.00	1074.00	5856.00

Abreviaturas: NKT Nitrógeno Kjeldahl Total; SV sólidos volátiles; AGVs ácidos grasos volátiles



**Figura 1.** Producción de biogás durante ensayo PBM para varias proporciones LS/EB.

Además, el sistema semicontinuo mostró que la co-digestión produce hasta 2.6 veces más biogás, convirtiéndose en una opción para gestionar estos residuos y generar energía en el sector lácteo. Este es un avance en la valorización de residuos agroindustriales para la obtención de energía de los proyectos 441-2023 financiado por Minciencias y INGPHD-50-2022 de la Universidad de La Sabana.

## Referencias

- [1] UPME, Proyección de la demanda de energía eléctrica y potencia 2023-2037, Bogotá, 2023.
- [2] G.A. Gómez Saldaña, Propuesta para la pulverización de lactosuero que se genera en la producción de quesos en Bogotá..., 2020.
- [3] M. Casallas, L.E. Torres, D.M. Caicedo-Concha, M.F. Gómez. *Sustainability* 13 (2021) 12892.

# DESU-OCP-13: Valorización de residuos agroindustriales del arroz en la síntesis de sílice mesoporosa con potenciales aplicaciones medioambientales

Ginna Niyireth Navarro Duarn<sup>a</sup>, Elizabeth Pabon Gelves<sup>a</sup>, Maurin Salamanca<sup>a</sup>, Cesar Jaramillo-Paez<sup>b\*</sup>.

<sup>a</sup> Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia, 050036

<sup>b</sup> Universidad del Tolima, Ibagué, Colombia, 730006299

Email: <sup>a</sup> cajaramillopa@ut.edu.co

## Resumen

La producción de arroz (*Oryza sativa*) es una de las actividades agrícolas más importantes a nivel mundial. Este cultivo genera alrededor de 120 millones de toneladas de residuos al año. Dentro de estos residuos la cascarilla de arroz (CA), está compuesta por un 50% de celulosa, un 25-30% de lignina y un 15-20% de sílice [1]; La presencia de silicio dificulta su biodegradación por ello, la CA es vertida en el suelo o quemada en campo abierto, proceso que libera contaminantes como SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, CO y material particulado PM10 y PM2.5, lo que contribuye significativamente a la contaminación atmosférica y graves problemas de salud [2]. Por lo tanto, es de gran importancia procesar este residuo para transformarla en materiales de valor agregado y lograr una economía circular basada en las 3R (reducir, reutilizar y reciclar). [3]. Los materiales de sílice mesoporosa (MSM) se destacan por su gran superficie específica, elevado volumen de poros, tamaño de poro ajustable y morfología

uniforme, estas características las hacen adecuadas para diversas aplicaciones en catálisis, adsorción y otros campos [4]. La materia prima utilizada para la síntesis de MSM principalmente es el tetraetilortosilicato (TEOS), que es un reactivo costoso. En contraste, la extracción de sílice a partir de la CA usa métodos simples, y rentables debido al uso de productos químicos económicos y reduce el impacto ambiental [5].

En este estudio, el Si fue extraído de la CA mediante un proceso de lavado con HCl y calcinación. La ceniza calcinada se expuso a un reflujo con NaOH, lo que permitió la obtención de Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>. Durante la síntesis se usó Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>. Como fuente y el bromuro de hexadeciltrimetilamonio como agente estructurante. Se evaluaron diferentes condiciones de pH, concentraciones de Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> y volumen de agua, con el objetivo de obtener el material con las mejores propiedades cristalinas. La caracterización del MSM se realizó mediante difracción de rayos X (DRX), fluorescencia de rayos X (XRF) e isoterma de adsorción-desorción de nitrógeno. Los resultados obtenidos mediante la caracterización de los materiales muestran cuatro señales en los ángulos 2θ correspondientes a 2.4°, 4.2°, 4.9° y 22.1° característicos de una estructura mesoporosa de sílice en el DRX. La XRF reveló una pureza de sílice del 96%, mientras que la fisisorción de nitrógeno confirmó la presencia de una estructura porosa, con una alta área superficial. Los resultados obtenidos en este estudio demuestran la

viabilidad de utilizar residuos agroindustriales como la cascarilla de arroz para la síntesis de materiales mesoporosos.

## Referencias

- [1]S. S. Shukla, R. Chava, S. Appari, B. A, and B. V. R. Kuncharam, *J. Environ. Chem. Eng.*, 10, (2022) 106899.
- [2]H. H. A. Matin, S. Syafrudin, and S. Suherman, *Kemas*, 18, (2023) 431–436.
- [3]P. U. Nzereogu, A. D. Omah, F. I. Ezema, E. I. Iwuoha, and A. C. Nwanya, *Hybrid Adv.*, 4, (2023) 100111.
- [4]N. Adriana, A. Razak, N. Hidayati, M. Shafiq, and M. Shayuti, *J. Environ. Chem. Eng.*,10, (2022) 107322.
- [5]A. S. Costa and C. M. Paranhos, *Microporous and Mesoporous*,309 (2020) 110570.

# DESU-OCP-14: Production of Alumina 99.8% from tailings from the Benefit of bauxite

Bárbara da Rocha Pereira a, Morgana Rosseta\*, Giovani Pavoski a, Denise Croce Romano Espinosa, Jorge Alberto Soares Tenório a

a Universidade de São Paulo, USP, São Paulo, Brazil, 01246904

## Resumen

Bauxite is a rock composed of various metallic oxides, such as silicon oxide, titanium oxide, iron oxides, and aluminum hydroxide [1]. Approximately 95% of bauxite reserves are used in alumina and metal production [2]; the remaining portion is used in industries such as abrasive, refractory, cement, chemical, metal industries, and light-emitting diodes (LED) [3,4]. Bauxite is processed into alumina through the Bayer process, achieving in a purity of 98.7%, with further purification operations required [5]. In this context, developing alternatives to recycle or reuse the generated industrial waste is essential. Consequently, research has been carried out in many bauxite-poor countries on the extraction of alumina from various non-bauxitic sources [6]. In addition, some studies proposed several alternative sources for aluminum extracting, including clays, shales, coal fly ash, coal gangue, red mud, streams, and ceramic wastes [7,8].

Mine tailings are by-products of mineral processing and are generally deposited in open-air tailing ponds without any treatment. They consist of mixtures of sand, fine-grained solid material, water, and significant quantities of metals [9]. Bauxite tailings are aluminosilicate wastes generated during the improvement of the aluminum/silicon ratio in bauxite by beneficiation methods [10]. During beneficiation, about 20 wt% of the ore is wasted [11]. Many tailings from bauxite ore mining do not meet industrial production requirements [12]. AS a result, most bauxite tailings are piled up in tailings ponds without any further treatment, which occupies a significant land area and causes severe environmental pollution [13]. Therefore, effective strategies for managing bauxite tailings

are necessary [11]. In 2020, the European Union added bauxite to the list of critical raw materials, and consequently alumina [14]. Analyzing the composition of this tailing suggests that recovering of aluminum hydroxide is feasible.

The goal is to develop a route for alumina production, contributing to the reduction and waste of this material, which is currently stored in landfills and deposits. Given this, it is necessary to develop a hydrometallurgical route for alumina produce from reject samples.

The first step consisted of evaluating the leaching process. The liquor obtained in the initial step will undergo purification stages through solvent extraction tests. The quantification of metals presents in the bauxite washing reject was carried out using the technique of pellet fusion followed by X-ray Fluorescence (XRF) analysis. Leaching experiments were conducted to evaluate different types of acids (sulfuric acid and

hydrochloric acid), solid-to-liquid ratios, and temperature. In the purification step, different organic extractants and pH levels were tested. For precipitation, ammonium hydroxide was used, and the precipitate was later calcined at 1200°C.

The XRF analysis showed that the bauxite washing reject contained 47% of aluminum oxide, 4.21% of silicon oxide, 12.83% of iron oxide, and 1.5% of titanium oxide. Other metals, such as magnesium, calcium, and potassium were present in concentrations of up to 1%.

Leaching tests indicated that the optimal condition was for sulfuric acid. As the sulfuric acid concentration increased from 0.5 to 3M, iron extraction improved from 12% to 97%, respectively. For aluminum, the leaching rate was 10% at 0.5M concentration, with increased to 68% at 3M. The leaching rate for iron reached 96% after 1 hour 98.3%. and 4 hours. For aluminum, the leaching rate increased from 68% in 1 hour to 99.2% in 4 hours, with 3% of silicon leached and only 0.5% of titanium.

The liquor obtained from the leaching stage had iron and silicon as contaminants. During the solvent extraction stage, using di(2-ethylhexyl) phosphoric acid as the extractant at a 1:1 v/v ratio for 15 minutes and pH close to 0, a liquor with 87% aluminum, 17.5% iron, and 85.3% silicon was obtained. In the precipitation stage, 100% aluminum in solution was precipitated. However, there was co-

precipitation of iron and silicon, which reduced the purity of the obtained product. The resulting precipitation sample was calcined in a muffle furnace at 1200 °C to produce alumina. The alumina was characterized to determine its purity. At the end of the process, alumina with 99.8% purity was successfully obtained from the bauxite washing reject sample.

## References

- [1] Abdulvaliyev R, Dyussenova S, Manapova A, Ata A, Beisenbiyeva U. Modification of the phase composition of low-grade gibbsite-kaolinite bauxites. *Complex Use of Mineral Resources* 2021;317:94–102. <https://doi.org/10.31643/2021/6445.22>.
- [2] Wang Y, Zhang T an, Lyu G, Guo F, Zhang W, Zhang Y. Recovery of alkali and alumina from bauxite residue (red mud) and complete reuse of the treated residue. *J Clean Prod* 2018;188:456–65. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.04.009>.
- [3] Jalili Z, Bahrami A, Ghadri M, Akhgar BN, Kazemi F. Leaching for iron removal from low-grade bauxite ore to access refractory instruction. *The Mining-Geology-Petroleum Engineering Bulletin* 2022;37:55–64. <https://doi.org/10.17794/rgn.2022.1.6>.
- [4] Zhang X, Huestis PL, Pearce CI, Hu JZ, Page K, Anovitz LM, et al. Boehmite and Gibbsite Nanoplates for the Synthesis of Advanced Alumina Products. *ACS Appl Nano Mater* 2018;1:7115–28. <https://doi.org/10.1021/acsanm.8b01969>.
- [5] Ruys A. Introduction to alumina ceramics 1.1. Alumina Ce. 2019. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102442-3.00001-4>.
- [6] Dissanayake DMSN, Mantilaka MMMGPG, Silva RT De, Silva KMN De, Pitawala HMTGA. Laterite and its

potential as an alternative-bauxite. *Cleaner Materials* 2021;1:100016.  
<https://doi.org/10.1016/j.clema.2021.100016>.

[7] Shemi A, Ndlovu S, Sibanda V, Van Dyk LD. Extraction of alumina from coal fly ash using an acid leach-sinter-acid leach technique. *Hydrometallurgy* 2015;157:348–55.  
<https://doi.org/10.1016/j.hydromet.2015.08.023>.

[8] Lin M, Liu YY, Lei SM, Ye Z, Pei ZY, Li B. High-efficiency extraction of Al from coal-series kaolinite and its kinetics by calcination and pressure acid leaching. *Appl Clay Sci* 2018;161:215–24.  
<https://doi.org/10.1016/j.clay.2018.04.031>.

[9] Wang L, Ji B, Hu Y, Liu R, Sun W. A review on in situ phytoremediation of mine tailings. *Chemosphere* 2017;184:594–600. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2017.06.025>.

[10] Qinghua L, Yuehua H. Whitening of bauxite tailings. *Powder Technol* 2013;235:136–9.  
<https://doi.org/10.1016/j.powtec.2012.08.008>.

[11] Zhou L, Gou M, Guan X. Hydration kinetics of cement-calcined activated bauxite tailings composite binder. *Constr Build Mater* 2021;301:124296. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.124296>.

[12] Zhang Y, Zhang J, Wu L, Tan L, Xie F, Cheng J. Extraction of lithium and aluminium from bauxite mine tailings by mixed acid treatment without roasting. *J Hazard Mater* 2021;404:124044.  
<https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.124044>.

[13] Xiao J, Li F, Zhong Q, Bao H, Wang B, Huang J, et al. Separation of aluminum and silica from coal gangue by elevated temperature acid leaching for the preparation of alumina and SiC. *Hydrometallurgy* 2015;155:118–24. <https://doi.org/10.1016/j.hydromet.2015.04.018>.

[14] EUROPEAN COMMISSION. COMMUNICATION FROM THE COMMISSION TO THE EUROPEAN PARLIAMENT, THE COUNCIL, THE EUROPEAN ECONOMIC AND SOCIAL COMMITTEE AND THE COMMITTEE OF THE REGIONS 2020:24.

# DESU-OCV-15: Estudio computacional de las condiciones de operación y optimización para bombas de calor asociadas a sistemas energéticos sostenibles

Pablo Ignacio Hernández Arango<sup>a\*</sup>, Ingeniero Químico, MSc, Dr – Ing.

<sup>a</sup> *ALD Vacuum Technologies GmbH, Hanau, Alemania*

## Resumen

Este estudio explora la optimización de los parámetros de operación de las bombas de calor dentro del contexto de los sistemas energéticos sostenibles. Estas tecnologías se encuentran mundialmente en un amplio auge y campo tanto de aplicación como de desarrollo, toda vez que afectan directa y positivamente los procesos productivos para el cumplimiento de las iniciativas de desarrollo, en particular aquellas tendientes a utilizar fuentes de energía renovables y cerrar los ciclos de carbono a nivel productivo [1].

Para llevar a cabo este estudio, se utiliza el software de dimensionamiento Oilon Selection Tool proporcionado por la empresa Olion Group Oy (Finlandia) en su versión 2024.08.25-2246. Se investigan factores como el tipo de bomba de calor, las temperaturas de entrada y salida del condensador y del evaporador, la cantidad y el nivel de operación de los motores de compresión, el tipo de refrigerante, la cantidad y la disposición de conjuntos de bombas de calor; en serie o en paralelo, la utilización un sistema de subenfriamiento y el tipo de refrigerante interno.

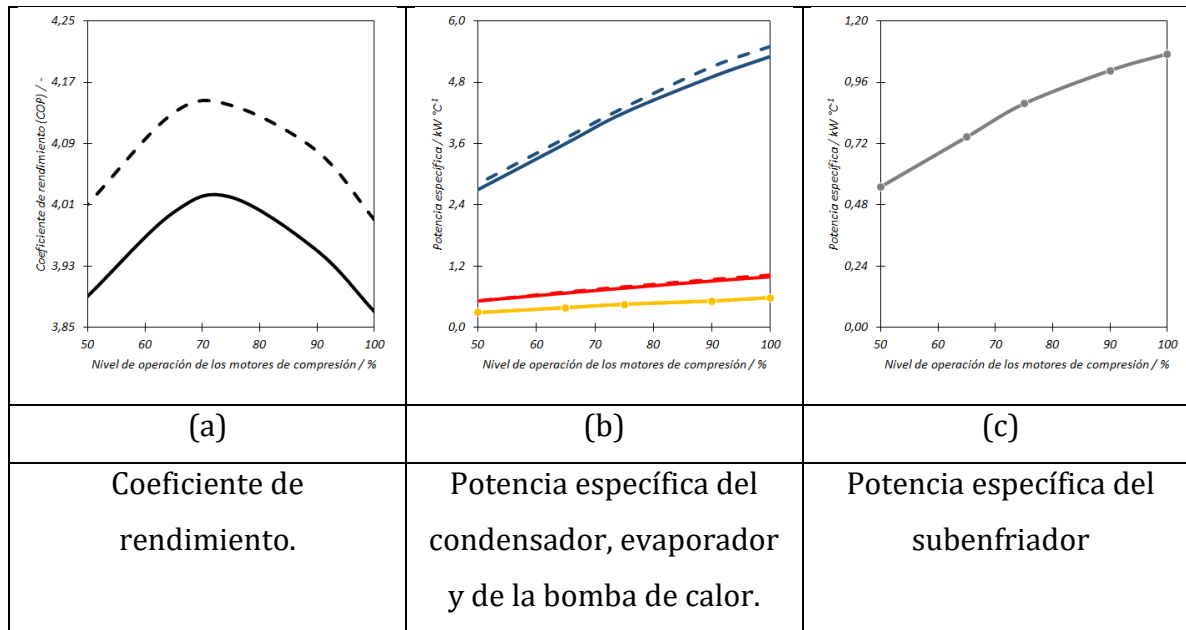
A demás del parámetro universal para el análisis de rendimiento de las bombas de calor y los refrigeradores; este es el Coeficiente de Rendimiento (COP, Coefficient of Performance, según su nombre en inglés) [2], este estudio propone la determinación de un nuevo parámetro denominado potencia específica; entendido como la potencia (del condensador, del evaporador, del subenfriador y la eléctrica de la bomba de calor) por unidad de diferencia de temperatura. En el caso del condensador y del evaporador esta diferencia es simple en términos de la entrada de salida de fluido a la unidad. En el caso del subenfriador y la bomba de calor como sistema, se propone el uso de la diferencia de temperatura logaritmica media del equipo.

El parámetro de potencia específica tiene utilidad en términos del uso de las bombas de calor como equipos asociados a sistemas energéticos sostenibles, toda vez que, en los últimos se pretende que la energía contenida en corrientes calientes de baja temperatura de proceso [3], como son por ejemplo las corrientes de retorno a torres de enfriamiento, sean usadas como fuentes de calor, que

junto con el uso de fuentes de energía renovables, permitan precalentar sustancias evitando el consumo de

fuentes de calor no renovables, como el caso del vapor generado en calderas de combustible.

En efecto, la Figura 1 presenta los parámetros de eficiencia de las bombas de calor, con variación del nivel de operación del motor de compresión y del tipo de refrigerante utilizado.



Líneas punteadas: Refrigerante R1234ze(E)

Líneas continuas: Refrigerante R515B

Líneas Azules: Potencia específica del evaporador Líneas rojas: Potencia específica del condensador

Líneas Amarillas: Potencia específica de la bomba de calor, con símbolos para el refrigerante R1234ze(E)

**Figura 1.** Parámetros de operación para bombas de calor operando con refrigerantes R1234ze(E) y R515B, 0,180 kg s<sup>-1</sup> de flujo de H<sub>2</sub>O en el condensador entre 25,0 y 95,0°C, y 1,02 kg s<sup>-1</sup> de flujo de H<sub>2</sub>O en el evaporador entre 35,0 y 25,0°C, presencia de subenfriador y un (1) motor de compresión.

El efecto del tipo de refrigerante es evidente sobre el coeficiente de rendimiento de las bombas de calor. El cambio de refrigerante, también afecta en particular el consumo de potencia en el evaporador. También, el consumo de potencia en la evaporación, sección de la bomba donde se utiliza el fluido caliente proveniente de los procesos existentes [4], es significativamente dependiente del nivel de operación de los motores de compresión.

## Referencias

- [1]. Elias Vieren, et al. *Energies* 2023, 16 (18), 6473.
- [2]. G. F. Frate, et al. *Applied Thermal Engineering* 2019, 150, 628.
- [3]. J. Sun, et al. *Energies* 2023, 16 (12), 4591.
- [4]. A. J. Marina, et al. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 2021, 139, 110545.

# DESU-OCP-16: Productos de valor agregado derivados del aprovechamiento de las cáscaras de naranja.

Luisa Fernanda Reyes Castiblanco, Rolando Barrera Zapata

Grupo CERES, Departamento de ingeniería química, Universidad de Antioquia, Calle 70 No. 52-21, Medellín, Colombia.

Email: a luisa.reyes@udea.edu.co

## Resumen

En el contexto actual, debido a las problemáticas ambientales la industria busca fomentar la preservación del entorno, por ello, se propende por procesos que sean amigables con el ambiente donde se minimice la generación de residuos o se fomente su aprovechamiento para generar productos de valor agregado. Los desechos en el sector agrícola totalizan más de 72 millones de toneladas al año en Colombia y estos generalmente se descartan sin ningún tratamiento o proceso de aprovechamiento. El país tiene una sólida producción de cítricos, principalmente naranjas, mandarinas y limones. La cáscara de los cítricos, que constituye entre el 40% y el 60% del total de la fruta, se trata como un residuo a pesar de contener diversas sustancias de interés con potencial de aprovechamiento; entre ellos, sustancias pécticas que pueden representar hasta el 25% del residuo [1]. Las pectinas son polisacáridos ácidos con propiedades de gelificación y emulsión y, además, sirven como fuente sustancial de fibra nutricional. Estas sustancias tienen aplicabilidad en industrias de alimentos, farmacia, cosmética e incluso textil, dada su posibilidad de mejorar la textura y la estabilidad de diversos productos [3]. El objetivo de esta contribución consistió en evaluar la obtención de pectinas a partir de cáscaras de naranja, considerando además la viabilidad de obtener otros productos (adsorbentes) utilizando los residuos generados durante la extracción de las pectinas, favoreciendo de esta forma el aprovechamiento integral de los residuos. Para la extracción de las pectinas se utilizó hidrólisis ácida, siguiendo recomendaciones de la literatura [2] [3]. Para su caracterización se evaluó el rendimiento, peso equivalente, acidez libre, porcentaje de metoxilo, grado de esterificación y ácido anhídrido galacturónico. Aunque el proceso arrojó bajos rendimientos (alrededor del 4%), el peso equivalente (1796,4 mg/meq), la acidez libre (0,56 meq/g), el porcentaje de metoxilo (40%) y el grado de esterificación (95,9 %), indican que la pectina obtenida es de muy buena calidad y con potencial de aplicabilidad en diversas industrias. Por su parte el porcentaje de ácido anhidro galacturónico (34,9%), indica una pureza reducida, que junto con los bajos rendimientos sugieren que puede ser de interés explorar condiciones de operación diferentes que permitan eventualmente mejorar los rendimientos y/o pureza del producto obtenido. En un estudio paralelo, los residuos provenientes del proceso de extracción de las pectinas se usaron para producir adsorbentes que se evaluaron en la remoción de colorantes (azul de metilo) de fuentes acuosas. Resultados preliminares indican que estos adsorbentes permiten remover hasta el 80% del contaminante bajo condiciones controladas.

Los resultados destacan el potencial de la cáscara de naranja para obtener pectinas de alta calidad. Aunque es necesario explorar condiciones de extracción que permitan optimizar la eficiencia del proceso, la extracción de las pectinas permite la integración con procesos complementarios que representan nuevas oportunidades para la industria cítrica mediante el aprovechamiento integral de sus residuos.

## Referencias

- [1] G. H. González Blair, *inycomp*, vol. 26, n.º 2, <https://doi.org/10.25100/iyc.v26i2.13475>
- [2]. D. P. J. E, «Proceso para producir Pectinas Cítricas», 2003.  
<https://repository.eafit.edu.co/items/49843eb0-99e4-43e0-9f38-2ee2972886ee>
- [3]. Marín, D., *Investigación, Desarrollo E Innovación*, vol. Vol. 7 (2018),:  
<https://revistas.unilibre.edu.co/index.php/microciencia/article/view/5615>



# DESU-OCV-17: Síntesis de bio-surfactantes a partir del uso de biomasa residual de bagazo de caña panelera como proceso de valoración de residuos

Luis Miguel Salas-Chia<sup>ab\*</sup>, Jessica Paola Suárez-Santamaría<sup>b</sup>, Darío Yesid Peña-Ballesteros<sup>b</sup>, Daniel Molina-Velasco<sup>c</sup>, Miller Humberto Salas-Rondon<sup>d</sup>, Adan-Yovani León-Bermúdez<sup>b</sup>

<sup>a</sup> Faculty of Agricultural, Life & Environmental Sciences, University of Alberta, Edmonton, Canada T6G 1C9

<sup>b</sup> Grupo de Investigaciones en Corrosión, Universidad Industrial de Santander, Piedecuesta, Colombia 681011

<sup>c</sup> Laboratorio de Resonancia Magnética Nuclear, Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia 680002

<sup>d</sup> Grupo Geomática, Gestión y Optimización de Sistemas, Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia 680002

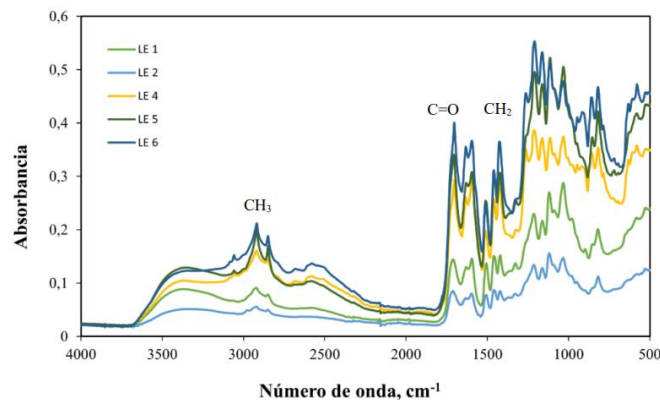
Email: salaschi@ualberta.ca

## Resumen

Los bio-surfactantes son moléculas anfífilas sintetizadas por plantas, animales o microbios [1]. Estos se obtienen principalmente de los extractos de plantas o producto de la transformación de residuos industriales mediante el uso de microorganismos. Siguiendo la ruta del uso de extractos de planta, estudios demuestran que luego de someter la biomasa a reacciones, que permiten modificar su estructura, pueden ser empleados como surfactantes [2]. En el presente trabajo se realizó el tratamiento del bagazo de caña de azúcar panelera proveniente de una zona del departamento de Santander con el objetivo de poder emplear la lignina como bio-surfactante. Para cumplir con este propósito, una metodología aplicada para pretratamiento, extracción y modificación de la lignina fue propuesta. Inicialmente se obtuvo una muestra con tamaños de partícula principalmente concentrados en la malla 60-80 empleando un tamizador mecánico. Se tomó 3 g de materia prima en polvo y se agregó ácido maleico al 1.8% y se calentó a 120°C por un tiempo de 5 min. Posteriormente la solución se dejó enfriar y se neutralizó la solución empleando agua destilada. Para la obtención del licor negro fue empleado NaOH al 5% con el sólido resultante del pretratamiento generando una mezcla que se calentó a 120°C por 1 hora. Una vez enfriada la solución se neutralizó con agua destilada. Para la precipitación de la lignina se empleó HCl 2M en el licor negro y se dejó actuar en un tiempo de 12 h para obtener la precipitación del compuesto. La muestra fue sometida a centrifugación y se dejó secar por 24 h a 40°C. La esterificación de la lignina fue llevada a cabo empleando ácido maleico en una relación 1:5 respecto a la muestra.

Con el objetivo de poder identificar que se obtuvo el tratamiento deseado sobre la biomasa residual del bagazo de caña panelera, se empleó espectroscopía FT-IR como técnica de caracterización. Los resultados de la metodología aplicada permitieron encontrar la aparición de las bandas (C=O) en las muestras obtenidas (Figura 1). De igual manera, fue posible observar que la técnica de calentamiento sobre el proceso puede llegar

a influir en la intensidad de la absorbancia en las muestras. Esto como resultado de la comparación del uso de calentamiento por irradiación de microondas y el calentamiento por un horno convencional. En este caso se observó que las muestras sometidas al calentamiento mediante microondas obtuvieron una mejor intensidad en la absorbancia de los picos resultantes de la esterificación en comparación con aquellas tratadas mediante el horno convencional. Como conclusión se puede indicar que el tratamiento de la biomasa residual mediante las reacciones de esterificación permitió modificar el producto adquiriendo grupos funcionales que permitirán mejorar su rendimiento. De igual manera, la transformación de la biomasa residual permite analizar caminos que permitan incentivar la economía circular y encontrar mecanismos que generen una valoración a los residuos de la agricultura colombiana.



**Figura 1.** Espectro FTIR de las muestras de biomasa residual tratadas mediante el proceso de esterificación.

## Referencias

- [1] Paternina, C. Applications of Surfactants and Nanoparticles in Enhanced Oil Recovery Processes. En: Sedimentary Petrology. IntechOpen, 2022.
- [2] Bohórquez, A. Castiblanco O. Revista Inventum, 16 (2021) p. 4–14.

# DESU-OEP-18: Carbonización hidrotermal de residuos de plátano: un enfoque hacia la producción sostenible de materiales de valor añadido

Jenny Marcela Vélez Gómez\*, Lina Marcela Orozco Arboledaa, Luz Ángela Veloza Castiblancoa

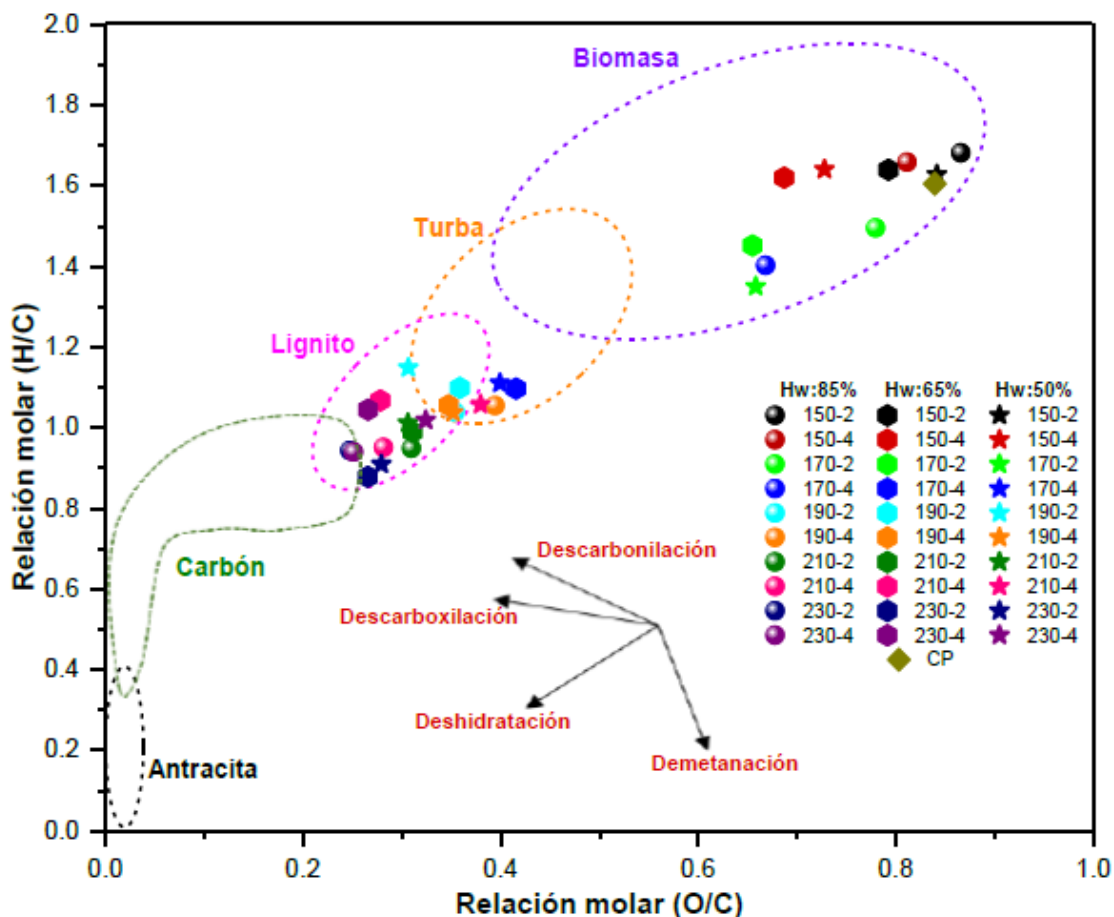
a Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira, Colombia, Código postal: 660003

Email: \*jmvelez@utp.edu.co

## Resumen

La carbonización hidrotermal (HTC) es una técnica de conversión termoquímica que transforma biomasa húmeda en energía y productos químicos sin secado previo de la materia prima [1]. Los productos obtenidos son una fase sólida, conocida como hidrocarbón y una fase líquida. Dichos productos han mostrado tener diversas aplicaciones entre ellas remediación de aguas [2], producción de nanopartículas [3], combustible sólido [4], materiales dieléctricos sostenibles [5], entre otras. En el desarrollo de la presente investigación se han obtenido hidrocarbones y sus respectivas fases acuosas mediante HTC utilizando cáscara de plátano (*Musa AAB*, variedad Dominico-Hartón), un residuo agroindustrial generado en grandes cantidades en Colombia y el eje cafetero. El proceso se llevó a cabo bajo diferentes condiciones de humedad (50-85%), temperatura (150-230 °C) y tiempo de residencia (2 y 4 h). Los hidrocarbones obtenidos fueron caracterizados mediante análisis próximo, elemental y poder calorífico. Los compuestos presentes en la fase acuosa fueron identificados y cuantificados mediante HPLC y métodos espectrofotométricos, por otro lado se evaluó la actividad fitoestimulante del agua de proceso mediante germinación y crecimiento *in vitro* de semillas de *Lactuca sativa* y la capacidad antioxidante por el método del radical libre DPPH.

Los resultados mostraron que el rendimiento del hidrocarbón disminuyó conforme aumentó la temperatura y la humedad, oscilando entre 20-80%, para la fase acuosa el rendimiento fue mayor cuando se incrementó la temperatura, con valores entre 11-66%. La caracterización de los hidrocarbones obtenidos mostró una disminución en el contenido de cenizas, material volátil y O comparado con la materia prima, además, se observó un incremento en el carbón fijo y el contenido de C, que favoreció el aumento del poder calorífico, alcanzando un valor máximo de 27.70 MJ/kg. Las variaciones en la composición elemental (H/C y O/C) observadas en el diagrama de Van Krevelen (**Figura 1**), sugieren que el proceso HTC estuvo influenciado principalmente por reacciones de deshidratación y que la mayoría de los hidrocarbones obtenidos se encontraron en la zona del lignito.



**Figura 1. Diagrama de Van Krevelen de cáscara de plátano (CP) e hidrocarbones obtenidos mediante HTC a diferentes temperaturas, tiempos y humedades.**

La caracterización química de las fases acuosas mostró la presencia de ácidos orgánicos (ácido acético, láctico y fórmico), 5-hidroximetilfurfural (5-HMF) y compuestos fenólicos. Además, se observó una correlación positiva entre el contenido de compuestos fenólicos (776-4474  $\mu\text{g}$  GAE/mL fase de acuosa) y la actividad antioxidante (1135-4415  $\mu\text{mol}$  TE/100 mL fase acuosa). Adicionalmente, las fases acuosas presentaron fitoestimulación (RRG > 170%) en el crecimiento de semillas de *Lactuca sativa* cuando se realizaron las reacciones a altas temperaturas. En conclusión, los resultados obtenidos demuestran la eficacia del proceso HTC en la gestión de residuos agroindustriales de plátano para la producción de hidrocarbón como recurso energético y de agua de proceso para la extracción de compuestos de valor añadido o la fertilización de plantas.

## Referencias

- [1] M. M. Titirici, A. Thomas, S. H. Yu, J. O. Müller, and M. Antonietti, "A direct synthesis of mesoporous carbons with bicontinuous pore morphology from crude plant material by hydrothermal carbonization," *Chemistry of Materials*, vol. 19, no. 17, pp. 4205–4212, 2007, doi: 10.1021/cm0707408.
- [2] V. E. Johnson *et al.*, "Simultaneous removal of As(V) and Pb(II) using highly-efficient modified dehydrated biochar made from banana peel via hydrothermal synthesis," *Colloids Surf A Physicochem Eng Asp*, vol. 663, Apr. 2023, doi: 10.1016/j.colsurfa.2023.131115.

- [3] J. Goswami *et al.*, "Phosphoric acid assisted synthesis of fluorescent carbon dots from waste biomass for detection of Cr(VI) in aqueous media," *Mater Chem Phys*, vol. 286, Jul. 2022, doi: 10.1016/j.matchemphys.2022.126133.
- [4] S. M. Sulaiman *et al.*, "Valorization of Banana Bunch Waste as a Feedstock via Hydrothermal Carbonization for Energy Purposes," *Journal of Ecological Engineering*, vol. 24, no. 7, pp. 61–74, 2023, doi: 10.12911/22998993/163350.
- [5] A. C. Landázuri *et al.*, "Valorization of ripe banana peels and cocoa pod husk hydrochars as green sustainable 'low loss' dielectric materials," *J Clean Prod*, vol. 426, Nov. 2023, doi: 10.1016/j.jclepro.2023.139044.

# DESU-OCP-19: Comportamiento de óxidos mixtos de hierro y níquel soportados en bentonita pilarizada para el reformado de metano vía Chemical Looping

Carlos Andrés Vallejo<sup>a,b</sup>, Andrés Moreno<sup>a,\*</sup>, Natalia Suarez<sup>a</sup>, Luis Alejandro Galeano<sup>b,\*</sup>

Correspondencia: jorge.moreno@udea.edu.co, alejandrogaleano@udenar.edu.co

<sup>a</sup> Química de Recursos Energéticos y Medio Ambiente (QUIREMA) – Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia,

050010.

<sup>b</sup> Grupo de Investigación en Materiales Funcionales y Catálisis (GIMFC) – Universidad de Nariño, Pasto, Colombia, 520002.

## Resumen

El proceso de reformado químico mediante Chemical Looping (CLR), se ha venido posicionando como una estrategia prometedora para la producción de hidrógeno ( $H_2$ ) con bajas emisiones de gases de efecto invernadero. En este proceso se emplean óxidos metálicos como transportadores sólidos de oxígeno (TSO), para llevar a cabo una oxidación parcial de un combustible [1]. Estos TSO deben mantener alta estabilidad térmica, reactividad y selectividad durante múltiples ciclos redox; además, su eficiencia puede ser mejorada cuando incorporan soportes ( $Al_2O_3$ ,  $SiO_2$ ,  $CeO_2$ ,  $ZrO_2$ ,  $TiO_2$ ) [1, 2]. Sin embargo, el costo elevado de algunos de estos materiales puede limitar su aplicación a gran escala. La bentonita, por ejemplo, es un material abundante y de bajo costo en Colombia que además puede ser modificada fácilmente por química de intercalación, mejorando su área superficial y estabilidad térmica [3], características deseadas para lograr una buena dispersión de los óxidos metálicos y para su aplicación a altas temperaturas. Esta investigación se enfocó en comparar el comportamiento de dos TSO de Ni o Ni-Fe en CLR de metano; los sólidos se prepararon con una carga nominal de óxidos metálicos activos del 15 % p/p soportados mediante impregnación húmeda sobre una bentonita previamente pilarizada con óxido de aluminio en medio concentrado, y se calcinaron posteriormente a  $900\text{ }^\circ\text{C}$  en aire por 3 h. Los TSO preparados: (i) NiO/Al-BP y (ii)  $Fe_2O_3$ -NiO/Al-BP (relación molar 2:1 de  $Fe_2O_3$ :NiO), fueron caracterizados mediante DRX-polvo,  $H_2$ -TPR, y se determinó su reactividad redox mediante TGA y su comportamiento en CLR de metano en un reactor de lecho fijo. Los resultados obtenidos mediante DRX mostraron una conservación del patrón de apilamiento de la lámina T:O:T estructural de la bentonita en ambos TSO, indicando un espaciado basal correspondiente al tamaño del espesor de la lámina ( $\approx 9,8\text{ \AA}$ ) (Tabla 1); también se observaron las señales características de las fases cristalinas de las estructuras cúbicas NiO,  $NiAl_2O_4$ ,  $NiFe_2O_4$  y romboédricas de  $Fe_2O_3$  y  $FeAlO_3$ . Por otro lado, en los perfiles de reducción determinados mediante  $H_2$ -TPR, se evidenciaron consumos de  $H_2$  a más altas temperaturas para el TSO (i), asociado a la presencia de la fase espinela  $NiAl_2O_4$ , en comparación con el TSO (ii) cuya formación de otras fases tales como  $FeAlO_3$  y  $NiFe_2O_4$  anticiparon las temperaturas de reducción (tabla 1). En cuanto a la

reactividad con CH<sub>4</sub> para estos sólidos determinada por TGA, no se presentaron diferencias significativas en la capacidad de transporte de oxígeno (Ro), pero si, en la velocidad de conversión en el quinto ciclo de reducción (Fig. 1 (a)). Sin embargo, la presencia de Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> en el TSO (ii) evitó la formación temprana de compuestos carbonáceos (Fig. 1 (b)) y al parecer, por efecto sinérgico se vio mejorada la distribución y utilización del oxígeno promoviendo así una mayor conversión de CH<sub>4</sub> y una mayor producción de H<sub>2</sub> (Fig. 1 (c)).

Tabla 1. Propiedades fisicoquímicas y de reactividad de los TSO de óxidos mixtos basados en bentonita.

TSO	d <sub>001</sub> (Å)	Baja T <sup>a</sup> (%)	Med. T <sup>a</sup> (%)	Alta T <sup>a</sup> (%)	Ro <sup>b</sup> H <sub>2</sub> (%)	Ro <sup>b</sup> CH <sub>4</sub> (%)	H <sub>2</sub> /CH <sub>4</sub>	Conversión CH <sub>4</sub> (%)
NiO/Al-BP	10,0	7	55	37	4,21	2,97	0,959	23,2
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -NiO/Al-BP	9,8	--	72	28	4,33	2,77	1,071	39,1

<sup>a</sup> Determinado por H<sub>2</sub>-TPR, porcentaje de consumo de hidrógeno en el rango de temperatura, <sup>b</sup> determinado por TGA, d<sub>001</sub>: espaciado basal, S<sub>ágr</sub>: área de superficie específica, Baja T: rango de temperatura baja (200 – 500 °C), Med. T: rango de temperatura media (500 – 700 °C), Alta T: rango de temperatura alta (700 – 900 °C), Ro: capacidad de transporte de oxígeno en atmósfera de H<sub>2</sub> y CH<sub>4</sub>.

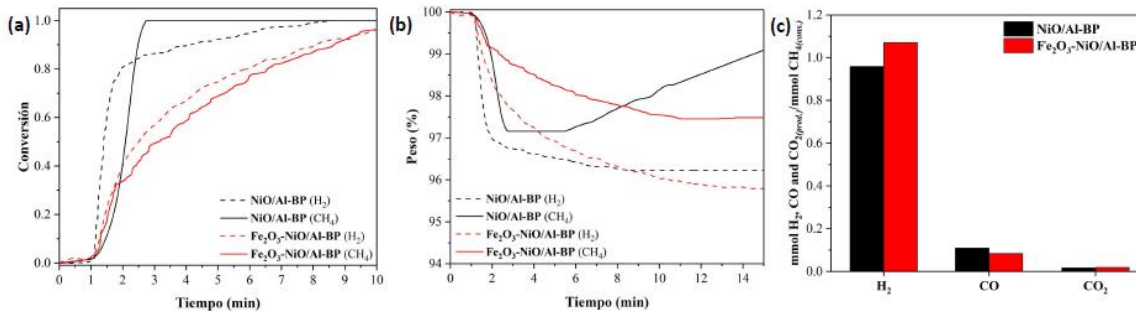


Figura 1. Comportamiento en el ciclo 5 de los TSO basados en bentonita pilarizada: (a) variación de peso de TSO,

(b) conversión de TSO, (c) distribución de productos gaseosos en el reactor de lecho fijo a 900 °C.

Los autores agradecen a Ecopetrol, Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación de Colombia,

Ministerio de Minas y Energía de Colombia y al Fondo Francisco José de Caldas, a través del convenio 753-2021 proporcionaron los recursos financieros del proyecto 1115-929-93266, contrato 274-2022.

## Referencias

- [1] S. Das, A. Biswas, C. Tiwary, M. Paliwal, Hydrogen production using chemical looping technology: A review with emphasis on H<sub>2</sub> yield of various oxygen carriers, *Int. J. Hydrogen Energy*, 47 (2022) 28322- 28352.
- [2] Y. De Vos, M. Jacobs, P. Van Der Voort, I. Van Driessche, F. Snijkers, A. Verberckmoes, Development of stable oxygen carrier materials for chemical looping processes—a review, *Catalysts*, 10 (2020) 926.
- [3] D. Borah, H. Nath, H. Saikia, Modification of bentonite clay & its applications: A review, *Rev. Inorg. Chem.*, 42 (2022) 265-282.

# DESU-OCV-20 Síntesis de solventes alternativos (líquidos iónicos y solventes eutécticos profundos) base cafeína protonada con potencial aplicación para desulfuración de combustibles

Laura Sofia Benavides Maya<sup>a\*</sup>, Luz Marina Ocampo<sup>b</sup>, Luver Echeverry<sup>c</sup>.

<sup>a</sup>Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia, 050036

<sup>b</sup>Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia, 050036

<sup>c</sup>Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia, 050036

Email: <sup>a</sup>lsbenavidesm@unal.edu.co

## Resumen

En los últimos años, se ha observado un creciente interés en la búsqueda de alternativas a los solventes convencionales, con el propósito de mitigar el impacto ambiental y promover la sostenibilidad en los procesos químicos [1]. En este contexto, los líquidos iónicos (LIs) y los solventes eutécticos profundos (DES) han emergido como solventes alternativos prometedores, caracterizados por propiedades singulares y diversas aplicaciones en la química y la industria. Los líquidos iónicos son sales orgánicas o inorgánicas que presentan puntos de fusión por debajo de los 100 °C, compuestos por cationes y aniones. Estas sales generan especies químicas estables gracias a las fuertes interacciones electrostáticas entre los iones, lo que les confiere propiedades notables como baja toxicidad, capacidad de regeneración, sostenibilidad y facilidad de preparación, ya que su síntesis no requiere etapas de purificación [2]. Por otro lado, los solventes eutécticos profundos son mezclas de aceptores de enlaces de hidrógeno (HBA) y donantes de enlaces de hidrógeno (HBD), que, al combinarse en una proporción específica, reducen el punto de fusión de la mezcla hasta obtener un líquido con propiedades similares a los LIs [3]. Aunque ambos tipos de solventes comparten algunas similitudes en sus propiedades, los LIs generalmente tienden a tener viscosidades más altas en comparación con los DES [4]. Estas diferencias en composición y

características físicas pueden conducir a aplicaciones específicas para cada tipo de solvente, lo que abre un amplio campo de investigación y desarrollo en el ámbito de la sostenibilidad.

Los LIs, particularmente los sintetizados a partir de imidazol, han sido empleados en la desulfuración de combustibles debido a su capacidad para formar interacciones  $\pi$ - $\pi$  con compuestos aromáticos de azufre [5]. Sin embargo, el alto costo del imidazol (452 USD/kg) [6] ha limitado su aplicación a gran escala. Por lo tanto, surge un interés creciente en el uso de cafeína en la síntesis de solventes alternativos, ya que en su estructura contiene un anillo de imidazol y es más económica (131 USD/kg) [7], además de ser ampliamente utilizada en síntesis orgánica debido a su baja toxicidad y facilidad de manipulación. A pesar de que la extracción con

solventes alternativos como los DES y LIs ha sido objeto de estudio reciente, el uso de cafeína en su síntesis ha recibido poca atención hasta el momento. Los estudios de síntesis de solventes verdes basados en cafeína se han centrado en la obtención de LIs para aplicaciones en catálisis y electroquímica, en las cuales no es necesaria la obtención de un líquido a temperatura ambiente [8] [9], [10].

En esta tesis de maestría se sintetizaron LIs y DES basados en cafeína protonada con potencial aplicación en la desulfuración de combustibles modelo. Para ello, se procedió a la protonación de la cafeína comercial, convirtiéndola en una sal de amonio cuaternario, precursor necesario para la síntesis de LIs y DES. Este proceso se llevó a cabo mediante la reacción de la cafeína con cloruro de hidrógeno anhidro en atmósfera inerte, resultando en la formación del clorhidrato de cafeína (CafCl) basándose en la metodología de *Salami & Ezabadi* [9]. La caracterización del CafCl se realizó mediante técnicas como termogravimetría (TGA), FTIR y RMN, lo que permitió evidenciar la formación del enlace N-H en el anillo de imidazol de la cafeína. Posteriormente, una vez protonada la cafeína, se procedió a la síntesis de LIs utilizando FeCl<sub>3</sub> hexahidratado en dos relaciones molares diferentes (1:2 y 1:3) con el objetivo de obtener LIs con viscosidad manejable. Estos LIs fueron caracterizados mediante espectroscopía Raman para confirmar la formación del anión tetracloroferrato [FeCl<sub>4</sub>]<sup>-</sup>, lo cual se ha reportado como contribuyente a una mejor desulfuración. Además, se sintetizaron DES ternarios utilizando etilenglicol (EG) como HBD y CafCl y ZnCl<sub>2</sub> como HBAs. Se determinó que la máxima cantidad de CafCl incorporada fue de 0.5 g, lo que condujo a la síntesis de dos DES compuestos por una relación constante de ZnCl<sub>2</sub>:EG de 1:2. A estos DES se les incorporaron primero 0.3 g y luego 0.5 g de CafCl, obteniendo así dos DES distintos, que se caracterizaron de igual forma por RAMAN. Finalmente, con los LIs y DES obtenidos se evaluó su capacidad extractiva al realizar desulfuraciones de un combustible modelo (CM) compuesto por dibenzotiofeno (DBT) en dodecano. Para eso se llevó a cabo un diseño factorial completo 2<sup>3</sup>, donde se evaluaron 3 factores: temperatura, relación LI/DES:CM, cantidad de CafCl. Con el LI se logró un porcentaje máximo de desulfuración de 12.9% mientras que con el DES se logró hasta un 17.44%. Estos resultados se atribuyen al uso de sales con hidrógenos ácidos, como el CafCl, lo que sugiere que el mecanismo predominante es la formación de puentes de hidrógeno entre el LI/DES y el CM. Sin embargo, los anillos aromáticos de azufre se consideran débiles como aceptores de puentes de hidrógeno, lo que se refleja en bajos índices de desulfuración. Se plantea mejorar este aspecto mediante la aplicación de más etapas de extracción en el proceso, reciclando el LI/DES, evaluando tiempos de desulfuración más prolongados y considerando otros aniones y HBDs en la síntesis de LIs y DES.

## Referencias

[1] C. J. Clarke, W. C. Tu, O. Levers, A. Bröhl, and J. P. Hallett, "Green and Sustainable Solvents in Chemical

Processes," *Chem Rev*, vol. 118, no. 2, pp. 747–800, Jan. 2018, doi: 10.1021/acs.chemrev.7b00571.

[2] W. Bains, J. J. Petkowski, and S. Seager, "Alternative solvents for life: framework for evaluation, current status and future research," 2022. Accessed: Apr. 16, 2024. [Online]. Available: <https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/2401/2401.07296.pdf>

[3] S. Armenta, F. A. Esteve-Turrillas, S. Garrigues, and M. de la Guardia, "Alternative green solvents in sample preparation," *Green Analytical Chemistry*, vol. 1, Apr. 2022, doi: 10.1016/j.greeac.2022.100007.

[4] G. Kaur, H. Kumar, and M. Singla, "Diverse applications of ionic liquids: A comprehensive review," Apr. 01, 2022, Elsevier B.V. doi: 10.1016/j.molliq.2022.118556.

[5] M. Francisco, A. Arce, and A. Soto, "Ionic liquids on desulfurization of fuel oils," *Fluid Phase Equilib*, vol. 294, no. 1–2, pp. 39–48, 2010, doi: 10.1016/j.fluid.2009.12.020.

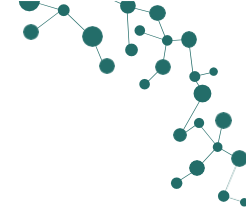
Thermo Fisher Scientific, "Fisher Scientific," <https://www.fishersci.es/shop/products/imidazole-ac-s-reagent-thermo-scientific/10493454#?keyword=imidazol>.

[7] Thermo Fisher Scientific, "Fisher Scientific," <https://www.fishersci.es/shop/products/caffeine-99-thermo-scientific/11438643#?keyword=caffeine>.

[8] M. Salami and A. Ezabadi, "A caffeine-based ionic liquid as a novel and eco-friendly catalyst for the synthesis of 1,8-dioxo-octahydroxanthenes under solvent-free conditions," *Research on Chemical Intermediates*, 2019, doi: 10.1007/s11164-019-03814-3.

[9] M. Salami and A. Ezabadi, "Synthesis of the nano-magnetic ionic liquid based on caffeine and its catalytic application in the synthesis of xanthenes," *Research on Chemical Intermediates*, vol. 46, no. 10, pp. 4611–4626, Oct. 2020, doi: 10.1007/s11164-020-04224-6.

[10] S. Dalvand, S. Yaghoubi, S. Morteza Mousavi-Khoshdel, and H. Ghafuri, "Investigating the application of caffeine-based ionic liquid modified by zinc bromide as an effective electrode in supercapacitor," *J Energy Storage*, vol. 44, Dec. 2021, doi: 10.1016/j.est.2021.103323.



# **DESU-OCP-21: Revalorización de residuos industriales mediante la impregnación de níquel como fase activa para la producción de hidrogeno verde mediante el proceso de Chemical Looping Reforming (CLR).**

Manuel Contreras<sup>a\*</sup>, Andrés Moreno<sup>b</sup>, Natalia Suárez<sup>c</sup>, Douglas Rodríguez<sup>d</sup>.

a, b, c, d Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia, 050012.

Email: a [gonzalo.contreras@udea.edu.co](mailto:gonzalo.contreras@udea.edu.co)

## **Resumen**

El proceso de CLR es una tecnología emergente que tiene el potencial de producir hidrogeno de manera eficiente y con menores emisiones de carbono. Este proceso involucra el uso de materiales sólidos llamados transportadores sólidos de oxígeno (TSO) que actúa como agente reductor del o los compuestos orgánicos (combustibles) provenientes de fuentes como el gas natural, carbón o biomasa, para producir una mezcla de gases conocida como gas de síntesis ( $H_2$ -CO)[1]. La transformación de residuos en TSO para el proceso de Chemical Looping Reforming (CLR) resulta atractiva en términos de la eficiencia económica y ambiental del proceso. Por sí solos la mayoría de los residuos inorgánicos carecen de especies que cuenten con la capacidad de transporte de oxígeno necesaria para poder llevar a cabo la oxidación de los combustibles. Por lo tanto, la incorporación de metales que puedan proporcionar sitios activos y que posean buenas propiedades redox es uno de las principales retos del diseño de estos TSO[2].

En este trabajo se estudia la incorporación de níquel a un residuo colombiano (RC) con el fin de desarrollar materiales TSO que presente buenos rendimientos hacia la producción de hidrogeno en el proceso CLR. Inicialmente, el residuo (RC) fue sometido a un tratamiento térmico para luego ser funcionalizado con óxido de níquel (NiO). Los materiales fueron caracterizados por difracción de rayos X, análisis químico por fluorescencia de rayos X. El comportamiento REDOX fue evaluado para la conversión de metano en gas de síntesis en un reactor de lecho fijo operando a 900 °C, 1.01325 bar y por termogravimetría empleando una termobalanza CHAN. Los resultados de difracción de rayos X (Figura 1) indican claramente un aumento de las intensidades  $2\theta$  de 38°, 44°y 64° asociadas a la presencia de especies de óxido de níquel. Además, se identificó en el residuo la presencia de óxido de hierro en fase magnetita, óxido de aluminio y silicato de calcio.

A partir de los ensayos de reactividad se procedió a determinar la capacidad de transporte de oxígeno ( $R_o$ ), la conversión de metano (X) y la selectividad a  $H_2(S)$ .

Los resultados presentados en la Figura 1 y en la Tabla 1, muestran que la capacidad  $R_o$  aumenta debido a que el níquel metálico puede activar efectivamente los enlaces C-H del metano y promover la transferencia de oxígeno de red, lo que lleva a un aumento en la reactividad. Cabe recalcar que el residuo presenta una

conversión de metano del 6.5 asociada a las especies de hierro presentes en el residuo, con la desventaja de que su selectividad en altos estados de oxidación está asociada principalmente a la combustión completa del metano que da como resultado la formación de dióxido de carbono y agua. Además, el aumento en la selectividad a H<sub>2</sub> está asociado con el efecto catalítico del níquel metálico en la reacción de reformado de metano, que promueve la oxidación parcial sobre la oxidación completa.[3]

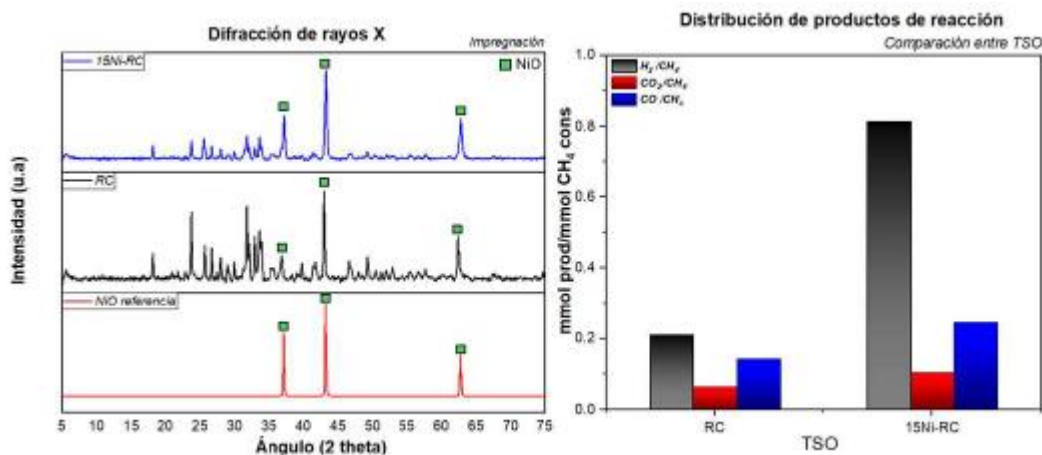


Figura 1. Difracción de rayos X y distribución de productos de reacción a partir del metano consumido para los TSO.

Tabla 1. Capacidad de transporte de oxígeno, conversión y cuantificación de hidrogeno para los TSO.

Catalizador	R <sub>o</sub>	H <sub>2</sub> /CH <sub>4</sub>	H <sub>2</sub> /CO	Conversión	mmolH <sub>2</sub> prod/mmolCH <sub>4</sub> alim
RC	2,013	0,207	1,473	6,5	2,01E-02
15Ni-RC	5,461	0,814	3,306	10,2	8,34E-02

## Agradecimientos

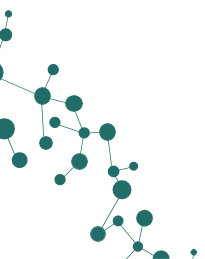
Los autores agradecen a Ecopetrol, Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación de Colombia, Ministerio de Minas y Energía de Colombia y al Fondo Francisco José de Caldas, quienes a través del convenio 753-2021 proporcionaron los recursos financieros del proyecto 1115-929-93266, contrato 274-2022.ENRE-O-01: Producción de biocombustible a partir de transesterificación con bioetanol supercrítico: escalamiento y madurez tecnológica de la invención

## Referencias

- [1] J. Adanez, A. Abad, F. Garcia-Labiano, P. Gayan, and L. F. De Diego, Prog. Energy Combust. Sci., vol. 38, no. 2, pp. 215–282, 2012.
- [2] S. Ma, F. Cheng, J. Meng, H. Ge, P. Lu, and T. Song. Fuel Process. Technol., vol. 230, no.

February, p. 107204, 2022.

[3] C. Dueso et al. Chem. Eng. J., vol. 188, no. x, pp. 142–154, 2012.



# DESU-OEP-22: Síntesis y estudio reológico de solventes eutécticos profundos base cafeína comercial con potencial aplicación en procesos de desulfuración de combustibles

**Manuel Felipe Torres Perdomo<sup>a</sup>, Luz Marina Ocampo Carmona<sup>b</sup>, Laura Benavides Maya<sup>c</sup>**

<sup>a</sup> Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia, 050036, [mftorrespe@unal.edu.co](mailto:mftorrespe@unal.edu.co)

<sup>b</sup> Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia, 050036, [lmocampo@unal.edu.co](mailto:lmocampo@unal.edu.co),

<sup>b</sup> Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia, 050036, [lsbenavidesm@unal.edu.co](mailto:lsbenavidesm@unal.edu.co),

## Resumen

Los solventes eutécticos profundos (DES por sus siglas en inglés) son una mezcla de dos o más sustancias químicas conocidas como aceptores y donantes de enlaces de hidrógeno (HBA y HBD, por sus siglas en inglés) que, al combinarse en una proporción molar particular, presentan una disminución del punto de fusión inferior al de los componentes puros, se vuelven líquidos a temperaturas menores a 100 °C, baja volatilidad y son poco tóxicos, entre otras propiedades [1]. El uso de DES ha emergido como una alternativa sostenible para reemplazar a los solventes tradicionales que, generalmente, son perjudiciales tanto para el medio ambiente como para la salud humana, son costosos y difíciles de reutilizar en la mayoría de las aplicaciones [2]. Entre los DES más estudiados para los procesos de desulfuración de combustibles están los basados en imidazol y benzimidazol cuyos precios rondan los USD 355 y USD 361, respectivamente [3]. Una alternativa más económica a estos compuestos es utilizar cafeína, cuyo valor en el mercado está en USD 132 dólares, además de ser biodegradable y de baja toxicidad.

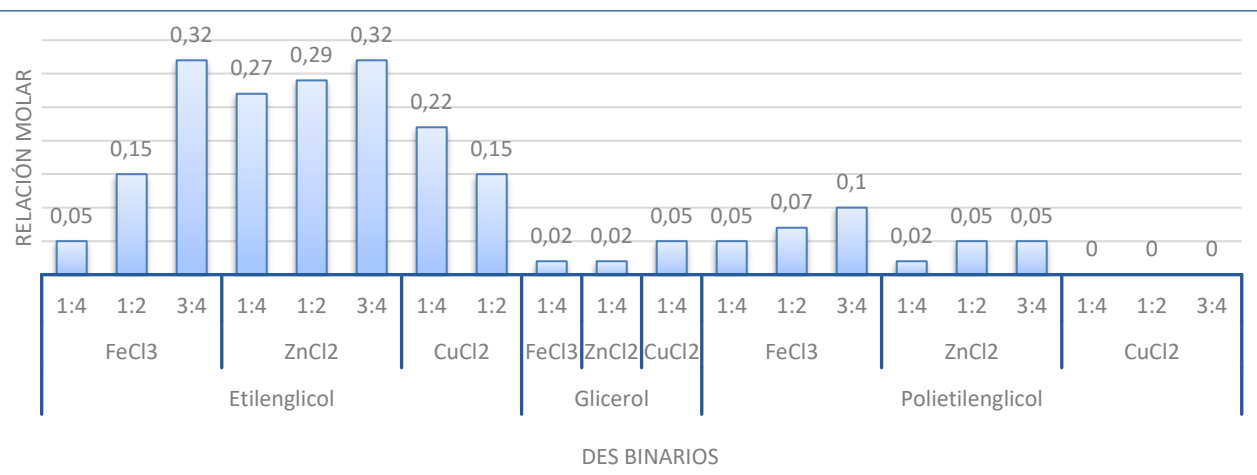
Para este trabajo se probaron varias mezclas eutécticas utilizando la síntesis asistida por ultrasonido y empleando los componentes presentados en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Componentes y relaciones molares de los DES binarios explorados.

Donante de enlaces de Hidrógeno	Aceptor de enlaces de Hidrógeno	Relaciones molares
Etilenglicol (ETG)	FeCl <sub>3</sub>	
Glicerol (GLI)	ZnCl <sub>2</sub>	1:4
Urea	NiCl <sub>2</sub>	1:2
Polietilenglicol (PEG)	CuCl <sub>2</sub>	3:4

A los DES base cafeína, se les añadió de manera progresiva clorhidrato de cafeína (CafCl), previamente sintetizado y caracterizado mediante espectroscopia infrarroja y análisis termogravimétrico, hasta alcanzar su punto de saturación. La Figura 1 muestra los DES binarios sintetizados y la cantidad máxima de CafCl que pudieron incorporar a 50°C. Estos DES serán caracterizados y sus propiedades fisicoquímicas como densidad,

viscosidad, punto de ebullición y estabilidad térmica serán evaluadas.



**Figura 1.** Máxima relación molar de CaCl<sub>2</sub> que lograron incorporar cada DES a 50°C.

Al finalizar esta investigación, se espera que los DES base cafeína cuenten con propiedades fisicoquímicas similares a las de los DES reportados en la literatura, especialmente a los que se han basado en imidazolio y benzimidazolio, que les permitan ser utilizados como solventes alternativos en procesos de desulfuración de combustibles.

## Referencias

- [1] S. Ren, T. Mu y W. Wu, "Advances in deep eutectic solvents: New green solvents", *Processes*, vol. 11, n.º 7, p. 1920, junio de 2023. Accedido el 8 de septiembre de 2024. doi: <https://doi.org/10.3390/pr11071920>
- [2] F. M. Kerton, *Alternative Solvents for Green Chemistry*, 2nd ed. Cambridge: The Royal Society of Chemistry, 2009. [Online]. Available: [www.rsc.org/books](http://www.rsc.org/books)
- [3] Thermo Fisher Scientific Inc. "Laboratory & production essentials | fisher scientific". Accedido el 8 de septiembre de 2024. [En línea]. Disponible: <https://www.fishersci.com/us/en/home.html>

# DESU-OCV-23: SÍNTESIS DE ECO-CATALIZADORES ÁCIDOS A PARTIR DE RESIDUOS DE SAGÚ (*Canna edulis*) Y CACAO (*Theobroma cacao*) PARA SU EMPLEO EN LA ACETILACIÓN DEL ALCOHOL ISOAMÍLICO

Karen Nathalia Rosero Villaquirán<sup>a\*</sup>, Helena García Rosero<sup>b</sup>, Alfonso Enrique Ramírez Sanabria<sup>a</sup>, Cristian David Miranda Muñoz<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Universidad del Cauca, Popayán, Colombia, 190001

<sup>b</sup> Universidad de los Llanos, Villavencio, Colombia, 500001

## Resumen

El desarrollo de eco-catalizadores derivados de residuos agroindustriales es una estrategia sostenible para valorizar subproductos y reducir el impacto ambiental. Este estudio se centra en la síntesis de eco-catalizadores ácidos a partir de residuos de sagú (*Canna edulis*) y cacao (*Theobroma cacao*) y su aplicación en la acetilación del alcohol isoamílico, una reacción relevante en la industria de los aromas y fragancias [1].

Se recolectó cascarilla de cacao y residuos de sagú, los cuales se carbonizaron a 800°C por una hora. Los carbones obtenidos se funcionalizaron con ácido sulfúrico para introducir grupos sulfónicos y se caracterizaron mediante espectroscopía infrarroja (FT-IR), microscopía electrónica de barrido (SEM), acidez de tipo Brønsted: análisis elemental y área superficial tipo BET. La síntesis de acetato de isoamilo se desarrolló mediante agitación magnética, ultrasonido empleando 6 horas de reacción y microondas con 3 horas de reacción, y su evaluación catalítica se realizó por cromatografía de gases con detector de ionización de llama. Los materiales estudiados mostraron diferencias significativas en sus propiedades. El carbón de cacao (Cc) presentó un área superficial de 2.588 m<sup>2</sup>/g y una distribución de tamaño de poro de 2.71 nm, mientras que el carbón de cacao sulfatado (Ccs) mostró un aumento en el área superficial a 11.268 m<sup>2</sup>/g, una distribución de tamaño de poro de 8.49 nm y una acidez de 1.094 mmol H<sup>+</sup>/g. Por otro lado, el carbón de sagú (Cs) tuvo un área superficial de 89.728 m<sup>2</sup>/g y una distribución de tamaño de poro de 1.72 nm. Al sulfatarlos, el carbón de sagú sulfatado (Css) alcanzó un área superficial de 101.999 m<sup>2</sup>/g, una distribución de tamaño de poro de 2.17 nm y una acidez de 1.587 mmol H<sup>+</sup>/g. El Css mostró las mejores características, haciéndolo un candidato ideal para la acetilación del alcohol isoamílico [2]. Estos hallazgos destacan el potencial de residuos de sagú y cacao como fuentes sostenibles para catalizadores eco-amigables.

El seguimiento cromatográfico demostró que el método de microondas es el más eficaz, logrando conversiones cercanas al 98% y alta selectividad (95.5% para Css y 99.5% para Ccs) tal como se puede observar en la Tabla 1. Estos resultados destacan el potencial de residuos de sagú y cacao como fuentes sostenibles para catalizadores y de la técnica de microondas como una alternativa a los métodos convencionales. [3]

**Tabla 1.** Selectividad a los diferentes productos de reacción con los distintos catalizadores.

Técnica de síntesis	Selectividad	
	Ccs	Css
Agitación magnética	96,24	97,39
Ultrasonido	94,15	96,69
Microondas	99,51	95,55

## Referencias

- [1] Warner, J. C., Cannon, A. S., & Dye, K. M. (2004). Green chemistry. *Environmental Impact Assessment Review*, 24(7–8), 775–799. <https://doi.org/10.1016/J.EIAR.2004.06.006>
- [2] Leofanti, G., Padovan, M., Tozzola, G., & Venturelli, B. (1998). *Surface area and pore texture of catalysts*.
- [3] Zare, M., Golmakani, M. T., & Sardarian, A. (2020). Green synthesis of banana flavor using different catalysts: a comparative study of different methods. In *Green Chemistry Letters and Reviews* (Vol. 13, Issue 2, pp. 82–91). Taylor and Francis Ltd. <https://doi.org/10.1080/17518253.2020.1737739>

# DESU-OEV-24: Extracción de niobio y tántalo de la escoria generada en la producción de estaño mediante tratamiento térmico y lixiviación con ácido oxálico

Darwin Michell Cheje Machaca\*, Jorge Alberto Soares Tenorio, Denise Croce Romano Espinosa,  
Thamyres Cardoso de Carvalho.

a Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil, 05508-080

b Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil, 05508-080

c Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil, 05508-080

d Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil, 05508-080

Email: dcheje12@usp.br

## Resumen

El niobio (Nb) y el tántalo (Ta) presentan propiedades como la resistencia a la corrosión y al desgaste, lo que los convierte en metales importantes en la composición de aleaciones metálicas, catalizadores y superficies [1]. Como resultado, la demanda de estos metales ha crecido debido a su uso en dispositivos electrónicos y tecnologías emergentes [2]. La presencia de Nb y Ta en diversas aplicaciones ha intensificado la exploración de recursos primarios para la extracción de estos metales, generando preocupaciones sobre su disponibilidad. Esta situación ha llevado a la clasificación de estos metales como críticos y estratégicos para algunos países, principalmente debido al riesgo de escasez y su importancia económica [3]. Para disminuir la dependencia de los recursos primarios de estos metales, se ha incrementado la exploración de alternativas que faciliten su obtención a partir de fuentes secundaria. En este contexto, la escoria de estaño proveniente de los procesos pirometalúrgicos de la casiterita para la obtención de estaño metálico aparece como una alternativa para la extracción de Nb y Ta. Estos elementos están presentes en concentraciones que varían del 2% al 25% en forma de  $(\text{Nb,Ta})_2\text{O}_5$ , lo que permite su recuperación y añade valor a los desechos de escoria acumulados en pilas durante varios años [4],[5]. Sin embargo, los procesos clásicos para la obtención de estos metales dependen del uso de HF en concentraciones que oscilan entre el 40% y el 48% y temperaturas inferiores a 100 °C, con pérdidas por volatilización entre el 6% y el 10%, lo que causa daños ambientales irreversibles si no se realiza un control adecuado. Para obtener Nb y Ta mediante métodos menos agresivos y económicamente viables, los procesos que emplean tratamiento térmico antes de la lixiviación son prometedores.

Este estudio investiga una ruta de tratamiento térmico para la obtención de Nb y Ta a partir de una escoria de estaño, con el objetivo de recuperar estos metales. La caracterización de la escoria de estaño mostró una composición de 5,5% de Nb y 0,6% de Ta. Para la extracción de los metales, se evaluó el sulfato ácido de potasio ( $\text{KHSO}_4$ ) para el tratamiento térmico, seguido fue realizado la lixiviación con ácido oxálico utilizando una

relación sólido-líquido de 1/30 a 90°C durante 2 horas, las condiciones se obtuvieron a partir de la simulación termodinámica. Las eficiencias obtenidas fueron de del 86% de Nb y 70% de Ta. Los resultados obtenidos destacan la viabilidad de este enfoque para la extracción eficiente de Nb y Ta de la escoria de estaño, contribuyendo como una alternativa viable para la recuperación de residuos acumulados que perjudican el medio ambiente, ofreciendo un destino industrial para este material.

## Referencias

- [1] W. Wei, L. Lin, L. Hongzhao, W. Hongliang, and C. Hongmin, "Recovery of rare earths and niobium from a potash feldspar ore beneficiation tailings," *Arab. J. Chem.*, vol. 16, no. 10, p. 105136, 2023.
- [2] Y. Ma, S. Stopic, L. Gronen, and B. Friedrich, "Recovery of Zr, Hf, Nb from eudialyte residue by sulfuric acid dry digestion and water leaching with H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> as a promoter," *Hydrometallurgy*, vol. 181, pp. 206–214, Nov. 2018, doi: 10.1016/J.HYDROMET.2018.10.002.
- [3] L. M. Martelo, P. M. S. Sousa, M. A. D. Silva, and H. M. V. M. Soares, "A critical updated review of all stages of the tantalum recycling chain from waste of tantalum capacitors," *Chem. Eng. J.*, vol. 472, p. 144917, Sep. 2023, doi: 10.1016/J.CEJ.2023.144917.
- [4] E. Allain, N. Kanari, F. Diot, and J. Yvon, "Development of a process for the concentration of the strategic tantalum and niobium oxides from tin slags," *Miner. Eng.*, vol. 134, pp. 97–103, Apr. 2019, doi: 10.1016/J.MINENG.2019.01.029.
- [5] A. L. A. Santos, R. I. F. F. Mayrink, E. M. Nigri, and S. D. F. Rocha, "Electrokinetic study of pyrochlore in the presence of calcium and magnesium electrolytes in the context of water reuse," *Colloids Surfaces A Physicochem. Eng. Asp.*, vol. 684, p. 133173, 2024.



# DESU-OEV-25: Adsorción selectiva de butanol y metil etil cetona empleando adsorbentes derivados de biomasa residual (Propuesta de Investigación)

Gabriela Laguna<sup>a</sup>, \* Hilda Reynel<sup>b</sup>

<sup>a</sup> Instituto Tecnológico de Aguascalientes, Aguascalientes, México 20256

<sup>b</sup> Instituto Tecnológico de Aguascalientes, Aguascalientes, México 20256

Email: <sup>a</sup> gaby.lagua@hotmail.com

## Resumen

En la búsqueda constante de biocombustibles que reemplacen a los combustibles derivados del petróleo se han desarrollado diversos estudios que señalan como potenciales biocombustibles al butanol y a la metil etil cetona (MEK) debido a las propiedades que presentan [1].

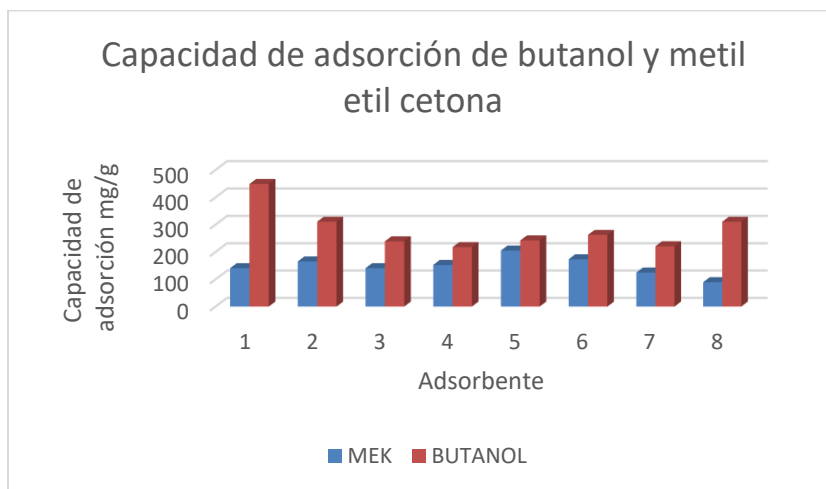
Estos compuestos se pueden obtener a partir de fuentes renovables como el CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub> verde y biomasa. Existen métodos alternativos de obtención, como la fermentación ABE para la obtención de butanol [2] mientras que para la obtención de MEK, el método que consiste en la producción fermentativa de 2,3-butanodiol (BDO) y la deshidratación catalítica de BDO a MEK [3]. Sin embargo, uno de los mayores desafíos al momento de obtener estos compuestos es que resultan ser tóxicos para los microorganismos productores, razón por la cual no se pueden obtener los productos a altas concentraciones.

Para poder aprovechar ambos compuestos es necesaria una etapa de recuperación donde sean purificados. Se han analizado diferentes técnicas de recuperación de estos compuestos, sin embargo, la adsorción mediante carbón activado ha demostrado ser un método eficaz al momento de su purificación [4].

El estudio se planea llevar a cabo en diferentes etapas, se iniciará realizando la preparación de materiales adsorbentes a partir de residuos de mazorca del maíz. Se evaluarán las variables que influyen en el proceso de síntesis; una vez que se obtengan los materiales se evaluará la capacidad de adsorción de MEK y butanol en solución acuosa determinado de esta manera las mejores condiciones de preparación. Se plantea obtener cinéticas e isothermas de adsorción analizando las variables que afectan al proceso. Y finalmente se determinará la selectividad del adsorbente mediante pruebas de adsorción competitivas de butanol y metil etil cetona.

Hasta el momento se han realizado pruebas preliminares con el fin de conocer un agente activante adecuado para el material que se desea obtener, de la misma manera, se han probado rutas de síntesis, obteniéndose ocho materiales, cada uno con un tratamiento diferente. Con los materiales obtenidos se realizaron pruebas

de adsorción para butanol y para metil etil cetona a una concentración de 10 g.L<sup>-1</sup>, se realizaron los ensayos a una temperatura de 25°C y se sometieron a agitación constante por 24 horas, obteniéndose las capacidades de adsorción mostradas en la siguiente figura.



**Figura 1.** Capacidades de adsorción de butanol y metil etil cetona.

## Referencias

- [1] F. Hoppe, B. Heuser, M. Thewes, F. Kremer, S. Pischinger, M. Dahmen, M. Hechinger, W. Marquardt. *International Journal of Engine Research* (2016) 16-27.
- [2] M. Bilal, J. A. Shah, T. Ashfaq, S. Gardazi, A. Tahir, A. Pervez, H. Haroon, Q. Mahmood. *Journal of Hazardous Materials* (2013) 322-333.
- [3] A. R. Varma, B. S. Shrirame, S. Gadkari, K. Raja, V. Kumar, S. K. Maity. *Chemical Engineering Journal* (2024) 151297.
- [4] C. Trilokesh, K. B. Uppuluri. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology* (2023) 102966.

# DESU-OEP-28: Aplicación de pretratamientos enzimáticos y de ultrasonido para la extracción de cafeína en pulpa de café.

Juan Diego Torres De La Ossa<sup>a</sup>, Edith Cadena Chamorro<sup>b</sup>, Luz Marina Ocampo Carmona<sup>c</sup>

<sup>a</sup> Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia, 050036, jdtorresde@unal.edu.co

<sup>b</sup> Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia, 050036, emcadenac@unal.edu.co

<sup>c</sup> Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia, 050036, lmocampo@unal.edu.co

## Resumen

Colombia ocupa el tercer lugar en la producción global, con una producción en el año 2022 de 11,1 millones de sacos de 60 kg. En el proceso de beneficio del café se generan residuos que, de no ser tratados de la manera correcta pueden terminar contaminando fuentes de agua y generar deterioro de los ecosistemas [1]. La cafeína es el compuesto de mayor interés en el café, representando el 74% de su uso en bebidas (debido a sus propiedades energéticas y estimulantes), 25% en la industria farmacéutica (estimulantes del sistema nervioso central, analgésicos, diuréticos, tratamiento de resfriados, pérdida de peso y otros trastornos) [2], [2] y el 1% restante en la industria química (síntesis de otros compuestos, aprovechando propiedades como la no toxicidad y estabilidad a la humedad, lo que la hace útil como catalizador en reacciones orgánicas) [4].

Para extraer compuestos bioactivos presentes en matrices vegetales, como el café, se emplean técnicas de extracción convencionales, principalmente mediante disolventes, calor y agitación [5].

Una alternativa avanzada es el uso de fluidos supercríticos, siendo el dióxido de carbono el más común debido a su bajo costo, respeto por el medio ambiente, y condiciones suaves que no degradan los compuestos extraídos. Además, el CO<sub>2</sub> supercrítico está aprobado por la FDA y la EFSA para su uso seguro en aplicaciones alimentarias y farmacéuticas [6]. En la actualidad existen técnicas no convencionales de extracción como los pretratamientos enzimáticos y de ultrasonido, que son ampliamente estudiados y pueden acoplarse a la extracción con fluidos supercríticos, pues facilitan la ruptura de una compleja red de polisacáridos compuesta por pectina, celulosa, lignina, proteínas y hemicelulosas para liberar las moléculas bioactivas atrapadas en ella, lo que mejora la permeabilidad de dichas estructuras al disolvente, el rendimiento de la extracción y acorta los tiempos de ciclo del proceso [7].

En esta investigación se utilizó pulpa de café de la variedad Castillo, cultivada en La Paz, Cesar. El café se recolectó manualmente, seleccionando granos maduros, y se redujo el tamaño de las partículas entre 400-600 micras, con una humedad promedio de 7,43% y una densidad de 311,25

kg/m<sup>3</sup>. Se aplicó un pretratamiento enzimático con dos formulaciones, Viscozyme y Cellic CTeC2, para descomponer celulosa, hemicelulosa y lignina. Se evaluaron diferentes relaciones

sustrato/enzima y se construyeron curvas para determinar la dosis óptima. Con la enzima Cellic, se alcanzó un máximo de 7 g/l de azúcares reductores a 10 U/g de pulpa, mientras que Viscozyme

produjo 11 g/l a 10-12 U/g. Se exploró el efecto del ultrasonido, que aumentó en un 40% la liberación de azúcares con Viscozyme y un 15% con Cellic.

Se llevó a cabo un diseño experimental factorial 2<sup>2</sup> para evaluar la influencia y relación entre las variables proceso y tiempo en la producción de azúcares, medida por HPLC. Los factores estudiados fueron el tiempo (2 y 4 horas) y el proceso (secuencial y simultáneo). Las gráficas factoriales revelaron que la combinación secuencial en 2 horas generó la mayor producción de azúcares. Sin embargo, el uso simultáneo de enzimas y ultrasonido inhibió la hidrólisis enzimática, disminuyendo la cantidad de azúcares. Además, se diseñó otro experimento para analizar el efecto de la sonicación en combinación con la hidrólisis enzimática, utilizando un equipo de ultrasonido por sonda. Se evaluaron las variables tiempo (4, 6 y 8 minutos) y amplitud (30, 40 y 50%) mediante un diseño factorial 2<sup>2</sup> con dos réplicas y puntos centrales. Los resultados del ANOVA indicaron que la amplitud tuvo un mayor impacto en la liberación de azúcares, siendo el punto central la mejor configuración. Así mismo, se realizaron mediciones por HPLC para cafeína en el residuo y después de los tratamientos enzimáticos, de baño ultrasónico y de sonda ultrasónica. Para la pulpa se tiene un contenido de cafeína de 89,01 mg/g de pulpa. Bajo las condiciones de pretratamiento enzimático y ultrasónico por baño de inmersión no hubo diferencias estadísticas entre los tratamientos, teniendo en promedio 1,26 mg cafeína/g en solución. Bajo las condiciones de sonda ultrasónica se obtuvieron en promedio 2,09 mg cafeína/g pulpa en solución.

## Referencias

- [1] F. M. Damatta, C. P. Ronchi, M. Maestri, and R. S. Barros, "Ecophysiology of coffee growth and production," *Braz. J. Plant Physiol*, vol. 19, no. 4, pp. 485–510, 2007, doi: <https://doi.org/10.1590/S1677-04202007000400014>.
- [2] V. Kumar and G. A. Ravishankar, "Current trends in producing low levels of caffeine in coffee berry and processed coffee powder," *Food Reviews International*, vol. 25, no. 3, pp. 175–197, Jul. 2009, doi: 10.1080/87559120802458099.
- [3] M. J. Arnaud, "The pharmacology of caffeine," 1987. doi: 10.1007/978-3-0348-9289-6\_9.
- [4] M. Bakherad, A. Keivanloo, E. Moradian, A. H. Amin, R. Doosti, and M. Armaghan, "Practical and efficient synthesis of tetrahydrobenzo[b]pyran using caffeine supported on silica as an ionic liquid solid acid catalyst," *Journal of the Iranian Chemical Society*, vol. 15, no. 12, pp. 2811–2819, Dec. 2018, doi: 10.1007/s13738-018-1468-y.
- [5] J. Azmir *et al.*, "Techniques for extraction of bioactive compounds from plant materials: A review," *J Food Eng*, vol. 117, no. 4, pp. 426–436, 2013, doi: 10.1016/j.jfoodeng.2013.01.014.
- [6] M. Herrero, J. A. Mendiola, A. Cifuentes, and E. Ibáñez, "Supercritical fluid extraction: Recent advances and applications," Apr. 2010. doi: 10.1016/j.chroma.2009.12.019.
- [7] P. D. Patil, S. P. Patil, R. K. Kelkar, N. P. Patil, P. V. Pise, and S. S. Nadar, "Enzyme-assisted supercritical fluid

extraction: An integral approach to extract bioactive compounds," Oct. 01, 2021, *Elsevier Ltd.* doi: 10.1016/j.tifs.2021.07.032.



# DESU-OEV-29 Valorización de óxido de zinc recuperado de pilas alcalinas alcalinas ( $\text{MnO}_2\text{-Zn}$ ).

**Juan Carlos Rodríguez Lopez<sup>a\*</sup>, Susana Hernández López<sup>b</sup>, Nidia García González<sup>c</sup>, Victor Hugo Castrejón Sánchez<sup>c</sup>, Marco Antonio Camacho López<sup>b</sup>, Enrique Viguera Santiago<sup>b</sup>.**

<sup>a</sup> Universidad Autónoma del Estado de México (UAEMéx), Maestría en Ciencia de Materiales, Facultad de Química, Campus Rosedal Km 14.5 Carretera Toluca-Atlaconulco, Toluca, México, C.P 50200.

<sup>b</sup> Autónoma del Estado de México (UAEMéx), Laboratorio de Investigación y Desarrollo de Materiales Avanzados (LIDMA), Facultad de Química, Campus Rosedal Km 14.5 Carretera Toluca-Atlaconulco, Toluca, México, C.P 50200.

<sup>c</sup> Tecnológico de Estudios Superiores de Jocotitlán, Departamento de Ingeniería Química, Carretera Toluca-Atlaconulco km 44.8, Ejido de San Juan y San Agustín, Jocotitlán, Edo. México, México. C.P. 50700

Email: [\\*juancarlos863.jcl@gmail.com](mailto:*juancarlos863.jcl@gmail.com), [shernandezl@uamex.mx](mailto:shernandezl@uamex.mx), [macamacholo@uaemex.com](mailto:macamacholo@uaemex.com), [eviguerass@uaemex.mx](mailto:eviguerass@uaemex.mx), [nidia.gonzalez@tesjo.edu.mx](mailto:nidia.gonzalez@tesjo.edu.mx), [victor.castrejon@tesjo.edu.mx](mailto:victor.castrejon@tesjo.edu.mx).

## RESUMEN

El óxido de zinc es uno de los semiconductores más utilizados debido a su estabilidad química, lo que transfiere propiedades reproducibles; además de tener variadas aplicaciones y poseer nula toxicidad. Se han desarrollado múltiples rutas de síntesis que permiten modificar su morfología para sintonizar sus propiedades [1,2]. Sin embargo, el óxido de zinc generado durante la vida útil de las pilas alcalinas ha sido poco estudiado. Este óxido de zinc es un subproducto de la generación de energía y como se muestra en este trabajo, puede recuperarse sin la generación de residuos químicos [3].

Dada la gran variedad de pilas gastadas disponibles, en este trabajo se eligieron elementos de estudio, pilas RL6 las cuales se recolectaron en el centro de acopio de nuestro laboratorio, se clasificaron por su voltaje residual y se realizó un estudio sistemático de sus características morfológicas y estructurales, así como de su respuesta fotoluminiscente. La valorización se realizó por Calorimetría Diferencial de Barrido, Difracción de Rayos X, Microscopía Electrónica de Barrido, así como Espectroscopía Raman y de ultravioleta Visible.

El óxido de zinc obtenido de los ánodos de pilas gastadas presenta una morfología en forma de barras de tamaño micrométrico, las cuales tienen cambios en la relación de aspecto acorde a su voltaje residual. Las barras de óxido de zinc recuperado, al excitarse con la longitud de onda de 365nm, presentan luminiscencia en la región del amarillo-naranja. Se concluye que el óxido de zinc recuperado de pilas gastadas es un material prometedor por su fácil recuperación y su estudio muestra, que es una materia prima sostenible, y ecológicamente su uso extendido puede ayudar a minimizar la contaminación ambiental. Es una materia prima elegible para la generación de nuevos materiales como los compuestos poliméricos con aplicaciones en recubrimiento de superficies, electrónica flexible, entre otras aplicaciones.

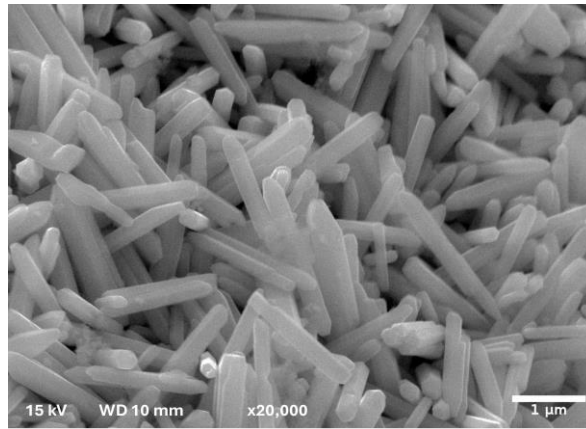


Figura 1. Barras de óxido de zinc recuperado de ánodos de pilas con un voltaje residual promedio de 30 mV.

## Referencias

- [1] Sayilgan, E., Kukrer, T., Civelekoglu, G., Ferella, F., Akcil, A., Veglio, F., & Kitis, M. (2009). A review of technologies for the recovery of metals from spent alkaline and zinc-carbon batteries. *Hydrometallurgy*, 97(3-4), 158-166. doi:10.1016/j.hydromet.2009.02.008
- [2] Deep, A., Kumar, K., Kumar, P., Kumar, P., Sharma, A. L., Gupta, B., & Bharadwaj, L. M. (2011). *Recovery of Pure ZnO Nanoparticles from Spent Zn-MnO<sub>2</sub> Alkaline Batteries. Environmental Science & Technology*, 45(24), 10551-10556. doi:10.1021/es201744t
- [3] Sardá, Carlos; Escalante, Germán; García-Díaz, Irene; López, Félix A.; Fernández, Paloma (2017). Luminescence and gas-sensing properties of ZnO obtained from the recycling of alkaline batteries. *Journal of Materials Science*, (), -. doi:10.1007/s10853-017-1667-4

## Agradecimientos

Se agradece a los proyectos CONAHCyT A1-S33899; Proyectos de Investigación Científica, Desarrollo Tecnológico e Innovación; Convocatoria 2024; Tecnológico Nacional de México. Así mismo se agradece al Centro de Cooperación Academia-Industria del Tecnológico de Estudios Superiores de Jocotitlán por el apoyo brindado a través de los equipos de Difracción de Rayos X, Microscopio Electrónico de Barrido y Raman con el proyecto nombrado Desarrollo de un prototipo de filtro para la limpieza de agua a partir del compuesto Hap/ZnO. Juan Carlos Rodriguez Lopez con CVU 1313982, agradece al CONAHCyT por la beca de maestría.

# DESU-OCV-30: Biocarbonos de Borra de Café con potencial uso en remediación ambiental.

Luigi Merchán Suárez, Yazmín Agamez-Pertuz, Eduard Romero Malagón<sup>a</sup>

<sup>a</sup> *Departamento de Química, Facultad de Ciencias, Universidad de Colombia, Bogotá.*

## Resumen.

La borra de café (Borra), un residuo abundante de la industria cafetera, presenta un potencial como materia prima para la producción de biocarbón con aplicaciones ambientales, específicamente en la adsorción de contaminantes. En este trabajo se carbonizó a 400 y 700 °C, en N<sub>2</sub>, tiempo de residencia ( $t_{res}$ ) de 1 h y activación con CO<sub>2</sub>, los materiales se denominaron Cx ó CAx, donde x corresponde a las temperaturas trabajadas. La caracterización se llevó a cabo por análisis termogravimétrico (TGA), espectroscopía Raman y sortometría de nitrógeno a 77 K.

Los resultados de TGA revelaron que la pirólisis de la borra de café, tanto a 400 °C como a 700 °C, incrementa significativamente la estabilidad térmica del material. Esto se evidencia en el aumento de las temperaturas de ignición 200 °C en la borra original a 300 °C y 450 °C en C400 y C700, y de pico de 300 °C a 450 °C y 650 °C, respectivamente. Estos cambios están directamente relacionados con el incremento en el contenido de carbono fijo de 16.1% a 64.8% y 87.3% y la disminución de la materia volátil (de 65.3% a 28.3% y 8.2% para la borra C400 y C700, respectivamente). La activación con CO<sub>2</sub>, puede influir sutilmente en la temperatura de ignición, aumentando, como se observa en la muestra CA400 con una temperatura de ignición de 350 °C comparada con 300 °C de C400.

El espectro Raman muestra la evolución de las bandas G (~1580-1600 cm<sup>-1</sup>) y D (~1350 cm<sup>-1</sup>), distintivas del carbono gráfico, indicando la formación de estructuras aromáticas ordenadas, aunque con defectos [1,2]. La activación con CO<sub>2</sub>, tanto a 400 °C como a 700 °C, introduce una mayor desorganización estructural, incrementando la relación de intensidades D/G en el espectro Raman, lo que se correlaciona con la creación de poros y el aumento de la superficie específica observados en los análisis de adsorción [3].

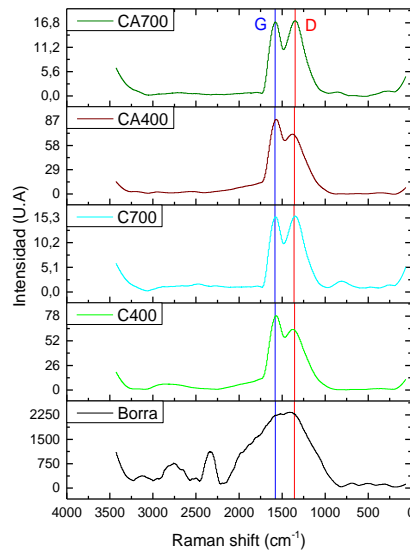


Figura 1. Espectros Raman para la biomasa, biocarbonos y carbones activados provenientes de la borra de café

El tratamiento térmico unido a la activación con CO<sub>2</sub> desarrolló el área BET ( $S_{BET}$ ) en C400<sub>CO2</sub> C700<sub>CO2</sub> alcanzando 107 y 119  $\pm$  5 m<sup>2</sup>/g respectivamente. El aumento del  $t_{res}$  para obtener C700<sub>CO2</sub> incrementó el  $S_{BET}$  a 150 m<sup>2</sup>/g mostrando la formación de nuevos poros. Se obtuvieron materiales con valor agregado y potencial para la adsorción de contaminantes.

## Referencias

- [1] *Raman spectroscopy of carbon materials and their composites: Graphene, nanotubes and fibres—ScienceDirect.* (s. f.). Recuperado 6 de septiembre de 2024, de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S007964252300021X>
- [2] Ferrari, A. C., & Robertson, J. (2000). Interpretation of Raman spectra of disordered and amorphous carbon. *Physical Review B*, 61(20), 14095-14107. <https://doi.org/10.1103/PhysRevB.61.14095>
- [3] Sevilla, M., & Fuertes, A. B. (2009). Chemical and structural properties of carbonaceous products obtained by hydrothermal carbonization of saccharides. *Chemistry (Weinheim an Der Bergstrasse, Germany)*, 15(16), 4195-4203. <https://doi.org/10.1002/chem.200802097>

# DESU-OCP-31: Simulación dinámica molecular de la extracción de lantano utilizando un solvente eutéctico profundo

Luver Echeverry-Vargas <sup>1\*</sup> y Luz Marina Ocampo Carmona<sup>2</sup>

1 Departamento de Ingeniería metalúrgica, Universidad de Concepción; Chile

2 Departamento de materiales y minerales, Universidad Nacional de Colombia

\*Autor correspondiente: Profesor asistente, Departamento de Ingeniería metalúrgica, Universidad de Concepción, Chile, Edmundo Larenas 285, Concepción, Biobío, Chile. Email: lecheverry@udec.cl

## Resumen

En respuesta al creciente interés por sistemas de extracción más sostenibles, los solventes eutécticos profundos (DES) han surgido como una alternativa prometedora a los reactivos convencionales en la recuperación de metales. Este trabajo se centra en investigar la extracción de lantano en solución de ácido sulfúrico mediante el empleo de un DES, utilizando simulaciones de dinámica molecular (MD). Se exploraron las características estructurales del solvente y sus interacciones con los componentes de la solución acuosa. En esta investigación se diseñó un solvente eutéctico profundo a base de bromuro de tetraetilamonio (TEABr). Según los resultados de las simulaciones MD, se destacan las interacciones primarias entre los pares OG-La (4.9 Å) y CM-La (4.4 Å). Se evidencia que, al aumentar la temperatura de 25 a 80 °C, la distancia de interacción entre el par CM-La disminuye a 2.4 Å, sugiriendo una posible correlación con el aumento en la extracción de lantano, corroborado experimentalmente, este trabajo destaca la importancia de comprender las interacciones estructurales fundamentales entre el DES y la solución ácida de lantano, proporcionando una base teórica esencial para investigaciones experimentales futuras.

# DESU-OCV-32: Síntesis de carbones activados de biomasa agroindustrial para la adsorción eficiente de surfactantes en el tratamiento de aguas de producción

Michell Andrey Jiménez-Caballero\*, Andrés Alejandro Pacheco-Gómez, Lesly Valentina Contreras-Silva, Daniel Ricardo Molina-Velasco, Darío Yesid Peña-Ballesterosa, Adan Yovani León-Bermúdeza

a Grupo de Investigaciones en Corrosión (GIC), Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia, Código Postal 680002.

b Laboratorio de Espectroscopia Atómica y Molecular (LEAM), Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia, Código Postal 680002.

\*Correo de correspondencia: michell2208108@correo.uis.edu.co

## Resumen

El tratamiento adecuado de las aguas de producción representa un reto importante para la industria petrolera, dada la necesidad de eliminar compuestos orgánicos persistentes que son difíciles de remover con tecnologías convencionales. Entre las técnicas más prometedoras se encuentra la adsorción, que utiliza materiales porosos para capturar metales pesados, hidrocarburos aromáticos (BTEX), aceites y otros contaminantes [1,2].

A pesar de la amplia variedad de adsorbentes disponibles, los carbones activados se destacan debido a su versatilidad y alta capacidad de adsorción, incluso en condiciones adversas. En este contexto, los componentes lignocelulósicos de la biomasa residual vegetal ofrecen una alternativa ecoeficiente para la síntesis de carbones activados, permitiendo no solo el tratamiento eficiente de aguas contaminadas, sino también una estrategia para mitigar la acumulación de desechos agroindustriales [3].

En esta investigación, se sintetizaron carbones activados a partir de biomasa residual de cacao y café, los cuales exhiben una porosidad mesoporosa que se traduce en una alta capacidad de adsorción, con una eficiencia sobresaliente en la retención de surfactantes de distinta naturaleza, los cuales fueron: Tween 80 (T80), dodecilsulfonato de sodio (SDBS) y redicote E-4868 (RTE).

Bajo estas condiciones, los carbones activados lograron una adsorción promedio del 92,33 % para los surfactantes T80, SDBS y RTE, superando las limitaciones de los métodos convencionales. En particular, el surfactante aniónico SDBS presentó la mayor adsorción, con un promedio del 96,01 %, debido a la fuerte atracción entre las cargas positivas del carbón activado y las cargas negativas del surfactante.

Finalmente, el uso de biomasa residual como cacao y café no solo ofrece una solución eficaz para la eliminación de contaminantes en aguas de producción, sino que también proporciona una alternativa sostenible para el manejo de residuos agroindustriales, contribuyendo a la reducción de costos y al aprovechamiento de materiales desechados. Esta tecnología avanzada promete ser una solución ambientalmente amigable y

económicamente viable en el tratamiento de aguas de producción de la industria petrolera.

## Referencias

- [1] G. Özsin, M. Kılıç, E. Apaydın-Varol, & A. E. Pütün. *Applied Water Science* 9(3) (2019) 1-14.
- [2] A. Ibrahim, A. Ismail, H. Juahir, M. Ovinis, Y. N. Ihsan, S. Sudioanto, & A. M. Kassim. *Kuwait Journal of Science* 51(4) (2024) 100247 1-9.
- [3] M. Lewoyehu. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis* 159 (2021) 105279 1-17.

# DESU-OCV-33: Madera sintética (WPC) a partir de lignina extraída de carbón mineral de bajo rango y plástico posconsumo. Contribución ambiental

Ramírez Triana Edwin <sup>a</sup>, Ramírez Ramírez Deicy <sup>b</sup>, Sarmiento Monsalve Jeymy <sup>c</sup>, Jiménez Montoya Álvaro <sup>d</sup>.

*a Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, Colombia 110311*

*b Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, Colombia 110311*

*c Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, Colombia 110311 \**

*d Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, Colombia 110311*

*Email: aesramirez@udistrital.edu.co; bdnramirezr@udistrital.edu.co; cjtsarmientom@udistrital.edu.co\*; djajymenez@udistrital.edu.co*

## Resumen

Durante el año 2022 la tasa de deforestación en Colombia disminuyó en un 10% según el Sistema de Monitoreo de Bosques y Carbono del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM, con un total de 156.693 hectáreas deforestadas, (Cardona, 2022) convirtiéndolo en un país forestal, sin embargo, el verdadero reto de la humanidad es lograr que la deforestación se elimine por completo. Sin embargo, no solo la deforestación representa un problema ambiental; los plásticos son un problema igual o aún más grande, pues el uso desmesurado de estos polímeros y su difícil degradación han generado que estos desechos se conviertan en un problema ambiental, de hecho, de seguir la tendencia para el año 2050 habrán cerca de 12 millones de toneladas de plástico que se demoran mínimo 100 años en degradarse (Lopez, Pomaquero, & Lopez J, 2020) Con el fin de aportar a la disminución de la deforestación el Semillero de CARBONES de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas durante más de una década ha venido trabajando en la elaboración de un producto maderable (Jimenez Montoya, Salamanca, & Rodriguez, 2015). Este proceso se ha realizado con el fin de desarrollar un producto maderable que pueda ser usado industrialmente, con buenas características físicas y mecánicas, pero aún más importante que sea un producto de alto valor añadido, aportando así al ODS 15 que respecta a la conservación de la vida de los ecosistemas terrestres. (Alvarado, 2024)

El apartado experimental se dividió en tres etapas, para la primera etapa se realiza la caracterización del carbón abarcando el análisis próximo y último, seguido de la extracción de lignina y su respectiva caracterización; en la segunda etapa se realiza la modificación estructural de la lignina por medio de radiación UV y la tercera etapa se basa en la síntesis de la resina U-F y finalizando la elaboración del producto maderable. Como resultados se obtuvo que la muestra de carbón extraída de la mina xx en el municipio de Tunja, Boyacá corresponde a carbón sub bituminoso debido a su porcentaje de humedad, cenizas, entre otros teniendo en cuenta las distintas normas ASTM-D. (González, y otros, 2020). En la extracción de la lignina se logra un rendimiento de reacción del 55% y realizando su respectiva caracterización en comparación con el blanco,

que corresponde a una muestra de lignina Kraft comercial, demostrando picos similares en los distintos espectros (IR, UV, TGA). Respecto a su modificación estructural presenta resultados favorables pues la tensión C=O se evidencia en los espectros.

Respecto a la metodología para la síntesis del producto, cabe resaltar un proceso extenso que cuenta con diversos pasos de reacción, en primer lugar se debe extraer la lignina del carbón mineral, seguido de la respectiva caracterización y modificación estructural, con el fin de mejorar los puntos de activación para la formación de enlaces y por último la síntesis de la resina U-F para la elaboración del producto final maderable. En cuanto a la pieza maderable es compacta y algunas de las muestras son poco porosas, pero aún se necesitan pruebas mecánicas para informar más sobre las características de la pieza (Sahoo, Sil, & Solanki, 2020).

## Referencias

- [1] Cardona, A. (2022). *Mongabay*. Obtenido de Deforestación en Colombia disminuyó en 2022: <https://es.mongabay.com/2023/05/deforestacion-en-colombia-disminuyo-en-2022-bosques/>
- [2] Lopez, J., Pomaquero, J., & Lopez J. (2020). Análisis de la contaminación ambiental por plásticos en la ciudad de Riobamba. *Polo de conocimiento*, 19.
- [3] Jimenez Montoya, J., Salamanca, H., & Rodriguez, C. (2015). *Elaboración de madera sintética a partir de lignina extraída de carbón de bajo rango, modificada por radiación UV y por acción de enzimas lignolíticas*. Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá. Obtenido de <https://repository.udistrital.edu.co/items/399f4811-fd1e-4b8c-9fc4-07435f6445fe>
- [4] Alvarado, H. A. (2024). *FECHAC y los ODS: Informe de inversión social para el desarrollo sostenible 2022-2023*. Chihuahua: Fundación del Empresariado Chihuahuense, A. C.
- [5] González, E., Martínez, D., García, A., Ramos, G., Camporedondo, E., & Cano, B. (2020). *Geomimet (Asociación de ingenieros de minas metalúrgicas y geólogos de México A.C.)*. Obtenido de Evaluación de una técnica alternativa para el análisis de ceniza en muestras de carbón: <https://www.revistageomimet.mx/2020/02/evaluacion-de-una-tecnica-alternativa-para-el-analisis-de-ceniza-en-muestras-de-carbon/#:~:text=Clasificaci%C3%B3n%20del%20carb%C3%B3n&text=En%20la%20Norma%20A.S.T.M.,sub%20bituminosos%20y%20los%20lignitos>
- [6] Sahoo, S., Sil, A., & Solanki, R. (2020). Effect of adhesive performance of liquid urea formaldehyde (UF) resin when used by mixing with solid UF resin for manufacturing of wood based panels. *International Journal of Scientific and Research publications (IJSRP)*. doi:10.29322/ijsrp.10.04.2020.p10065

# DESU-OCP-34: Comportamiento mecánico y acústico de hormigón de residuos plásticos hospitalarios y fibra de coco

Marling Andrea Mosquera Moreno<sup>a</sup>, Mónica Cecilia Marín Roldán<sup>b</sup>, Carlos Fernando Ramírez Murillo<sup>c</sup>,  
Oscar Felipe Arbeláez Pérez<sup>d</sup> \*

<sup>a</sup> Universidad cooperativa de Colombia, Semillero de investigación en materiales y estructuras, Medellín, Colombia, 050012.

<sup>b</sup> Universidad cooperativa de Colombia, Semillero de investigación en materiales y estructuras, Medellín, Colombia, 050012.

<sup>c</sup> Universidad cooperativa de Colombia, Semillero de investigación en materiales y estructuras, Medellín, Colombia, 050012.

<sup>d</sup> Universidad cooperativa de Colombia, Grupo de investigación Termomec, Medellín, Colombia, 050012.

Email: <sup>d</sup> [oscar.arbelaez@campusucc.edu.co](mailto:oscar.arbelaez@campusucc.edu.co)

## Resumen

Alrededor de 400 millones de toneladas de residuos plásticos RP son producidas por año [1], estas contaminan el medio ambiente, y en particular, los residuos plásticos hospitalarios RPH, provenientes de clínicas, hospitales y centros de investigación, entre otros, contienen diversos biocontaminantes, que amenazan la salud y los ecosistemas. El uso de RP, incrementa la absorción acústica del hormigón. Asimismo, la generación de 200 millones de toneladas/año de coco [2], con un desperdicio del 70%, requiere rutas de aprovechamiento. El uso de fibra de coco FC, mejora las propiedades acústicas del hormigón [3]. Dadas la mejora significativa de la absorción acústica con el uso individual de estos residuos, este trabajo evalúa su efecto combinado en las propiedades acústicas del hormigón. Los precursores se caracterizaron acorde a la normatividad ASTM. La muestra de control se diseñó con relación agua/cemento de 0.5, asentamiento de 10 cm y 28 MPa de resistencia. Se prepararon mezclas de hormigón con sustitución del 5% en masa de los agregados finos, y relaciones RPH:FC 0:0, 1:0, 1:1, 1:2; 1:3 y 1:4. Se elaboraron especímenes cilíndricos de 10cmx20cm y prismáticos de 35cmx25cmx25cm. El día 28, se midió la resistencia a compresión empleando un equipo de compresión simple. Empleando una cámara reverberante de poliestireno compuesta por sala emisora y receptora, y con la muestra prismática de hormigón entre ambas, se generó una frecuencia de 63 Hz, (programa Audacity), y con un sonómetro (UNIT-T UT353 BT) se midió el nivel sonoro, y a partir de éstos, se calculó la pérdida de transmisión de sonido (energía transmitida dB - energía incidente dB). Se encontró que la incorporación de un 5% de RPH disminuye un 21% la resistencia del hormigón tradicional, tendencia relacionada con la menor fuerza de unión entre las partículas de RPH y la matriz del cemento. Asimismo, la FC modificó la resistencia en 12.46%, -6.42%, -8.44% y -25.54% en las mezclas 1:1, 1:2, 1:3 y 1:4,

respectivamente. La tendencia en la disminución después de alcanzar un máximo en la relación 1:1, es porque la fibra se vuelve un racimo y se rompe al aplicar carga, comportamiento descrito por otros autores [4]. Se encontró que la mezcla 1:0 no presentó un cambio significativo en el coeficiente de absorción con respecto al control. Se encontró que un aumento en el contenido de FC aumenta la pérdida de transmisión de sonido, alcanzado un máximo en la relación 1:2, lo cual se debe a la elevada porosidad de la FC, en línea con otros autores [5]. La adición de FC a los RPH genera una mejora en la resistencia y en la pérdida de transmisión de sonido. Se espera mitigar la gestión y valorizar los RPH y FC.

## Referencias

- [1] A. Kumar, H. S. Pali, and M. Kumar. *Sustain. Energy Technol. Assessments*. 55 (2023) 102924.
- [2] M. Wang et al. *Mater. Sci. Eng. B*. 307 (2024) 117509.
- [3] J. Segura, I. Montava, E. Juliá, and J. M. Gadea. *Constr. Build. Mater.* 426 (2023) 136054
- [4] C. Demirdağ et al. *Constr. Build. Mater.* 412 (2023) 2–9.
- [5] E. Alexander, M. Velasquez, E. André, and S. Tejada,. Evaluación de las propiedades acústicas del concreto utilizando ladrillo recocho triturado como agregado grueso. Tesis de pregrado. Universidad de Piura. 2023

# DESU-OEV-36: Título: Aprovechamiento del cuesco de palma africana en la generación de carbones activados para la remoción de surfactantes aniónicos presentes en aguas de producción.

Sergio Castellanos Amador<sup>a\*</sup>, Adan León Bermúdez<sup>b</sup>, Dario Peña Ballesteros<sup>c</sup>, Daniel Molina Velasco <sup>d</sup>

<sup>a</sup> Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia, 680001

<sup>b</sup> Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia, 680001

<sup>c</sup> Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia, 680001

<sup>d</sup> Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia, 680001

Email: <sup>a</sup> sergio.castellanos5@correo.uis.edu.co.

## Resumen

El agua de producción se obtiene en conjunto con el petróleo y su relación de corte depende las condiciones del proceso de extracción en el yacimiento. Su obtención es variable, alcanzándose valores alrededor de 98% en campos maduros [1]. Colombia no es ajena a esta situación, ya que los reportes indican una producción promedio de trece barriles de agua por barril de petróleo[2]. No obstante, para incrementar la producción de hidrocarburos y disminuir el corte de agua, la industria petrolera ha venido implementado el método de recobro químico con el uso de surfactantes. En este tipo de procesos se obtienen altos volúmenes de agua con diferentes propiedades fisicoquímicas y múltiples compuestos orgánicos e inorgánicos que pueden ser nocivos para el medioambiente. Por tanto, para mitigar estos inconvenientes es necesario realizar un adecuado tratamiento químico de las aguas de producción antes de su disposición final que, por lo general, es para vertimiento en cuerpos de aguas superficiales y subterráneos [3].

En esta investigación se obtuvieron carbones activados a partir de biomasa residual de cuesco de palma, con el propósito de evaluar su capacidad como material adsorbente del surfactante aniónico dodecibenceno sulfonato sódico (SDBS) presente en aguas de producción, siendo una alternativa sostenible. Inicialmente, el cuesco de palma seco se trituró y clasificó en tres tamaños de partícula con valores de 8-12(A), 12- 20(B) y 20-30(C) mesh. Los carbones activados fueron preparados en un horno tubular Carbolite con control de temperatura y atmosfera inerte con N<sub>2</sub>. Las pruebas se ajustaron mediante un diseño factorial 2<sup>3</sup> sobre el material B, usando como variable de respuesta el área superficial. Así mismo, como variables independientes fueron seleccionadas la temperatura (430-480 °C), la relación de impregnación (RI) de H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> (1-1,5), y el tiempo de reacción (30-60 min). Los carbones activados A y B fueron preparados con las condiciones óptimas en la preparación del carbón activado B, las cuales fueron establecidas a 480 °C, 1.5 (RI) y tiempo de reacción de 30 min. A partir de las propiedades texturales se determinó que las áreas superficiales para los carbones activados A, B y C estuvieron alrededor de 920, 1264 y 1543m<sup>2</sup>/g, respectivamente. Adicionalmente, los resultados de caracterización mediante espectroscopia FTIR-ATR permitieron establecer que el proceso de

adsorción es favorecido por el contenido de grupos funcionales tipo -COOH y -OH asociados principalmente a especies de ácidos carboxílicos y fenoles.

Los análisis de adsorción determinados con el espectrofotómetro UV-VIS mostraron que la eficiencia de adsorción del surfactante SDBS para los carbones activados estuvo en el orden de 93.84, 97.01 y 98.15 %, para A, B y C. El comportamiento de la remoción del SDBS fueron ajustados con los modelos de adsorción de Freundlich, Langmuir y Temkin, y sus coeficientes de correlación  $R^2$  fueron de 98.6, 97.1 y 95.9, respectivamente. Los resultados de remoción y el modelo de Freundlich, indican que los carbones activados obtenidos a partir de hueso de palma africana permiten remover altas trazas del surfactante SDBS, y estos materiales pueden ser aplicados en una etapa complementaria al tratamiento de las aguas de producción de forma sostenible.

### Referencias

- [1] G. Isaac K., A. Hossain M., and B. Hseen O., "Produced Water Treatment Technologies: An Overview," pp. 500–500, 2020, doi: 10.34077/semicond2019-500.
- [2] Ecopetrol S.A., "Informe integrado de gestión 2022," no. 36, p. 11, 2023.
- [3] A. T. Ortega Ramírez, Y. Fernanda Arcila, and L. M. Vargas Díaz, "Review of the diagnosis of production water treatment in Colombian petroleum fields," vol. 19, no. 2, pp. 61–75, 2019, [Online]. Available: <https://doi.org/10.19053/1900771X.v19.n2.2019.12883>

# DESU-OCV-37: Preparación de adsorbentes derivados de cáscara de coco para la remoción de antibióticos en agua

Jhon Faber Quintero Sandoval<sup>a\*</sup>, Adrián Bonilla Petriciolet<sup>b</sup>.

<sup>a</sup> Instituto Tecnológico de Aguascalientes, Aguascalientes, México 20255

<sup>b</sup> Instituto Tecnológico de Aguascalientes, Aguascalientes, México 20255

Email: a jhonquintero.sandoval@gmail.com

## Resumen

La contaminación del agua es un problema creciente que ha captado la atención de investigadores y científicos debido a sus implicaciones para la salud humana. Los antibióticos utilizados en el tratamiento de diversas enfermedades son parte de los contaminantes emergentes identificados en las fuentes de abastecimiento de agua [1]. La presencia ambiental de estos antibióticos puede tener consecuencias adversas para la salud, como el desarrollo de resistencia microbiana que representa una amenaza significativa para la eficacia de los tratamientos médicos. Se han propuesto diversas técnicas para tratar el agua contaminada las cuales incluyen a la coagulación, tratamientos biológicos, filtración y oxidación catalítica [2]. Sin embargo, varias de estas técnicas presentan desventajas como altos costos de inversión y elevadas demandas energéticas. En contraste, la adsorción se está perfilando como una alternativa más económica y eficiente para la remoción de contaminantes. El presente estudio explora el uso de desperdicios agrícolas para preparar adsorbentes capaces de remover antibióticos del agua. Se eligió la cáscara de coco como residuo base debido a su abundancia y bajo costo. El proceso de preparación de los adsorbentes incluyó la reducción del tamaño de partícula de la cáscara de coco, seguida de una impregnación con KOH [3]. Este material fue carbonizado y activado mediante tratamientos térmicos en un ambiente sin oxígeno. Se planteó un diseño experimental Taguchi L9 y se prepararon nueve adsorbentes, cada una con diferentes concentraciones de impregnación, tiempos de activación y temperaturas de pirólisis. Estos materiales fueron evaluados en pruebas de adsorción para cuatro tipos de antibióticos: tetraciclina, acetaminofén, diclofenaco y naproxeno. Los resultados obtenidos demostraron que dichos adsorbentes tienen la capacidad de remover los antibióticos del agua donde su eficiencia de remoción depende de las condiciones de preparación. Algunos materiales mostraron una capacidad de adsorción superior a otros, indicando que la variación de los parámetros de preparación puede mejorar significativamente el desempeño de los adsorbentes. Los resultados obtenidos hasta el momento apuntan a que la utilización de residuos agrícolas como la cáscara de coco para desarrollar adsorbentes es una solución prometedora y sostenible para la remoción de contaminantes emergentes en el agua, ofreciendo una alternativa viable y menos costosa a las tecnologías tradicionales.

## Referencias

- [1] N. Anuar, D. Shah, F. Ramli, M. Zaini, N. Mohammadi, A. Daud, S. Syed-Hassan. The removal of antibiotic in water by Chemically modified carbonaceous adsorbents from biomass: A systematic review. *Journal of Cleaner Production*, 2023, 401, 136725
- [2] M. Daouda, A. Onésime, S. Reine, C. Adjinda, M. Pépin, P. Drogui. Optimal removal of diclofenac and amoxicillin by activated carbon prepared from coconut shella throught response surface methodology. *South African Journal of Chemical Engineering*, 2021, 38, p 78-89
- [3] Q. Shi, W. Wang, H. Wang, H. Bai, K. Liu, J. Zhang, F. Xie. Porous biochar derived from walnut shell as an efficient adsorbent for tetracycline removal. *Bioresource Technology*, 2023

# DESU-OEV-38: Valorización energética de polietileno de baja densidad mediante procesos hidrotermales y pirolíticos a presión: contribución a la economía circular

Edith Meneses-Ruiz <sup>a\*</sup>, Georgina Cecilia Laredo Sánchez <sup>a</sup>, Juan Carlos Quintero Hernández <sup>b</sup>, León Villordo Jair Jared <sup>b</sup>.

<sup>a</sup> Institución Mexicana del Petróleo, CDMX, México, 07730

<sup>b</sup> Instituto Politécnico Nacional, CDMX, México, C.P. 07738.

Email: a emeneses@imp.mx

## Resumen

Este estudio aborda la valorización energética del polietileno de baja densidad (PEBD) mediante procesos hidrotermales (HTL) y pirolíticos a presión (PIR) catalíticos, subrayando su importancia en el contexto de la economía circular y la gestión sostenible de residuos plásticos. La investigación se enfoca en la descomposición termoquímica del PEBD para la producción de hidrocarburos líquidos, gaseosos, ceras y sólidos carbonáceos, utilizando zeolita ZSM5 como catalizador. Este trabajo destaca la relevancia de optimizar las condiciones operativas y la selección de catalizadores para maximizar la eficiencia del proceso y la calidad de los productos obtenidos.

La creciente acumulación de residuos plásticos, en particular del polietileno de baja densidad (PEBD), representa un desafío ambiental significativo. Los métodos tradicionales de gestión de residuos, como la incineración y el vertido en rellenos sanitarios, no son sostenibles debido a su impacto ambiental negativo y la pérdida de materiales potencialmente valiosos. En este contexto, la valorización energética a través de procesos hidrotermales y pirolíticos emerge como una solución prometedora, permitiendo la conversión de plásticos en productos químicos y combustibles, contribuyendo así a la economía circular y la sostenibilidad energética [1].

El proceso hidrotermal (HTL) se basa en la utilización de agua subcrítica como medio de reacción, lo que permite llevar a cabo la despolimerización del PEBD bajo condiciones controladas de alta presión y temperatura. El agua subcrítica actúa como disolvente y reactivo, facilitando la solubilización de polímeros y promoviendo reacciones químicas selectivas que resultan en la producción de hidrocarburos líquidos y gaseosos. Este proceso es particularmente eficiente debido a las propiedades únicas del agua en condiciones subcríticas, que incluyen una alta constante dieléctrica, una baja viscosidad y una capacidad de disolver solutos no polares [1]. Por otro lado, la pirólisis (PIR) se realiza en ausencia de agua, donde la descomposición térmica del PEBD genera productos líquidos, ceras y gases, siendo la temperatura y la presión factores clave que determinan la distribución de los productos [2].

Se empleó PEBD como materia prima, y se realizaron experimentos tanto de HTL como de PIR en un reactor

Parr, que permite operar a temperaturas de hasta 450°C y presiones que varían entre 1 y 6 MPa. En los experimentos de HTL, el agua subcrítica se utilizó como medio de reacción, mientras que en PIR se trabajó en ausencia de agua. Se utilizó zeolita ZSM5 como catalizador para mejorar la conversión de PEBD y optimizar la selectividad de los productos [1,3]. Los experimentos fueron diseñados para evaluar el impacto de la temperatura, la presión y la presencia de catalizador en la eficiencia del proceso y la composición de los productos generados.

En los procesos de HTL, la reacción se llevó a cabo en un rango de temperaturas entre 350 y 450°C, con tiempos de reacción de 45 minutos. El uso de agua subcrítica permitió realizar la despolimerización del PEBD bajo condiciones de alta presión, favoreciendo la formación de hidrocarburos líquidos, principalmente gasolina y diésel. En PIR, se trabajó en condiciones similares, pero sin agua, observándose una tendencia a la producción de fracciones gaseosas y ceras en ausencia de catalizador, mientras que la presencia de zeolita ZSM5 promovió la formación de fracciones aromáticas y ligeras [1].

Los resultados experimentales mostraron que el HTL con zeolita ZSM5 fue altamente eficiente en la conversión del PEBD en hidrocarburos líquidos. A temperaturas más bajas (350-375°C), la producción de ceras fue predominante, pero a medida que se incrementó la temperatura, se observó un aumento en la producción de aceites y gases. La presencia de catalizador redujo la formación de productos sólidos y cerosos, mejorando significativamente la calidad del destilado final [1]. En comparación, el proceso pirolítico a presión sin catalizador produjo principalmente ceras a bajas temperaturas, pero con la adición de ZSM5, se observó un cambio notable hacia la producción de hidrocarburos aromáticos y olefinas ligeras [2].

El análisis de la fase gaseosa mediante cromatografía de gases reveló la presencia de compuestos de bajo peso molecular, como metano, etileno, propileno y propano, siendo este último más prominente en las reacciones catalíticas [4]. La fase líquida, analizada mediante cromatografía de gases y espectrometría de masas, mostró una alta proporción de parafinas en ausencia de catalizador, mientras que la zeolita ZSM5 promovió la formación de aromáticos y naftenos, especialmente a temperaturas más altas [5]. Estos resultados coinciden con estudios previos que han demostrado la eficacia de las zeolitas en la descomposición catalítica de polímeros, aumentando la formación de compuestos volátiles y mejorando la selectividad hacia productos de alto valor agregado [2,3].

La comparación de los resultados obtenidos en este estudio con investigaciones previas revela varias similitudes y diferencias. Por ejemplo, Yang et al. [1] reportaron que la pirólisis de PEBD a baja presión sin catalizador produce una mayor proporción de ceras y sólidos en comparación con los experimentos realizados en este estudio, lo que puede atribuirse a las diferencias en la presión de reacción y la utilización de ZSM5. Cheng et al. [6], por su parte, demostraron que la pirólisis a alta presión del PEBD en presencia de catalizadores resulta en una mayor producción de compuestos aromáticos, lo cual es consistente con los hallazgos de esta

investigación. Sin embargo, las condiciones experimentales, como la temperatura y el tiempo de reacción, juegan un papel crucial en la determinación de la distribución de los productos, lo que sugiere la necesidad de una optimización continua para mejorar la eficiencia del proceso [1].

Los hallazgos de este estudio tienen importantes implicaciones para la gestión sostenible de residuos plásticos y la producción de combustibles alternativos. La utilización de procesos hidrotermales y pirolíticos catalíticos no solo permite la conversión eficiente de PEBD en hidrocarburos valiosos, sino que también apoya la transición hacia una economía circular, donde los residuos plásticos son reciclados y reintegrados en la cadena de valor. Además, la posibilidad de ajustar las condiciones operativas para maximizar la producción de destilados ligeros, como gasolina y diésel, ofrece una vía prometedora para la producción de combustibles limpios y renovables [5].

En términos de aplicaciones futuras, se sugiere la exploración de otros tipos de residuos plásticos y la combinación de diferentes catalizadores para optimizar aún más la eficiencia del proceso. Además, la integración de estos procesos en plantas de reciclaje a gran escala podría contribuir significativamente a la reducción de la dependencia de combustibles fósiles y la mitigación del impacto ambiental asociado con la acumulación de plásticos [1].

Este estudio demuestra que la valorización energética del PEBD mediante procesos hidrotermales y pirolíticos a presión, en combinación con catalizadores como la zeolita ZSM5, es una estrategia efectiva para la conversión de residuos plásticos en productos químicos y combustibles valiosos. La optimización de las condiciones de operación y la selección adecuada de catalizadores son factores cruciales para maximizar la eficiencia del proceso y mejorar la calidad de los productos obtenidos. Estos procesos no solo apoyan la gestión sostenible de residuos, sino que también contribuyen a la economía circular y a la sostenibilidad energética, ofreciendo una solución viable para la reducción de la contaminación plástica y la producción de combustibles alternativos [1,5].

## Referencias

- [1] K. Jin, P. Vozka, C. Gentilcore, G. Kilaz, N.-H. L. Wang. *Fuel* 294 (2021) 120505.
- [2] L. Cheng, J. Gu, Y. Wang, J. Zhang, Y. Yang, Y. Chen. *Chem. Eng. J.* 385 (2020) 123866.
- [3] R.-X. Yang, J. Ka, C.-T. Chen, W.-T. Chen, K.C.W. Wu. *Chem. Sus. Chem.* 15 (2022) e2022001.
- [4] J. Scheirs. In: J. Scheirs, W. Kaminsky (eds.), *Feedstock Recycling and Pyrolysis of Waste Plastics*, pp. 381–433. Wiley, New York (2006).
- [5] O.A. Eletta, O.A. Ajayi, O.O. Ogunleye, I.A. Tijani, A.G. Adeniyi, A.S. Agbana. *J. Appl. Sci. Environ. Manage.* 21, 6 (2017) 1111–1117.
- [6] Cheng L. Gu J., Wang Y., Zhang J., Yang., Chen. Y. Polyethylene high-pressure pyrolysis: Better product distribution and process mechanism analysis. *Chem. Eng. J.* 385 (2020) 123866.

# DESU-OCV-39: Cultivos Indoor adicionando UV-LED para la Desinfección en Hortalizas

Ruth Martínez Escobedo, Ernesto Olvera-Gonzalez\*, Edgar Zacarias Moreno, Enrique Javier Martínez Delgadob, Luis Diaz-Andradea, Nivia Escalante-Garciaa.

a Laboratorio de Iluminación Artificial (LIA), Tecnológico Nacional de México/IT de Pabellón de Arteaga, Carretera la Estación de Rincón Km. 1, 20670, Aguascalientes, México.

b Departamento de Ingenierías, Tecnológico Nacional de México/IT de Pabellón de Arteaga, Carretera la Estación de Rincón Km. 1, 20670, Aguascalientes, México.

Email: 1 jose.og@pabellon.tecnm.mx

## Resumen

El crecimiento desmedido poblacional es una de las preocupaciones más importantes en la producción de alimentos, en el año 2050 se espera una población de 9.7 mil millones de personas [1]. Una propuesta ante esta problemática, son las granjas verticales que permiten una producción de alimentos de manera sostenible y eficiente. Sin embargo, presentan desventajas en el control de patógenos o enfermedades pudiéndose presentar en el desarrollo del cultivo por la fácil diseminación de los patógenos y el ambiente tan controlado [2,3]. En otro contexto, los alimentos producidos deben cumplir con temas de inocuidad. Al empelar el término de inocuidad, nos referimos a un alimento libre de cualquier contaminante físico, químico (pesticidas o fertilizantes inorgánicos) y biológico. La producción de verduras, a pesar de, sus beneficios en la salud son regularmente relacionadas con enfermedades de transmisión alimentaria debido al uso excesivo de agroquímicos [4]. El objetivo de la propuesta a desarrollar e implementar un sistema en una granja vertical con radiación artificial adicionada con UVA-LED, para optimizar nutrientes y promover el crecimiento de las lechugas. Así como, la desinfección del cultivo de lechugas para la generación de alimentos inocuos y con alto valor nutrimental. El experimento se desarrolló dentro del Tecnológico Nacional de México campus Pabellón de Arteaga. Con una instalación dentro de una granja vertical. Teniendo una densidad de 32 lechugas en total. Las condiciones ambientales se mantuvieron a una temperatura de  $19 \pm 1^\circ\text{C}$ , humedad relativa 60-80% y un riego con solución nutritiva "Steiner". Dos tratamientos de iluminación LED fueron establecidos para el experimento, blanco + azul (Control) y blanco + azul + UVA (BAUVA) ambos con un fotoperiodo 16/8h. Las determinaciones sobre el efecto desinfectante y la biomasa se realizaron en dos periodos diferentes durante el ciclo de cultivo. De acuerdo a los resultados obtenidos, el tratamiento BAUVA no presentó diferencia significativa en

peso seco a diferencia del control con 8.66 y 8.46 g, respectivamente. Además, BAUVA disminuyó ligeramente el peso fresco. El tratamiento BAUVA alcanzó un 94.97% al final del tratamiento de la radiación para coliformes. Todos los resultados fueron obtenidos con un análisis de varianza (ANOVA, unidireccional) y pruebas de diferencia significativa ( $p < 0.05$ ). En conclusión, la adición de radiación UVA-LED tiene beneficios significativos en la desinfección del cultivo de lechugas durante su etapa vegetativa. Respecto a la generación de biomasa no se incrementa significativamente, sin embargo, no afecta al cultivo y previene enfermedades durante la etapa de crecimiento.

## Referencias

- [1] Salim Mir, M., Bashir Naikoo, N., Habib Kanth, R., Bahar, F., Anwar Bhat, M., Nazir, A., Sheraz Mahdi, S., Amin, Z., Singh, L., Raja, W., Saad, A., Bhat, T. A., Palmo, T., & Ahngar, T. A. (2022a). Vertical farming: The future of agriculture: A review. ~ 1175 ~ The Pharma Innovation Journal, 2, 1175–1195. <http://www.thepharmajournal.com>
- [2] Al-Kodmany, K. (2018). The vertical farm: A review of developments and implications for the vertical city. In Buildings (Vol. 8, Issue 2). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/buildings8020024>
- [3] Vatistas, C., Avgoustaki, D. D., & Bartzanas, T. (2022). A Systematic Literature Review on Controlled-Environment Agriculture: How Vertical Farms and Greenhouses Can Influence the Sustainability and Footprint of Urban Microclimate with Local Food Production. In Atmosphere (Vol. 13, Issue 8). MDPI. <https://doi.org/10.3390/atmos13081258>
- [4] Hasanuzzaman, M., Bhuyan, M. H. M. B., Parvin, K., Bhuiyan, T. F., Anee, T. I., Nahar, K., Hossen, M. S., Zulfiqar, F., Alam, M. M., & Fujita, M. (2020). Regulation of ROS metabolism in plants under environmental stress: A review of recent experimental evidence. In International Journal of Molecular Sciences (Vol. 21, Issue 22, pp. 1–44). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/ijms21228695>

# DESU-OCP-40: Valorización de los residuos generados en la extracción de aceite esencial de la planta invasora *Hedychium coronarium* del municipio de Quibdó

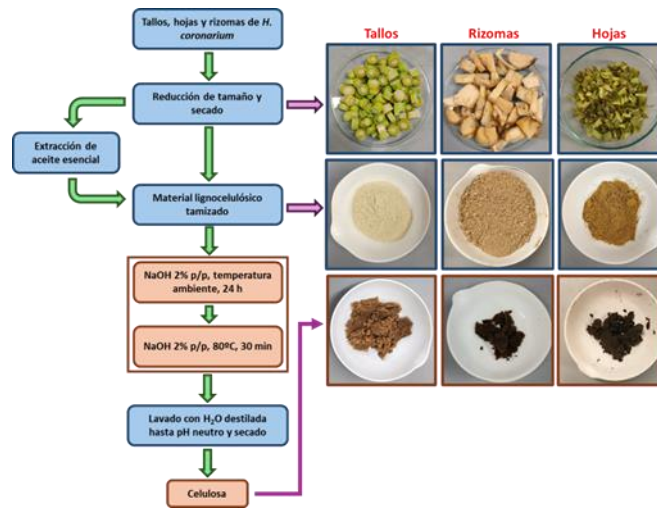
Juan Carlos Cuesta Caicedo<sup>a</sup>, Luis Fernando Valencia<sup>a</sup>, Aída Luz Villa Holguín<sup>a\*</sup>

<sup>a</sup> Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia, 050010

Email: [aida.villa@udea.edu.co](mailto:aida.villa@udea.edu.co)

## Resumen

El *Hedychium coronarium* es una especie endémica de Asia tropical que ha sido clasificada como exótica invasora en gran parte del continente americano. Los compuestos volátiles presentes en los aceites esenciales (AE) que se extraen de las diferentes partes de esta planta son utilizados en diversas industrias, como cosmética, alimentaria y farmacéutica [1]. Una vez se extraen estos AE, se generan cantidades importantes de biomasa la cual por lo general se desecha como residuo [2]. La valorización de estos residuos mediante hidrólisis alcalina puede dar valiosos productos como la celulosa. En este estudio, se comparó la celulosa extraída de la biomasa cruda con la celulosa obtenida de los residuos provenientes del proceso de extracción de AE, con el objetivo de evaluar los efectos del proceso de extracción sobre el rendimiento y las características de la celulosa obtenida. Los AE de los tallos, hojas y rizomas del *H. coronarium* fueron extraídos por el método de destilación por arrastre de vapor y los compuestos volátiles se analizaron mediante GC-MS. La celulosa se aisló de la biomasa cruda y de los residuos de la extracción del AE y se caracterizó mediante FTIR, y SEM-EDX. Los resultados de la extracción de AE mostraron que los rendimientos varían entre los diferentes órganos de la planta, siendo mayores en los rizomas (0.24%), seguido de las hojas (0.16%) y los tallos (0.07%). El análisis por GC-MS permitió identificar compuestos de interés comercial, como el eucaliptol (35.1%) y el  $\beta$ -pineno (52.5%) presentes en mayor concentración en el rizoma y las hojas, respectivamente. En cuanto a la celulosa, los rendimientos se afectaron por el proceso de extracción del AE, observándose una disminución en la cantidad extraída de estos residuos; los mayores rendimientos se obtuvieron para los tallos antes (54.8%) y después (45.4%) de la extracción del AE. Por el contrario, los rizomas después y antes de extracción del AE presentaron los menores rendimientos con valores de 11.1 % y 19.6 %, respectivamente. Estos hallazgos abren nuevas oportunidades para el aprovechamiento integral de la biomasa vegetal, demostrando que mediante la aplicación de procesos con un enfoque holístico se puede obtener el máximo beneficio posible de los recursos naturales y a su vez se disminuyen los residuos generados.



**Figura 1.** Representación esquemática del procedimiento utilizado para aislar la celulosa de la biomasa antes y después de la extracción de los AE.

## Referencias

- [1] PINHEIRO, Amanda Maria, et al. Effect of rhizome exposure to contrasting abiotic conditions on the performance of the invasive macrophyte *Hedychium coronarium* J. Koenig (Zingiberaceae). *Plant Ecology*, 2021, vol. 222, no 3, p. 375-385.
- [2] BAKAR, Muhammad S. Abu, et al. Pyrolysis of solid waste residues from Lemon Myrtle essential oils extraction for bio-oil production. *Bioresource Technology*, 2020, vol. 318, p. 123913.

# DESU-OCV-41: Comparación del proceso hidrotérmico a baja presión y pirólisis a presión para el reciclaje de polietileno y polipropileno

Joel Reza<sup>a</sup>, Patricia Pérez-Romo<sup>a</sup>, Georgina C. Laredo<sup>a\*</sup>

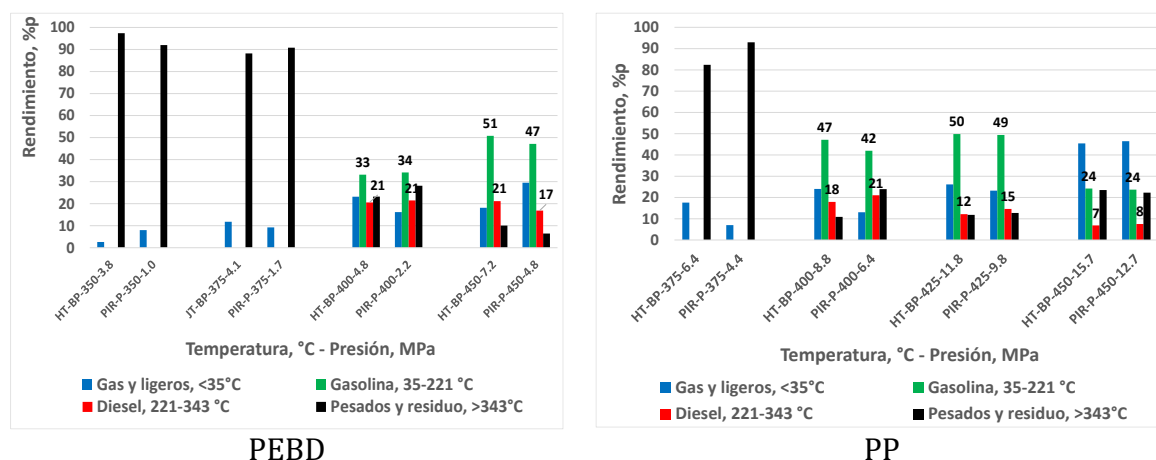
<sup>a</sup> Instituto Mexicano del Petróleo, CDMX, México, 07730.  
Email: [jreza@imp-mx](mailto:jreza@imp-mx); [pperezr@imp-mx](mailto:pperezr@imp-mx); [glaredo@imp-mx](mailto:glaredo@imp-mx)

## Resumen

Los procesos termoquímicos para el reciclaje de desechos plásticos tipo poliolefina (polietileno, polipropileno y poliestireno) incluyen: a) el proceso de hidrotermólisis empleando agua en condiciones supercríticas [1], b) el proceso de hidrotermólisis a baja presión [2], c) el proceso pirolítico, con o sin catalizadores, a presión variable [3,4] y d) la gasificación [4]. En estos procesos los enlaces químicos de los polímeros se rompen mediante el empleo de energía térmica para producir productos de alto valor como combustibles y químicos valiosos [4]. La hidrotermólisis exhibe diversas ventajas, entre las que se incluyen: una alta conversión hacia productos de tipo aceite, los cuales potencialmente pueden servir como combustibles, así como una baja producción de coque [1, 2]. Se ha establecido [3] que el incremento de la presión en este tipo de transformaciones puede mejorar la composición del aceite producido, conduciendo a la generación de productos similares a un combustible estándar. Sin embargo, el uso de agua a alta temperatura, bajo presión moderada o alta, exhibe inconvenientes, tales como los altos costos de inversión asociados a los materiales empleados (v.gr., reactores adecuados para minimizar los problemas de corrosión) y la falta de datos cinéticos o termodinámicos a esas condiciones [5].

En este trabajo se evalúa y compara la eficiencia de los procesos de tratamiento hidrotérmico y pirolítico, a presión moderada (HT-BP y PIR-P, respectivamente) para depolimerizar muestras comerciales de polietileno (PE) y polipropileno (PP), como función de la temperatura (350, 375, 400, 425 y 450 °C). La eficiencia de los procesos comparados se evalúa con base en la determinación de los rendimientos de las diversas fracciones obtenidas (gas, líquido, sólido) así como de la composición de éstas (caracterización química por cromatografía de gases y destilación simulada de las fracciones líquidas finales).

En la Figura 1 se comparan los resultados obtenidos durante la despolimerización de muestras comerciales de PE y PP, mediante los procesos HT-BP y PIR-P.



**Figura 1.** Comparación en el rendimiento de los productos obtenidos durante la depolimerización de polietileno de baja densidad (PEBD) y polipropileno (PP), mediante los procesos HT-BP y PIR-P, a diferentes condiciones de presión y temperatura.

Los resultados muestran que tanto el HT-BP como el PIR-P producen cantidades similares de fases gaseosas, líquidas y sólidas para las muestras de PE y PP que se estudiaron cuando la temperatura se mantiene constante. Estas transformaciones termoquímicas dependían en gran medida de la temperatura y la presión autógena. El uso de agua en condiciones aun en condiciones subcríticas puede hacer que el proceso termoquímico sea más complicado, principalmente por problemas de corrosión. Por eso creemos utilizar un proceso de pirólisis a presión (PIR-P) puede ser una buena opción para descomponer polímeros tipo poliolefina. Sin embargo, la generación de presiones autógenas relativamente altas durante los procesos PIR-P también podría requerir un equipo adecuado para operar en condiciones tan exigentes.

Adicionalmente, los resultados obtenidos indican que el PE necesita ser tratado a 450 °C bajo una atmósfera inerte y presión moderada (2.2–7.2 MPa; 60 min) para producir concentraciones relativamente altas (72-64 % masa) de fracciones valiosas similares a combustibles. La transformación termoquímica del PP se puede llevar a cabo a 400-425 °C bajo una atmósfera inerte a la presión autógena del proceso (4.3–11.8 MPa; 60 min). Bajo estas condiciones, la fracción similar a combustible rindió entre 62-65 % masa. La composición de las fases líquidas obtenidas es muy compleja en este caso. Finalmente, es necesario aplicar un hidrotreamiento adicional a la fracción de aceite para usarlo en la producción de fracciones similares a la gasolina o al diésel [6].

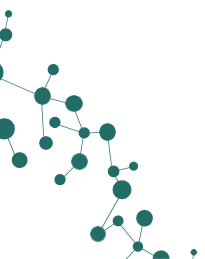
## Referencias

- [1]. Jin K., Vozka, P., Kilaz G., Chen W., Wang N.L. *Fuel*, 273 (2020) 117726.
- [2]. Jin K., Vozka P., Gentilcore C., Kilaz G., Wang N.L. *Fuel*, 294 (2021) 120505.
- [3]. Cheng L., Gua J., Wang Y., Zhanga J., Yuana H., Chena Y. *Chem. Eng. J.*, 385 (2020) 122866.

[4]. Yang R-X, Jan K, Chen C-T, Chen W-T, Wu K. C.-W. *ChemSusChem*, 15 (2022) e202200171.

[5]. Bröll D., Kaul C., Krämer A., Krammer P., Richter T., Jung M., Vogel H., Zehner P. *Angew. Chem. Int. Ed.*, 38 (1999) 2998-3014.

[6] Yoon B.S., Kim C. Park G-J., Jeon S-G., Ko C-H. *Fuel*, 369 (2024) 131688.





# DESU-OEP-42: Nanohydrometallurgy: An Eco-friendly Approach to Critical Metal Separation

Giovani Pavoski<sup>\*a,b</sup>, Denise C. R. Espinosa<sup>a</sup>, Wenying Liu<sup>b</sup>, Jorge A. S. Tenório<sup>a</sup>.

*a* LAREX – Laboratory of Recycling, Waste Treatment and Extraction - Chemical Engineering Department of Polytechnic School of University of Sao Paulo (USP) – Address: R. do Lago, 250 - Butantã, São Paulo – SP - Brazil, 05508-080.

*b* Department of Materials Engineering, The University of British Columbia (UBC), Frank Forward Building 309-6350 Stores Road, Vancouver, BC Canada, V6T 1Z4.

\* Email: [giovanipavoski@usp.br](mailto:giovanipavoski@usp.br)

## Resumen

Technological advancements and the development of novel materials have driven increased investments in the mining sector for the extraction of strategic metals from primary sources and secondary sources [1,2]. In addition to optimizing extraction and recovery methods, there is a growing emphasis on developing environmentally responsible processes that minimize pollution and promote sustainability. This involves the use of green reagents, energy-efficient technologies, and closed-loop systems that reduce waste and environmental impact.

Nanohydrometallurgy, a technique that has emerged in recent years, demonstrates significant potential for the selective separation of metals through the complexation of metals with magnetic nanoparticles and their magnetic separation [3]. A nanohydrometallurgy process was utilized for the recovery of critical metals such as dysprosium (Dy), neodymium (Nd), and yttrium (Y), with a focus on secondary metal recycling, circular economy practices, and sustainable development.

The synthesis of SNPs was carried out using a modified coprecipitation method [4]. The selectivity of MNPs was investigated for the recovery of critical metals—Dy, La, Nd, and Y—from synthetic acidic leaching solutions, both monometallic and multimetallic. Solutions containing individual metals at concentrations of 100, 200, 300, and 400 mg/L were tested across different pH levels (5, 5.5, 6, 6.5, and 7) and at various temperatures (25, 30, 35, 40, 45, and 50°C). To assess selectivity in a multimetal solution containing Dy, La, Nd, and Y at a concentration of 300 mg/L, a solution was prepared and tested. For all experiments, the pH of the leaching solutions was adjusted to 6 using NH<sub>4</sub>OH. A 50 mL aliquot of the pH 6 solution was separated, and 1 g of MNPs was added and allowed to react for 2.5 h. After this period, the nanoparticles were removed using an external magnet. Subsequently, 50 mL of deionized water adjusted to pH 2 with HNO<sub>3</sub>, referred to as the New pH 2 solution, was used for further analysis.

The variation in pH between 5.5 and 7 did not significantly impact metal capture efficiency; however, pH levels below 5.0 reduced efficiency due to the instability of the formed complexes. Temperature variation also did

not significantly affect the complexation of the metals, with lower temperatures (25°C) being advantageous as they require less energy for operation. The transfer percentages of critical metals to the new pH 2 solution in a single cycle were as follows: Dy 10%, La 17%, Nd 23%, and Y 6%.

In multimetallic solutions, all metals were complexed, though in varying concentrations. The selectivity order of the MNPs was Nd (11%) > Y (11%) > La (4%) > Dy (3%). The nanoparticles remained stable throughout the tests, demonstrating that nanohydrometallurgy can be effectively applied for the separation of critical metals from multimetallic solutions. By employing multiple operation cycles, it is possible to achieve high-purity recycled metal solutions. These studies also make a direct contribution to several Sustainable Development Goals (SDGs) established by the UN for 2030.

## References

- [1] S. Chong, B.J. Riley, X. Lu, J. Du, T. Mahadevan, V. Hegde, Synthesis and properties of anhydrous rare-earth phosphates, monazite and xenotime: a review, *RSC Adv* 14 (2024) 18978–19000. <https://doi.org/https://doi.org/10.1039/d4ra01142b>.
- [2] G. Pavoski, F. Garjulli, C. Renato dos Santos, M. Lacerda Moraes, J. Alberto Soares Tenório, D. Croce Romano Espinosa, Synthesis of a magnetic composite of silica with micro and nano-cobalt metallic structures from a spent catalyst (Co<sub>3</sub>O<sub>4</sub>), *Materials Science and Engineering: B* 285 (2022) 115921. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.mseb.2022.115921>.
- [3] G. Pavoski, H.E. Toma, D.C.R. Espinosa, J.A.S. Tenório, Nanohydrometallurgy with superparamagnetic nanoparticles for selective separation of lanthanum from a real spent catalyst, *J Mater Cycles Waste Manag* (2024). <https://doi.org/10.1007/s10163-024-02020-7>.
- [4] S.D.N. Almeida, H.E. Toma, Neodymium(III) and lanthanum(III) separation by magnetic nanohydrometallurgy using DTPA functionalized magnetite nanoparticles, *Hydrometallurgy* 161 (2016) 22–28. <https://doi.org/10.1016/j.hydromet.2016.01.009>.

# DESU-OEV-43: Revelando el manejo de residuos orgánicos acuícolas en la vereda Mojondinoy- el Encano

Jenifer del Carmen Gómez Hernández <sup>a\*</sup>, Lidia Mercedes Oviedo Botina <sup>b</sup>

*a Universidad de Nariño, San Juan de Pasto, Colombia y 520002*

*b Universidad de Nariño, San Juan de Pasto, Colombia y 520002*

*Email: a jenifergomezhernandez@gmail.com - jenifergmzhernandez@gmail.com*

## Resumen

El estudio aborda el manejo de residuos orgánicos acuícolas por los productores de trucha arcoíris de la vereda Mojondinoy-El Encano. El objetivo que se desarrolla para esta ponencia es identificar el manejo de residuos orgánicos acuícolas realizado por los productores de trucha arcoíris, con el fin de abordar esta problemática de manera integral, a través de capacitaciones, los cuales son espacios de aprendizaje que promueven la adopción de prácticas más sostenibles entre los productores de trucha arcoíris, con un compromiso activo con la conservación del entorno natural de la Laguna de la Cocha. La investigación adoptó un enfoque cualitativo, basado en las experiencias empíricas de los productores y una perspectiva crítica-social, utilizando la metodología investigación-acción para fomentar la participación activa de los productores en el proceso de investigación. Se empleó una entrevista de grupo focal para recopilar información sobre los tipos de residuos de pescado generados y las prácticas de manejo actuales. El análisis revela que en la producción de trucha arcoíris destaca la necesidad urgente de mejorar el manejo de residuos orgánicos acuícolas, debido a que la comunidad tiene el desconocimiento sobre el manejo de estos desechos que generan problemas ambientales significativos [1], como la contaminación del agua y la proliferación de bacterias, lo que afecta tanto al ecosistema como a la salud pública [2]. Implementar prácticas de manejo adecuadas y educar a los productores sobre la valorización de residuos, transformándolos en abono orgánico, no solo disminuiría estos problemas, sino que también ofrecería oportunidades económicas para la comunidad [3], de acuerdo a lo anterior se evidencia una viabilidad significativa para implementar manejos de los residuos orgánicos acuícolas. En conclusión, la participación e interacción comunitaria es crucial para lograr cambios beneficiosos tanto para la población como para el ecosistema de la Laguna de la Cocha, especialmente en la vereda Mojondinoy, donde es necesario mejorar las prácticas de manejo de residuos orgánicos acuícolas; esto no solo contribuirá a la preservación del medio ambiente, sino que también potenciará la sostenibilidad de la producción de trucha arcoíris, que ofrece oportunidades para el desarrollo económico de las comunidades rurales, al mismo tiempo que enfrenta retos en términos de sostenibilidad ambiental. Para maximizar sus beneficios, es fundamental implementar estrategias que aborden el manejo adecuado de residuos, fomenten la educación ambiental y técnica entre los productores, y faciliten el acceso a recursos y apoyo económico, logrando así un equilibrio entre la rentabilidad económica y la conservación del entorno.

Palabras claves: Residuos orgánicos acuícolas, sostenibilidad ambiental, participación comunitaria, El Encano.

## Referencias

- [1] Barboza Mejía, MJ, Mírez Rubio, Y., & Vásquez Vitón, NL (2022). Diagnóstico situacional de la crianza de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) en la provincia de Chota, Región Cajamarca. *Revista EIA*,19(38), 1-7.
- [2] González Acosta, J A. (2012). Use and Management of Fish Farming Sediments as a Basis for Sustainable Management: a Review. *rev. cienc. anim.*5.121-143.
- [3] Programa de líderes (11 de noviembre de 2019). Economía Circular y Gestión de Residuos: Desafíos y oportunidades. [http://www.spain-australia.org/es/noticia\\_programas/economia\\_circular\\_y\\_gestion\\_de\\_residuos\\_desafios\\_y\\_oportunidades](http://www.spain-australia.org/es/noticia_programas/economia_circular_y_gestion_de_residuos_desafios_y_oportunidades).

# DESU-OEV-44: Construcción Sostenible en el Departamento del Quindío durante el período 2012-2022

Lorena Villegas Muñoz<sup>a</sup>, Cindey Bermúdez Agudelo<sup>b\*</sup>, Adriana María Flórez Laiseca<sup>c</sup>

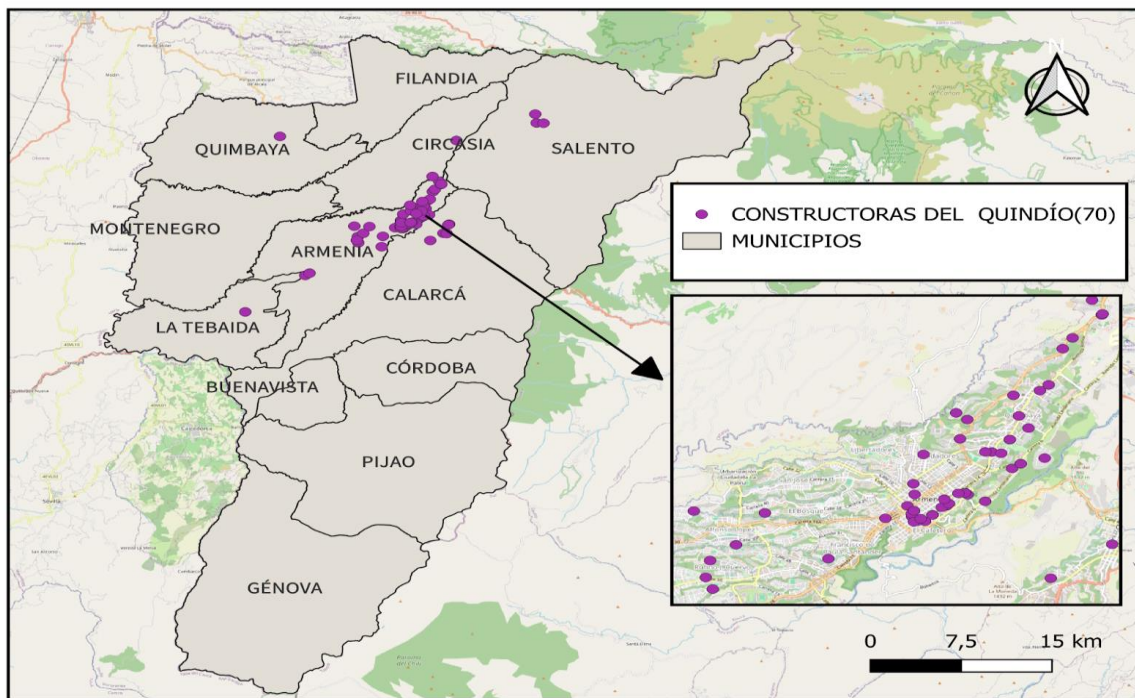
<sup>a</sup> Magíster en Administración de Empresas con Énfasis en Gestión de Calidad y Medio Ambiente. Corporación Universitaria Empresarial Alexander von Humboldt, Facultad de Ingenierías y Ciencias Básicas, Grupo de Investigación Eje Cafetero, Ciencia, Ingeniería e Industria, <https://orcid.org/0009-0000-7420-4645>, Armenia, Colombia, [illegas247lv@cue.edu.co](mailto:illegas247lv@cue.edu.co).

<sup>b</sup> Maestría en Ciencias Sociales. Universidad del Quindío, Programa de Economía, <https://orcid.org/0000-0002-5026-3146>, Armenia, Colombia, [cbermudeza@uniquindio.edu.co](mailto:cbermudeza@uniquindio.edu.co).

<sup>c</sup> Magíster en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente. Universidad del Quindío, Programa de Economía, Grupo de Investigación Economía, Ambiente y Sociedad, <https://orcid.org/0000-0003-1439-1236>, Armenia, Colombia, [amflorez@uniquindio.edu.co](mailto:amflorez@uniquindio.edu.co).

## Resumen

La investigación tuvo como propósito determinar las prácticas, estrategias y retos de sostenibilidad y sustentabilidad en los desarrollos inmobiliarios del Departamento del Quindío en el periodo comprendido entre 2012 – 2022, para ello, se diseñó una estrategia metodológica de tipo exploratorio a partir de un método empírico-analítico, en el cual se diseñó y aplicó un instrumento de recolección de información de fuentes primarias (encuesta) el cual se compone de cuatro módulos, partiendo de un reconocimiento de la ubicación espacial de las empresas que participarán de la muestra, dado que esto permitirá analizar si existen tendencias de clusterización en el sector.



Fuente: Las autoras con datos de la Cámara de Comercio de Armenia y del Quindío (2024)

**Figura 1.** Distribución de las Empresas seleccionadas dentro Sector de la Construcción en el Departamento del Quindío.

Posteriormente, se recabó información

sobre las técnicas y estrategias de economía circular que implementan las constructoras en los proyectos realizados en el departamento; considerando una muestra de 190 empresas constructoras en el departamento, se aplicó una prueba piloto a 50 empresas, que cumplieran los criterios de selección de la muestra, los cuales se observan en la siguiente tabla.

**Tabla 1.** Criterios de selección de la muestra

Concepto	Condición	Elegible
<b>Tiempo de existencia en el municipio</b>	La empresa debe tener presencia en el departamento desde mínimo 2012 hasta el año de estudio (2024)	SI/NO
<b>Proyectos inmobiliarios desarrollados en el municipio</b>	Mínimo 10 proyectos desarrollados en el municipio durante la vigencia 2012-2024	SI/NO
<b>Tipo de proyectos desarrollados</b>	Vivienda, Comercial, Urbanístico	SI/NO

Nota: para ser seleccionada la empresa que formará parte de la muestra debe cumplir todos los criterios de selección.

La aplicación del instrumento, evidenció que la estrategia de las cuatro R es adaptativa y atemporal, lo cual permite que se aporte al cuidado del medio ambiente aun si los proyectos ya llevan años en funcionamiento, de igual forma se evidenció que la preocupación por el cuidado del medio ambiente ha cobrado relevancia en



# DESU-OCP-45: Evaluar la eficiencia de extracción de metales del cátodo de las BILs gastadas para la síntesis de catalizadores sólidos multicomponentes

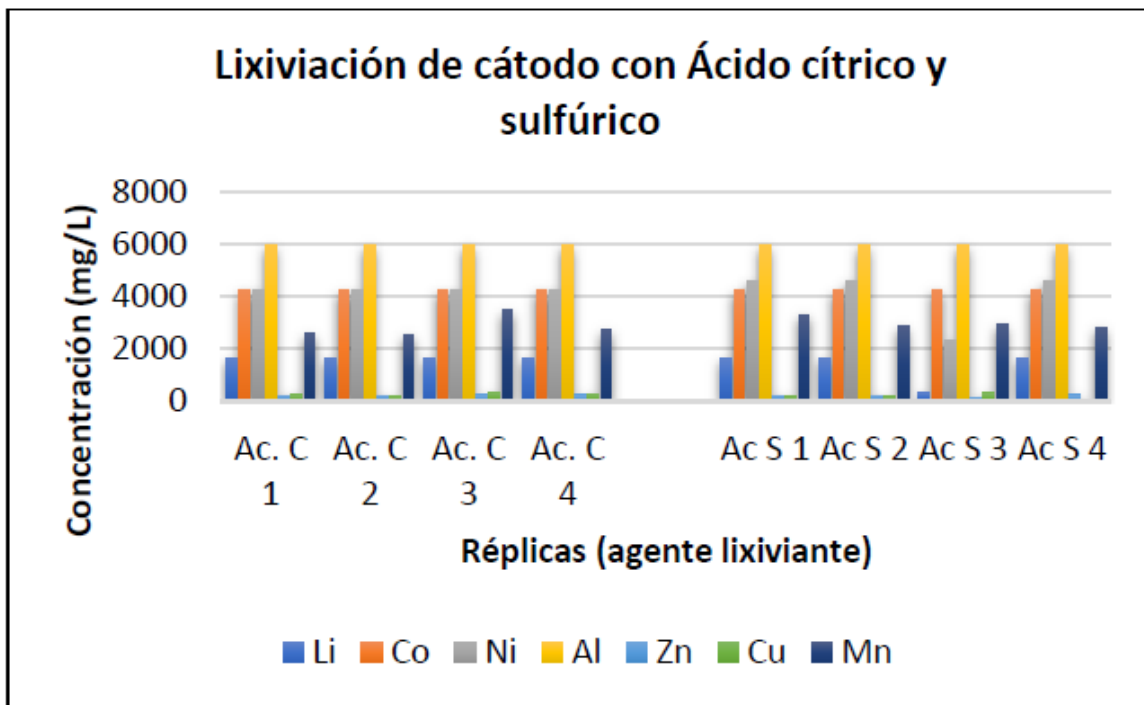
Santiago A. Bedoya B.<sup>a\*</sup>, Erasmo Arriola V.<sup>b</sup>, Alba N. Ardila A.<sup>c</sup>, Luz M. Ocampo C.<sup>d</sup>

a, b, d *Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia. 050001*

c *Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid, Medellín, Colombia. 050001*

## Resumen

La recuperación de metales de las baterías de iones de litio (BIL) gastadas es un desafío significativo, ya que los métodos tradicionales de extracción, como la pirometalurgia, hidrometalurgia, biolixiviación y extracción con disolventes, suelen ser altamente contaminantes debido al uso intensivo de reactivos ácidos y básicos de carácter fuerte [1]. Para reducir este impacto, se propone utilizar la sonicación, lo que mejora la eficiencia de la lixiviación, en combinación de reactivos menos tóxicos como el ácido cítrico lo que permite disminuir el consumo de reactivos, los costos y acortar el tiempo de extracción [2]. Por otra parte, la deposición y precipitación de estos metales para la síntesis de catalizadores sólidos multicomponentes, que pueden incluir dos, tres o incluso cuatro metales, optimizan el uso de recursos y facilitan la recuperación de metales de las BIL gastadas con aplicaciones en distintas reacciones. Esta investigación presenta resultados preliminares sobre la extracción de metales pesados (como precursores) de BIL gastadas hacia la síntesis de un catalizador heterogéneo. Las BIL fueron recolectadas, clasificadas, descargadas (NaCl 5% por 24 horas), y el material catódico fue tamizado (malla 80), lavado, secado y lixiviado. Se evaluaron dos métodos de extracción, (1) ácido sulfúrico con 1 hora de sonicación y (2) ácido cítrico con 4 horas de sonicación, ambos bajo condiciones controladas (frecuencia de 25.88 kHz, temperatura de ~65°C, y sonicación en modo 5 segundos de trabajo por 1 segundo de descanso). Las soluciones resultantes fueron analizadas por absorción atómica. Los experimentos se realizaron por cuadruplicado, obteniendo los resultados preliminares expuestos en la figura 1.



**Figura 1.** Concentración en (mg/L) de distintos metales pesados bajo diferentes condiciones.

La extracción de metales pesados de los cátodos de BIL gastadas mediante las dos metodologías evaluadas demuestran ser una alternativa efectiva y viable, utilizando la sonicación como un método ambientalmente amigable. Los resultados preliminares indican que el uso de ácido cítrico, un ácido débil, como sustituto del ácido sulfúrico, permite obtener concentraciones comparables de metales. Sin embargo, el ácido sulfúrico logra alcanzar dichas concentraciones en un tiempo significativamente menor (1 hora), lo que sugiere una mayor eficiencia en el proceso de lixiviación.

### Referencias

- [1] S. Jung, D. Kwon, et al. *J. CO2 Util.*, vol. 50, no. May, p. 101591, 2021, doi: 10.1016/j.jcou.2021.101591.
- [2] L. Lv et al., "Recycling and Reuse of Spent LIBs: Technological Advances and Future Directions," pp. 1–53, 2024.

# DESU-OEV-46: Carbón Vítreo Reticulado a Partir de Pseudotallo de Banano y Sacarosa Modificado con N-TiO<sub>2</sub> y su Capacidad de Adsorción/Fotocatálisis en la Remoción de Colorantes.

Edith Johanna Díaz Cañas<sup>1\*</sup>, Elcy María Córdoba Tuta<sup>2</sup>, Próspero Acevedo Peña<sup>3</sup>

1 Grupo de Investigación en Desarrollo y Tecnología de Nuevos Materiales, GIMAT, Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia.

2 Grupo de Investigación en Desarrollo y Tecnología de Nuevos Materiales, GIMAT, Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia.

3 CONACYT-Instituto Politécnico Nacional, CICATA Legaria, Calzada Legaria 694, Col. Irrigación, 11500 CDMX, México.

\**Edith.diaz2@correo.uis.edu.co*

## Resumen

Un nuevo y económico carbón vítreo reticulado (CVR) fue recubierto con Dióxido de Titanio dopado con Nitrógeno (N-TiO<sub>2</sub>), obteniéndose un compuesto CVR/N-TiO<sub>2</sub>. Para ser usado en la remoción de colorantes en soluciones acuosas. El CVR se fabricó mediante la técnica de platilla de sacrificio usando pseudotallo de banano sumergido en una resina de sacarosa. El CVR/N-TiO<sub>2</sub> demostró una prometedora capacidad de adsorción y fotocatalisis simultánea en la remoción de naranja de metilo (NM), azul de metileno (AM) y Rodamina (RM), alcanzando una remoción >90%. Los análisis SEM-EDS y BET confirmaron la estructura tipo panel del CVR/N-TiO<sub>2</sub>, el tamaño y cantidad de los poros presentes en el material. Los análisis EDS, XPS y FTIR mostraron la formación de grupos funcionales que demuestran la sinergia entre el CVR y el N-TiO<sub>2</sub> para la remoción de colorantes. Las pruebas electroquímicas de voltamperometría Cíclica (VC) y potencial de circuito abierto (OCP), evidenciaron la formación de reacciones de oxidación-reducción que favorecen la capacidad adsorbente del material en oscuridad y la activación del semiconductor en presencia de luz visible. Las isoterma de adsorción mostraron la afinidad entre el adsorbente y el adsorbato, evidenciándose que el CVR/N-TiO<sub>2</sub> presenta una adsorción multicapa que depende de la concentración del medio y de los sitios activos del material.

# DESU-OEV-47: Evaluación de la modificación de la microestructura del mineral bauxita mediante tratamientos de ultrasonido y químicos para su uso potencial como transportador sólido de oxígeno

Alba N. Ardila A.<sup>a\*</sup>, Juan D. Valencia G.<sup>a</sup>, Erasmo Arriola-Villaseñor<sup>a</sup>.

a Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid, Facultad de Ciencias y Educación, CP 050022, Medellín, Colombia.  
Email: a\*anardila@elpoli.edu.co

## Resumen

La bauxita, un mineral abundante industrial que se usa en diferentes procesamientos de materiales arcillosos, ha despertado interés en aplicaciones como transportador sólido de oxígeno en procesos redox debido a su contenido de óxidos metálicos, especialmente óxidos de hierro [1][2]. Sin embargo, su microestructura nativa limita la eficacia de su capacidad redox. Modificar esta microestructura mediante tratamientos térmicos, de ultrasonido y químicos puede mejorar su exposición a sitios activos, aumentando así su eficiencia como transportador de oxígeno [3][2][4]. Este trabajo busca evaluar la influencia de estos tratamientos en la microestructura de la bauxita y su capacidad redox, para optimizar su uso en procesos industriales sostenibles. Se estudiaron tres rutas de modificación de la microestructura de la bauxita. La primera, una ruta térmica, consistió en la calcinación a tres temperaturas diferentes: 800, 900 y 1000 °C. La segunda, una ruta de sonicación, se aplicó ultrasonido a cinco niveles de potencia (10000, 20000, 30000, 40000 y 50000 W.s), seguida de la calcinación a las mismas temperaturas.

Finalmente, una ruta energética-química combinó ultrasonido con un proceso de deposición-precipitación utilizando una solución de 5% de KOH, seguido de calcinación a las mismas tres temperaturas. En todas las rutas se realizaron análisis para evaluar la modificación de la microestructura y su capacidad redox mediante TPR-H<sub>2</sub> y caracterización microestructural mediante DRX.

Los resultados obtenidos muestran que tanto la potencia de sonicación como la temperatura de calcinación afectan significativamente la modificación de la microestructura de la bauxita y, por ende, su capacidad redox. En cuanto a la sonicación, se observa que el consumo de hidrógeno durante los análisis de TPR aumenta de forma progresiva con la potencia de sonicación hasta 40000 W.s, lo que sugiere que el fenómeno de cavitación ultrasónica mejora la exposición de sitios activos en la bauxita, particularmente aquellos asociados con óxidos de hierro. Esto facilita la interacción con el

hidrógeno durante el TPR. No obstante, al aumentar la potencia a 50000 W.s, el consumo de hidrógeno disminuye, lo que sugiere que una sonicación excesiva puede generar defectos estructurales o deterioro en los sitios activos, afectando negativamente la capacidad redox del material. Respecto al efecto de la temperatura de calcinación, se encontró que el consumo de hidrógeno disminuye a medida que la temperatura se

incrementa de 800 °C a 900 °C. Este comportamiento es atribuible a la mayor cristalización de los óxidos presentes en la bauxita a temperaturas elevadas, lo que reduce la cantidad de sitios defectuosos o activos. El tratamiento térmico promueve el crecimiento de los cristales y la reducción de la porosidad, lo cual limita la participación de estos sitios en reacciones redox. Sin embargo, al calentar las muestras entre 900 °C y 1000 °C, no se observan diferencias significativas en la cantidad de hidrógeno consumido, lo que indica que la microestructura alcanza un estado más estable y no se ve afectada por un incremento adicional de la temperatura. El análisis microestructural sugiere que la sonicación de alta potencia induce cavitación, lo que altera la porosidad, el tamaño de partículas y la exposición de sitios activos superficiales. Sin embargo, una potencia de sonicación demasiado elevada puede resultar en la destrucción de la estructura debido a la intensa energía liberada durante la implosión de las burbujas de gas. Este fenómeno explica la disminución observada en el consumo de hidrógeno a potencias superiores a 40000 W.s. En contraste, el aumento de la temperatura de calcinación tiende a inducir la sinterización de partículas y la formación de fases cristalinas, lo que disminuye la cantidad de sitios defectuosos amorfos que son los más reactivos en los procesos redox. Estos resultados indican una interacción entre ambos parámetros: mientras que la sonicación tiende a incrementar la cantidad de sitios activos, el tratamiento térmico tiende a eliminarlos. Al aumentar ambos factores simultáneamente, se alcanza un equilibrio entre los efectos beneficiosos de la cavitación y la estabilización térmica de la microestructura. En resumen, la combinación óptima entre potencia de sonicación y temperatura de calcinación se encuentra en torno a 40000 W.s y entre 900 °C y 1000 °C. En este rango, el consumo de hidrógeno es máximo, y la microestructura del material no se ve comprometida, lo que sugiere una adecuada modulación de la capacidad redox de la bauxita.

### **Agradecimientos**

Los autores agradecen al Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación (MinCiencias), Ministerio de Minas y Energía (MinEnergía), y Ecopetrol por la financiación con recursos del Patrimonio Autónomo Fondo Nacional de Financiamiento para la Ciencia, la Tecnología y la Innovación Francisco José de Caldas del proyecto de investigación “Proceso integral para la obtención de hidrógeno de bajas emisiones a partir de biogás producido en plantas de tratamiento de aguas residuales usando transportadores sólidos de oxígeno de bajo costo.”, código 93266, aprobado en el marco de la Convocatoria No. 929 de 2022 y el convenio 753-2021. Convocatoria para la Medición de captura y secuestro de CO<sub>2</sub> y procesamiento de generación de H<sub>2</sub>, temática 2”.

### **Referencias**

[1] N. Huang, X. Gao, A. Omosibi, D. Koumoulis, and K. Liu, “Enrichment of iron from bauxite waste in chemical

looping combustion," *AIChE J.*, vol. 69, no. 2, pp. 1–10, 2023, doi: 10.1002/aic.17961.

[2] T. Mendiara, F. García-Labiano, P. Gayán, A. Abad, L. F. De Diego, and J. Adánez, "Evaluation of the use of different coals in Chemical Looping Combustion using a bauxite waste as oxygen carrier," *Fuel*, vol. 106, pp. 814–826, 2013, doi:10.1016/j.fuel.2012.11.047.

[3] H. Zhao, B. Zhang, Z. Sun, H. Zhang, B. Yang, and Z. Wu, "Chemical looping conversion of CO<sub>2</sub> based on bauxite residue: Thermodynamic behavior and kinetic characteristics," *J. Energy Inst.*, vol. 109, no. March, p. 101300, 2023, doi: 10.1016/j.joei.2023.101300.

[4] T. Mendiara, P. Gayán, A. Abad, L. F. de Diego, F. García-Labiano, and J. Adánez, "Performance of a bauxite waste as oxygen-carrier for chemical-looping combustion using coal as fuel," *Fuel Process. Technol.*, vol. 109, pp. 57–69, 2013, doi: 10.1016/j.fuproc.2012.09.038.

# DESU-OEV-50: Análisis de los cambios en el recubrimiento de biovidrio en presencia de fluidos fisiológicos simulados

A. Talavera-Lopez<sup>a</sup>, G. Roque<sup>b</sup>, A. N. Ardila Arias<sup>c</sup>, M. Salazar-Hernández<sup>d</sup>, J. P. Ruelas-Leyva<sup>e</sup>, R. Hernandez-Soto<sup>b</sup>, J. A. Hernández<sup>b\*</sup>

<sup>a</sup>Unidad de Ciencias Químicas, Universidad de Zacatecas, Campus UAZ siglo XXI. Carretera a Guadalajara km 6, ejido la escondida, Zacatecas, México. 98160.

<sup>b</sup>2UPIIG, del Instituto Politécnico Nacional. Av. Mineral de Valencia No. 200, Col. Fracc. Industrial Puerto Interior, Silao de la Victoria, Guanajuato, México. 36275.

<sup>c</sup>Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid, Carrera 48 No. 7-151, Medellín, Colombia. 051052.

<sup>d</sup>Departamento de Ingeniería en Minas, Metalurgia y Geología, División de Ingenierías, Universidad de Guanajuato, Guanajuato, México. 36020.

<sup>e</sup>Facultad de Ciencias Químico-Biológicas, Universidad Autónoma de Sinaloa, Ciudad Universitaria, 80030, Culiacán, Sinaloa, México.

\*E-mail: J. A. Hernández: [jahernandezma@ipn.mx](mailto:jahernandezma@ipn.mx)

## Resumen

La investigación de nuevos materiales para sustitutos óseos es de suma importancia. El biovidrio (BG) es un material excelente para esta necesidad debido a su biocompatibilidad con los tejidos circundantes una vez implantado. Sin embargo, estos implantes tienden a desarrollar grietas. Por ello, una alternativa es utilizar un recubrimiento de hidroxiapatita (BHAC) para prevenir la formación de grietas y así mejorar las propiedades del material. El BHAC formado fue analizado utilizando diferentes concentraciones de ácido nítrico ( $\text{HNO}_3$ ). Además, se realizaron análisis de espectroscopía de infrarrojo por transformada de Fourier en modo de reflectancia total atenuada (ATR-FTIR), espectrometría de dispersión de energía (EDS), microscopía electrónica de barrido (SEM) y difracción de rayos X (XRD) en el recubrimiento de hidroxiapatita (HA) después de su inmersión en un fluido corporal simulado (SBF).

El BHAC fue sumergido en un fluido gástrico simulado (SGF) y un fluido intestinal simulado (SIF) para evaluar los cambios en los grupos de la superficie del biomaterial, específicamente los grupos Si-OH y P-O. Además, las variaciones en la relación molar Ca/P de BHAC sugirieron cambios significativos en el recubrimiento de biovidrio cuando se expone a un entorno fisiológico, ya que la HA se convierte en fosfato tricálcico (TCD) y fosfato dicálcico dihidratado (DCPD). Asimismo, la presencia de iones de silicio se modifica cuando el BHAC se sumerge en SIF. En este estudio, el BG fue sintetizado mediante el método sol-gel, obteniendo biomateriales con características similares al biovidrio 45S5®. En el BG, se fabricó un recubrimiento de apatita en cuya superficie se identificaron enlaces característicos de los grupos funcionales  $\text{PO}_4^{3-}$  y Si-OH, entre otros.

La morfología de estos materiales demostró que bajo ciertas condiciones del proceso de síntesis, se obtienen

superficies sin grietas con depósitos de fosfatos de calcio. También se detectó una estructura amorfa y semicristalina en el biomaterial. La estructura de apatita del recubrimiento de BG fue influenciada por la relación molar Ca/P, la cual varía según el fluido simulado utilizado. Según los resultados, el biomaterial BH15 presenta la mejor estabilidad en la superficie y una estructura similar a la HA en el recubrimiento, lo que hace de este biomaterial un candidato adecuado para su estudio en la regeneración de tejido óseo.

## Referencias

1. L. Esteban-Tejeda, K. et al., "Bone tissue scaffolds based on antimicrobial  $\text{SiO}_2\text{-Na}_2\text{O-Al}_2\text{O}_3\text{-CaO-B}_2\text{O}_3$  glass" *Journal of Non-Crystalline Solids*, vol. 432, pp. 73–80, 2016.
2. Z. Karimi, E. Rezabeigi and R. A. L. Drew, "Crystallization behavior of combeite in 45S5 Bioglass® via controlled heat treatment" *Journal of Non-Crystalline Solids*, vol. 502, pp. 176–183, 2016.
3. D. E. Abulyazied, M. Alturki, R. A. Youness and H. M. Abomostafa, "Synthesis, Structural and Biomedical characterization of Hydroxyapatite/Borosilicate Bioactive Glass Nanocomposites" *Journal of Inorganic and Organometallic Polymers and Materials*, vol. 31, pp. 4077–4092, 2021.
4. H. Zheng, Z. Dai, et al., "Degradability and biocompatibility of bioglass/poly(aminoacid) composites with different surface bioactivity as bone repair materials" *Journal of Applied Polymer Science*, vol. 138, vol. 5, pp. 49751-49764, 2021.
5. D. Bellucci, A. Sola, et al., "Bioactive glass/hydroxyapatite composites: Mechanical properties and biological evaluation" *Materials Science and Engineering C*, vol. 51, pp. 196–205, 2015.

# DESU-OEV-51: Uso de Brushita como adsorbente para la eliminación de colorantes aniónicos y catiónicos presentes en soluciones acuosas

Alfonso Talavera-Lopez<sup>1</sup>, Antonio Mendes-Salas<sup>2</sup>, Mercedes Salazar-Hernández<sup>3</sup>, Alba N. Ardila A.<sup>4</sup>, Rosa Hernandez-Soto<sup>2</sup>, Oscar Joaquín Solis-Marcial<sup>5</sup>, Jose A. Hernández<sup>2,\*</sup>

<sup>a</sup>Unidad de Ciencias Químicas, Universidad de Zacatecas, Campus UAZ siglo XXI. Carretera a Guadalupe km 6, ejido la escondida, Zacatecas, México. 98160.

<sup>b</sup>UPIIG, del Instituto Politécnico Nacional. Av. Mineral de Valencia No. 200, Col. Fracc. Industrial Puerto Interior, Silao de la Victoria, Guanajuato, México. 36275.

<sup>c</sup>Departamento de Ingeniería en Minas, Metalurgia y Geología, División de Ingenierías, Universidad de Guanajuato, Guanajuato, México. 36020.

<sup>d</sup>Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid, Carrera 48 No. 7-151, Medellín, Colombia. 051052.

<sup>e</sup>Unidad Profesional Interdisciplinaria de Ingeniería Campus Zacatecas, Instituto Politécnico Nacional, Calle Circuito del Gato 202, Zacatecas 98160, Mexico.

\*E-mail: J. A. Hernández: [jahernandezma@ipn.mx](mailto:jahernandezma@ipn.mx)

## Resumen

Actualmente, la contaminación del agua causada por colorantes es un problema grave, ya que estos son tóxicos y cancerígenos para los seres vivos. Para reducir la presencia de estos contaminantes, se han considerado adsorbentes naturales, debido a que son fáciles de obtener, económicos y tienen una alta eficiencia de remoción. En este trabajo, se estudió el proceso de adsorción utilizando Brushita natural (nDCPD) para la remoción de Rojo de Fenol (PR), logrando una tasa de eliminación del 99.15% y una capacidad de adsorción de 82.24 mg/g, y Violeta de Genciana (GV), con una tasa de eliminación del 97.03% y una capacidad de adsorción de 74.22 mg/g. La adsorción en equilibrio se produce en ambos colorantes en múltiples capas sobre la superficie, y el proceso es espontáneo en ambos casos. La cinética del proceso de adsorción revela que, para la adsorción de PR, se utiliza un sitio activo en la superficie, mientras que para GV se requieren dos sitios activos. Los análisis por FTIR, EDS y XRD revelaron diversos mecanismos que intervienen en el proceso de adsorción de ambos colorantes en la superficie de nDCPD, tales como fuerzas electrostáticas, grupos funcionales, fisisorción e intercambio iónico. Este estudio establece que la Brushita obtenida de hueso bovino (nDCPD) es un candidato potencial para ser utilizado como bioadsorbente en la eliminación de Rojo de Fenol y Violeta de Genciana de soluciones acuosas.

La adsorción de estos colorantes se llevó a cabo en una superficie heterogénea, utilizando más de una monocapa, eliminando alrededor del 92% de PR y el 96% de GV de la solución. La eliminación de PR disminuye significativamente cuando aumenta la temperatura, alcanzando su máxima capacidad de adsorción de 82.3 mg/g a 25 °C. En contraste, la remoción de GV tiene una capacidad de adsorción de 82.5 mg/g a 45 °C, lo que

indica que la eliminación de colorantes depende de la estructura química del colorante y su interacción con la superficie de nDCPD, considerando que ambos procesos son espontáneos. Asimismo, el análisis cinético del proceso de remoción de PR sugiere el uso de dos sitios para cada molécula de colorante en el adsorbente, teniendo en cuenta que los sitios activos aumentan durante el tiempo de adsorción ( $n_A > 1$ ); en el caso de GV, solo se requiere un sitio para remover el colorante de la solución, indicando la presencia de atracción electrostática a la superficie de nDCPD, además de otros mecanismos de adsorción ( $n_A < 1$ ).

La caracterización de nDCPD antes y después de la adsorción permitió establecer una visión completa del proceso de eliminación de colorantes, considerando el punto isoeléctrico y demostrando la presencia de fuerzas electrostáticas debido a la naturaleza del colorante (aniónico y catiónico), así como intercambio iónico involucrando grupos funcionales presentes en la superficie, como los grupos fosfato, sin modificar significativamente la estructura cristalina y microestructura de nDCPD. Esto sugiere que este material es un candidato adecuado para la eliminación de colorantes aniónicos y catiónicos presentes en soluciones acuosas. En este estudio, se estableció que nDCPD es un candidato potencial para la eliminación de PR y GV, logrando tasas de aproximadamente 92% y 96%, respectivamente, en la superficie heterogénea del bioadsorbente. La remoción de PR disminuye con el aumento de la temperatura, mientras que la remoción de GV aumenta con el incremento de temperatura, lo cual indica que la eliminación de colorantes depende de la estructura química del colorante. En el proceso cinético de remoción de PR se utilizan dos sitios, mientras que para GV solo se requiere un sitio, sugiriendo la participación de mecanismos de adsorción adicionales

## Referencias

1. Ning W.; Jie C.; Jianan W.; Jiangtao F.; Wei Y. Removal of phenol red by polyaniline/TiO<sub>2</sub> hydrate: Adsorption Kinect, isotherm, and mechanism studies. *Powder technology*, 2019, 347, 93-102.
2. Chong, S.N.; Hadibarata, T. Adsorption of Phenol Red and Remazol Brilliant Blue R by Coconut Shells (*Cocos nucifera*) and Ambarella Peels (*Spondias dulcis*). *Biointerface Research in Applied Chemistry*, 2021, 11(1), 8564-8576.
3. Zhou, Y.; Lu, J.; Zhou, Y.; Liu, Y. Recent advances for dyes removal using novel adsorbents: A review. *Environmental Pollution*, 2019, 252, 352-365. *Biointerface Research in Applied Chemistry*, 2021, 11(1), 8564 – 8576.

# DESU-OEV-52: Nanomateriales Fotocatalíticos a partir de Residuos de Decapado: Un Enfoque para la Degradación de Colorantes

Alba N. Ardila A.<sup>a\*</sup>, Alejandro Ramírez Marín<sup>b</sup>, David. A Ortiz-Muñoz<sup>a</sup>, A. Talavera-López<sup>c</sup>, Erasmo Arriola-Villaseñor<sup>a</sup>, Luz M. Ocampo-Carmona<sup>b</sup>.

<sup>a</sup>Research Group on Environmental Catalysis and Renewable Energies - CAMER, Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid, Medellín-Colombia.

<sup>b</sup> Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín - UNAL, Medellín Colombia.

<sup>c</sup>Universidad Autónoma de Zacatecas, Zacatecas, México.

\*E-mail: \*anardila@elpoli.edu.co

## Resumen

Se realizó la síntesis de los fotocatalizadores por coprecipitación utilizando un flujo de adición de reactivos de flujo 8mL/min a 40 °C y variando el tipo de agente oxidante ( $\text{KMnO}_4$  o  $\text{H}_2\text{O}_2$ ), la concentración de ácido oxálico y la temperatura de calcinación, obteniendo diferentes materiales. Para probar evaluar la eficiencia de los materiales obtenidos en la degradación fotocatalítica de colorantes, se utilizó una solución simulando a las ARnD del sector textil, que contenía concentraciones de azul reactivo 21 de 45 ppm.

Los resultados indican una decoloración entre el 40% y el 85%, lo cual sugiere un potencial uso de estos materiales en el tratamiento de aguas residuales que contienen colorantes orgánicos complejos. El fotocatalizador que obtuvo el mejor rendimiento en la remoción de color fue identificado como K-1,5-600. Sin embargo, es importante señalar que la remoción de color no implica una oxidación completa de las moléculas orgánicas, ya que la fotocatalisis puede fragmentar los compuestos en subproductos no cromóforos que, aunque menos visibles, pueden seguir siendo contaminantes. Para confirmar una mineralización completa de las especies orgánicas, se aplicaron y compararon técnicas adicionales de degradación. Aun así, el material se pudo recuperar exitosamente tras el tratamiento, y su estructura cristalina de ferrita espinela sugiere alta estabilidad, permitiendo su reutilización sin perder propiedades fisicoquímicas.

Una vez identificados los óxidos bimetálicos con los mejores porcentajes de fotocatalisis, se repitió el procedimiento con los cinco más efectivos, esta vez utilizando una lámpara de luz visible como fuente de irradiación. Los resultados de esta segunda etapa muestran que con los óxidos H-1,5-450, H-1,5-600 y K-1,5-450, se lograron altos porcentajes de remoción de color, con una diferencia de solo unas pocas unidades. En particular, el óxido K-1,5-600 logró un 13% más de remoción en el rango UV en comparación con la luz visible. Es posible obtener óxidos binarios de Fe y Zn con la técnica de co-precipitación a partir de efluentes de decapado de la industria de galvanizado en caliente por inmersión, aprovechando las altas concentraciones de hierro y zinc presentes en la solución. Los resultados muestran un residuo viable para calcinar y obtener óxidos bimetálicos de hierro-zinc para diversas aplicaciones fotocatalíticas bajo luz visible, entre las cuales se

resalta la degradación fotocatalítica de colorantes.

**Tabla 1.** Caracterización fisicoquímica de las partículas de Fe-Zn.

Código	Condiciones de Síntesis	Fe (%)	Zn (%)	Área BET (m <sup>2</sup> /g)	pHz	Band Gap (eV)
K1-450	KMnO <sub>4</sub> 0.5 M, H <sub>2</sub> C <sub>2</sub> O <sub>4</sub> 1 M y calcinación a 450 °C.	28.4	28.9	23.1	6.85	1.31
K1-600	KMnO <sub>4</sub> 0.5 M, H <sub>2</sub> C <sub>2</sub> O <sub>4</sub> 1 M y calcinación a 600 °C.	29.8	29.0	12.0	7.03	1.31
K1.5-450	KMnO <sub>4</sub> 0.5 M, H <sub>2</sub> C <sub>2</sub> O <sub>4</sub> 1.5 M y calcinación a 450 °C.	35.6	27.8	26.7	6.64	1.32
K1.5-600	KMnO <sub>4</sub> 0.5 M, H <sub>2</sub> C <sub>2</sub> O <sub>4</sub> 1.5 M y calcinación a 450 °C.	36.5	28.9	12.7	6.93	1.28
K2-450	KMnO <sub>4</sub> 0.5 M, H <sub>2</sub> C <sub>2</sub> O <sub>4</sub> 2 M y calcinación a 450 °C.	40.2	27.7	21.7	7.02	1.16
K2-600	KMnO <sub>4</sub> 0.5 M, H <sub>2</sub> C <sub>2</sub> O <sub>4</sub> 2 M y calcinación a 600 °C.	36.6	28.1	12.4	6.89	1.14
H1-450	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> 13%, H <sub>2</sub> C <sub>2</sub> O <sub>4</sub> 1 M y calcinación a 450 °C.	29.7	28.8	40.0	6.9 2	1.30
H1-600	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> 13%, H <sub>2</sub> C <sub>2</sub> O <sub>4</sub> 1 M y calcinación a 600 °C.	31.5	29.2	19.7	6.8 4	1.38
H1.5-450	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> 13%, H <sub>2</sub> C <sub>2</sub> O <sub>4</sub> 1.5 M y calcinación a 450 °C.	35.8	28.0	41.6	6.9 4	1.36
H1.5-600	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> 13%, H <sub>2</sub> C <sub>2</sub> O <sub>4</sub> 1.5 M y calcinación a 450 °C.	40.6	29.5	17.1	6.2 3	1.28
H2-450	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> 13%, H <sub>2</sub> C <sub>2</sub> O <sub>4</sub> 2 M y calcinación a 450 °C.	41.0	28.6	35.6	6.8 8	1.37
H2-600	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> 13%, H <sub>2</sub> C <sub>2</sub> O <sub>4</sub> 2 M y calcinación a 600 °C.	36.3	28.2	21.0	6.8 3	1.38

## Agradecimientos

Los autores agradecen a Minciencias por la financiación del proyecto de investigación titulado “Valorización integral de residuos postconsumo e industriales para el desarrollo de materiales con potencial catalítico bajo un enfoque de economía circular, código 82312”, aprobado en el marco de la Convocatoria No. 890 de 2020 “Convocatoria para el fortalecimiento de CTel en Instituciones de Educación de Educación Superior (IES) Públicas 2020”,

## Referencias

1. Rameshbabu R, Kumar N, Karthigeyan A, Neppolian B. Visible light photocatalytic activities of ZnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>/ZnO nanoparticles for the degradation of organic pollutants. *Mater Chem Phys* 2016;181:106–15.
2. Randazzo S, La Corte D, Gueccia R, Cipollina A, Micale G. Metals recovery from waste pickling solutions by reactive precipitation. *Chem Eng Trans* 2021;86:1045–50.
3. Sinha MK, Pramanik S, Sahu SK, Prasad LB, Jha MK, Pandey BD. Development of an efficient process for the recovery of zinc and iron as value added products from the waste chloride solution. *Sep Purif Technol* 2016;167:37–44.

# DESU-OEV-53: Síntesis y caracterización de sulfato ferroso heptahidratado a partir de alambre de acero reciclado de llantas usadas

Sebastián Amar Gil<sup>a,b</sup>, Alba N. Ardila A.<sup>b\*</sup>, Rolando Barrera Zapata<sup>c</sup>

<sup>a</sup>Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid, Carrera 48 No. 7-151, Medellín, Colombia. 051052.

<sup>b</sup> Facultad de Ingenierías, Universidad de Antioquia.

\*E-mail: [anardila@elpoli.edu.co](mailto:anardila@elpoli.edu.co)

## Resumen

La investigación sobre el aprovechamiento de residuos industriales tiene una relevancia creciente para reducir el impacto ambiental y obtener productos de valor agregado. En este estudio, se exploró la viabilidad de utilizar el alambre de acero de llantas en desuso como fuente para la producción de sulfato de hierro hidratado, un compuesto ampliamente empleado en diversas aplicaciones industriales y de laboratorio.

El proceso de síntesis consistió en la disolución ácida de las fibras de acero de las llantas usando ácido sulfúrico comercial, seguido de la cristalización del sulfato de hierro con etanol como agente oxidante. Los resultados indicaron que la sal obtenida presentó una humedad del 44% y un estado de hidratación cercano a heptahidratado (6.64). El análisis mediante FTIR reveló la presencia de bandas características de absorción en los rangos de  $900\text{--}1300\text{ cm}^{-1}$ ,  $1500\text{--}1700\text{ cm}^{-1}$  y  $3100\text{--}3500\text{ cm}^{-1}$ , correspondientes a los grupos  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{H}_3\text{O}^+$  y OH, respectivamente. Además, el sulfato sintetizado mostró un alto contenido de hierro (20%) y trazas de metales como Mn, Mo, Ni y Zn, asociados a la composición del acero de las llantas.

El análisis termogravimétrico confirmó que el sulfato de hierro producido es heptahidratado, y el patrón de difracción de rayos X identificó la fase melanterita, característica de este tipo de compuesto. Estos resultados sugieren que la sal sintetizada presenta propiedades comparables a las de un sulfato de hierro heptahidratado comercial. Además, se observó un rendimiento promedio del 87% en la síntesis de esta sal mediante el método de lixiviación ácida seguido de cristalización. El análisis químico también indicó un bajo contenido de impurezas, principalmente Mo, Ni y Zn, metales provenientes del acero de llanta.

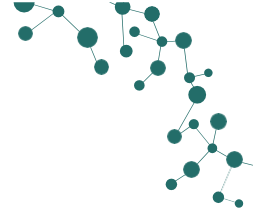
La investigación concluye que el acero de llantas usadas es un residuo con potencial de aprovechamiento para la obtención de sulfato de hierro heptahidratado, un material que puede tener aplicaciones en diversos procesos industriales, académicos y de investigación. Este estudio representa una alternativa sostenible para la valorización de llantas residuales y contribuye al desarrollo de prácticas industriales más amigables con el ambiente.

## Agradecimientos

Los autores agradecen a Minciencias por la financiación del proyecto de investigación titulado “Valorización integral de residuos postconsumo e industriales para el desarrollo de materiales con potencial catalítico bajo un enfoque de economía circular, código 82312”, aprobado en el marco de la Convocatoria No. 890 de 2020 “Convocatoria para el fortalecimiento de CTeI en Instituciones de Educación de Educación Superior (IES) Públicas 2020”,

## Referencias

1. S. Kaza L, Yao P, Bhada-Tata F y Van Woerden. What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050. Washington, DC: World Bank, 2018 .
2. M. Vegas. Iniciativas nacionales para el reciclaje de llantas usadas en Colombia. Fundación Universidad de América, Bogotá D.C., 2020.
3. Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo territorial. Resolución 1326 de 2017.
4. Autoridad Nacional de Licencias Ambientales - ANLA. Sistema de recolección selectiva de llantas usadas, 2019.
5. D. Czajczyńska, R. Krzyżyńska, H. Jouhara y N. Spencer. Use of pyrolytic gas from waste tire as a fuel: A review. *Energy*, 134, 1121–1131, 2017.



## **ENRE-OEV-01: Revalorización de Efluentes Industriales para la Síntesis de Electrocatalizadores en la Producción de Hidrógeno Verde.**

**Yeison Lozano Rodríguez<sup>a\*</sup>, Sergio Blanco<sup>b</sup>, Pedro Delvasto<sup>c</sup>**

a Ingeniero Petroquímico. Universidad Industrial de Santander (UIS), Bucaramanga

b Ph.D en Ingeniería. Universidad Industrial de Santander (UIS), Bucaramanga

c Ph.D en ciencia de Materiales. Universidad Industrial de Santander (UIS), Bucaramanga

Email: a yeisonl.r\_97@hotmail.com

### **Resumen**

Este estudio aborda la urgente necesidad de adoptar fuentes energéticas más limpias, en respuesta a las graves implicaciones ambientales vinculadas al consumo desmesurado de combustibles fósiles. Se presenta una metodología innovadora para la revalorización de efluentes industriales en la fabricación de electrocatalizadores a base de níquel, con el potencial de transformar residuos en recursos valiosos para la producción de hidrógeno verde. Se desarrollaron electrocatalizadores sobre electrodos de cobre de alta pureza, tanto en términos de reducción de iones metálicos como de uniformidad y adherencia de los recubrimientos. El desempeño electroquímico de los electrocatalizadores se evaluó en soluciones de KOH y KOH + urea 0,3 M, empleando diversas técnicas como voltametría cíclica, voltametría lineal de barrido, espectroscopía de impedancia electroquímica y pruebas galvanostáticas. Durante las pruebas, se observaron picos de corriente anódica y catódica correspondientes al proceso de óxido-reducción del par  $\text{Ni}(\text{OH})_2/\text{NiOOH}$ . Las pruebas galvanostáticas confirmaron la estabilidad de los catalizadores obtenidos, manteniendo una polarización constante durante el ensayo. Además, los resultados exhibieron una densidad de corriente alta, indicando una generación más significativa de corriente por unidad de área y, por ende, una mayor actividad electrocatalítica. La evolución de hidrógeno se estudió utilizando una celda tipo Hoffman con una fuente DC (ROCKSEED RS310P), midiendo el volumen de gas generado sobre cada electrodo en función del tiempo. Este análisis proporcionó datos cruciales sobre la eficiencia de los electrocatalizadores en la producción de hidrógeno.



# ENRE-OCV-02: Conversión de furfural derivado de biomasa a compuestos combustibles

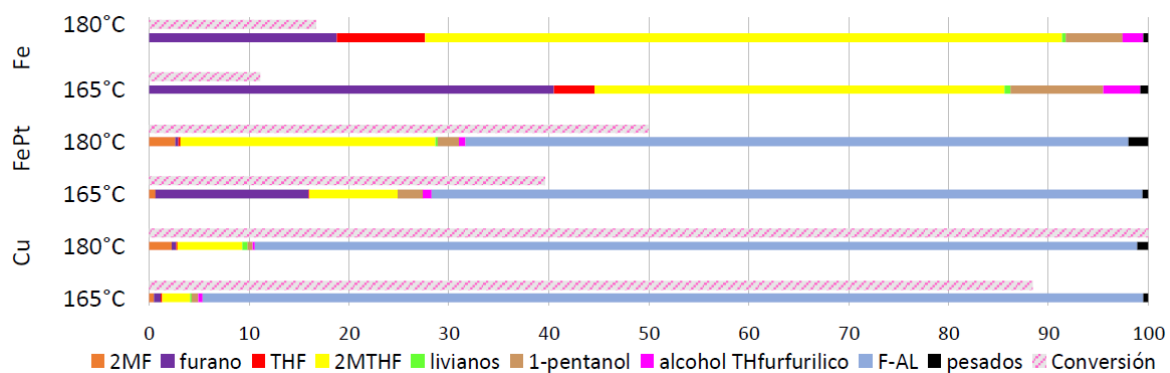
Juan Manuel Gimenez<sup>a\*</sup>, María Soledad Zanuttini<sup>a</sup>, Cristian Ferretti<sup>a</sup>, Claudia Neyertz<sup>a</sup>.

<sup>a</sup> Instituto de Investigaciones en Catálisis y Petroquímica (INCAPE-CONICET-UNL) - Grupo de Investigación en Productos Renovables y Catálisis (GIPREC), Santa Fe, Argentina 3000.

Email: [\\*jmgimenez@fiq.unl.edu.ar](mailto:*jmgimenez@fiq.unl.edu.ar)

## Resumen

Mediante la optimización de rutas de reacciones químicas la molécula de furfural (FUR) derivada de biomasa lignocelulósica puede convertirse en productos de alto octanaje y baja polaridad, útiles en la mejora de calidad de las naftas [1]. El 2-metilfurano (2MF), obtenido por hidrogenación catalítica (HDO) de FUR, es el más prometedor [1]. En este trabajo se comparó el desempeño catalítico de catalizadores de hierro y cobre en HDO en fase líquida de FUR, siendo el 2MF el producto objetivo. Sobre la base de los resultados obtenidos y de caracterización del coque depositado luego de la prueba en reacción, se preparó un catalizador bimetalico de Fe-Pt, con el fin de mejorar el rendimiento [1]. Los catalizadores fueron nombrados Fe, Cu y FePt. La actividad catalítica se evaluó en fase líquida durante 5 h en un reactor discontinuo empleando H<sub>2</sub> (3,5-5 MPa) a 165 y 180°C, utilizando butil-acetato como solvente (0,74 mol FUR/l). Los productos se siguieron por cromatografía gaseosa (FID). Como se observa en la Figura 1, a 165°C, Fe mostró mayor selectividad hacia furano (40%) y 2-metiltehidrofurano (2MTHF, 41%). A 180°C, se favoreció la formación de tetrahidrofurano (THF) con este catalizador. En contraste, a esa misma temperatura, Cu presentó una alta selectividad hacia alcohol furfúrico (F-AL, 90%), seguido por 2MTHF y con poca formación de 2MF, aunque no generó pérdida de carbono no se alcanzó buena selectividad al producto objetivo. Se busca evitar la pérdida de carbono ya que implica pérdida en el rendimiento por formación de gases. Para FePt a 165°C se destacó la selectividad a F-AL (71%), furano (15%) y 2MTHF (9%). A 180°C, aumentó la selectividad hacia F-AL y 2MTHF. Por otra parte, el catalizador Cu tuvo las mayores conversiones (88% a 165°C y 100% a 180°C). Finalmente, la oxidación a temperatura programada, para los tres catalizadores luego de la reacción a 180°C, demostró que la presencia de platino en el catalizador bimetalico desplaza el pico máximo de oxidación a menores temperaturas. Además, disminuye la cantidad de coque depositado, mejorando la estabilidad del catalizador. En conclusión, Cu sobre sílice mejora la selectividad a 2MF y genera menor formación de coque respecto de Fe. Sin embargo, resta ajustar las condiciones para maximizar el rendimiento. Cuando el Fe se combina con Pt, la reacción se orienta hacia mayor hidrogenación del anillo furánico.



**Figura1.** Tests catalíticos. 5 MPa de H<sub>2</sub>, 1,3 % de catalizador, 0,74 mol/l FUR/Butilacetato, 5 h, 600 rpm.

### Referencias

[1] M.S. Zanuttini, M. Gross, G. Marchetti, C. Querini. *Applied Catalysis A: General* 587 (2019) 117217.

# ENRE-OEV-03: Revalorización de salvado de trigo para la obtención de compuestos plataforma.

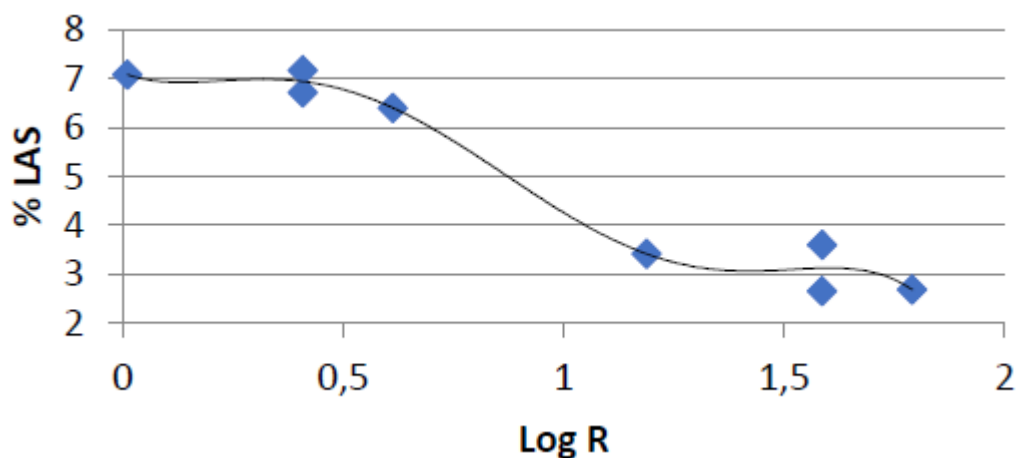
Retamar, L. E.<sup>a\*</sup>, Piovano, F.<sup>a</sup>, Boix, A. V.<sup>a</sup>, Aspromonte, S. G.<sup>a</sup>

aInstituto de Investigaciones en Catálisis y Petroquímica (INCAPE, CONICET), Facultad de Ing. Química, Universidad Nacional del Litoral (FIQ, UNL). Santiago del Estero 2829, CP: 3000, Santa Fe, Argentina.

Email: \*a [lretamar@fiq.unl.edu.ar](mailto:lretamar@fiq.unl.edu.ar)

## Resumen

El aprovechamiento de biomasa de origen lignocelulósico para obtener compuestos con interés comercial conlleva diversas etapas complejas y que representan un continuo desafío: (i) caracterización, (ii) fraccionamiento y extracción y (iii) obtención de compuestos plataforma [1]. En este trabajo se propone la revalorización de salvado de trigo. Esta biomasa fue exhaustivamente caracterizada y posteriormente sometida a dos etapas de fraccionamiento: (i) un lavado con agua (25 °C), secado (105 °C), molienda y tamizado (40 mesh), (ii) posteriormente sobre el sólido molido y seco se realizaron extracciones con percarbonato de sodio (PCS) bajo diferentes condiciones. De la etapa (i) se pudo aislar una suspensión a partir de la cual se recuperaron dos fases. Por un lado, se separó una fracción líquida con una concentración de glucosa, xilosa y arabinosa de 6,7 g/l, 19,8 g/l, y 3,7 g/l, respectivamente. Además, se obtuvo una fracción sólida rica en almidón. Posteriormente, en la etapa (ii) el sólido remanente (a partir del cual se obtuvo la suspensión de la etapa (i)) fue sometido a extracción con PCS para extraer lignina en fase líquida y concentrar la celulosa en fase sólida. Una vez terminada la extracción se cuantificó sobre el sólido la lignina ácida soluble (LAS) [2] para verificar la eficiencia del procedimiento (Figura 1). El mejor resultado obtenido fue de un 2,66 % de LAS. En la Tabla 1 se indican las condiciones empleadas en las diferentes extracciones realizadas junto con su correspondiente factor de severidad (R) que relaciona las variables tiempo y temperatura [3].



**Figura 1.** Cuantificación de la lignina ácida soluble sobre los sólidos remanentes luego de la extracción con PCS.

**Tabla 1.** Condiciones probadas en las extracciones con PCS.

Concentración PCS (g/g Biomasa)

Temperatura (°C)	Tiempo (min)	0,2	0,6	1	Log R
40	60		X		0,01
	150	X		X	0,41
	240		X		0,61
80	60		X		1,19
	150	X		X	1,59
	240		X		1,79

### Referencias

- [1] B., Yang, C.E., Wyman, *Biofuels, Bioprod. Biorefin.* 2 (2008) 26-40.
- [2] Sluiter, J., y Sluiter, A. Summative mass closure. NREL/TP-510-48087 (2008) 1-10
- [3] M. V. PAzo-Cepeda, S. G. Aspromonte, E. Alonso, *Food Bioscience*, 44 (2021) 101374

# ENRE-OCP-04: EFECTO DE NANOCOMPUESTOS DE HIERRO SOBRE CARBÓN ACTIVADO EN BATERÍAS DE LITIO-AZUFRE.

\*Oscar Emmanuel Valdivia-Moreno<sup>a</sup>, Javier Antonio Arcibar-Orozco<sup>b</sup>, Diana Patricia López López<sup>c</sup>,  
Jennifer Laverde<sup>d</sup>

<sup>a</sup>Posgrados PICYT, Centro de Innovación Aplicada en Tecnologías Competitivas. León Guanajuato México.

<sup>b</sup>CIATEC (Centro de Innovación Aplicada en Tecnologías Competitivas). León Guanajuato México.

<sup>c</sup>Química de Recursos Energéticos y Medio Ambiente, Instituto de Química, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Antioquia, Calle 70 No. 52-21, Medellín 50010, Colombia.

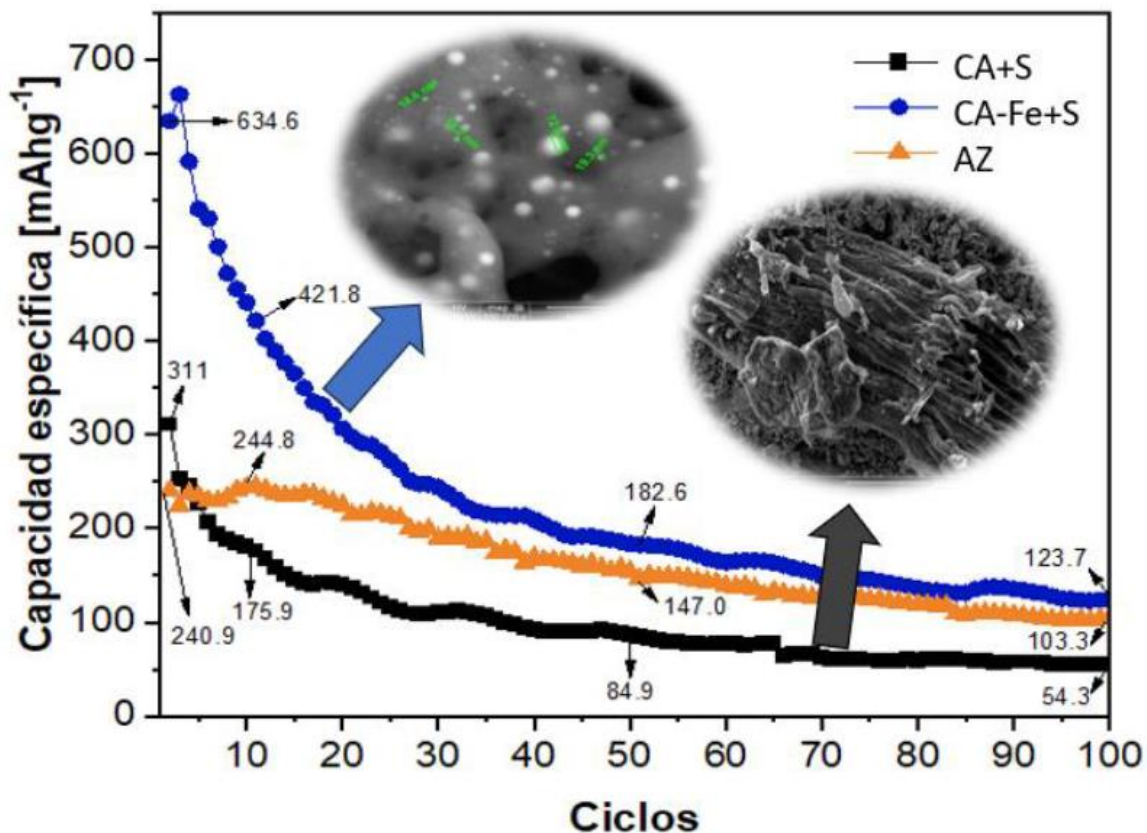
<sup>d</sup>Grupo de Materiales Avanzados y Energía MATyER, Facultad de Ingeniería, Instituto Tecnológico Metropolitano-ITM, Medellín, 050010, Colombia

Email: [ovaldivia.estudiantepicyt@ciatec.mx](mailto:ovaldivia.estudiantepicyt@ciatec.mx)

## Resumen

Con la producción creciente de dispositivos inalámbricos y portátiles, es necesario encontrar dispositivos de almacenamiento de energía capaces de abastecer estos dispositivos. Las baterías de litio azufre se posicionan como unas de las mejores candidatas debido a su alta capacidad teórica para entregar energía. [1] Actualmente, su desempeño energético se ve afectado considerablemente por problemas electroquímicos relacionados con sus reacciones (efecto de transporte por los polisulfuros de litio). [2] El uso de carbones activados podría beneficiar el rendimiento de las baterías Li-S ya que estos pueden mejorar la conductividad del cátodo, la retención y soporte de azufre dentro de la porosidad del carbón y reducir la expansión volumétrica. [1, 2] Las matrices carbonosas pueden obtenerse a partir de fuentes ricas en biomasa. En México, el bagazo de agave es el principal residuo generado en la producción del tequila, se estima que en el 2023 se produjeron alrededor de 560 000 t de este residuo. [3] Su aprovechamiento como carbón y su utilización en baterías podría ayudar a transicionar a fuentes de energía alternativas a la par que se disminuye el impacto ambiental de la industria tequilera en México. Diversos estudios sugieren que la funcionalización de carbones activados podría beneficiar aún más el desempeño de las baterías de Li-S, esta funcionalización consiste en implementar sitios activos donde nanoelectrocatalizadores de hierro [4] en sinergia con propiedades del carbón activado podrían favorecer la reducción de polisulfuros de litio de cadena larga a especies que favorecen la electroquímica de la batería. [5] El proyecto de investigación estudia el efecto sinérgico entre nanopartículas de hierro y un carbón activado a partir de bagazo de agave evaluando la capacidad, estabilidad y desempeño cíclico en los cátodos de baterías de Li-S. Se prepararon carbones de bagazo de agave, de los cuales se identificó un área específica de  $1100 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$  y un volumen de poro de  $0.4795 \text{ cm}^3 \text{ g}^{-1}$ . Posteriormente se incorporaron nanopartículas de hierro con un tamaño promedio de 34.2 nm de diámetro, estos materiales fueron utilizados para soportar azufre con el fin de obtener cátodos para baterías de Li-S y se determinó que mejoran la capacidad específica

en un 40% (ciclo 10 a C-rate 0.1) al incluir las nanopartículas de hierro. Preliminarmente, se concluye que los nanocompuestos de hierro son benéficos para la obtención de energía en las Li-S. Los colaboradores del presente trabajo agradecen al Universidad de Antioquia UdeA, Minciencias al proyecto 890 82079 y Proyecto de Ciencia de Frontera CF-2019 1727999. Por permitir la participación en el congreso.



**Figura 1.** Capacidad de descarga a 0.1C a 100 ciclos para una batería 100% azufre en el cátodo (AZ), batería con 60% carbón activado de bagazo en el cátodo (CA) y una batería 60% carbón y nanopartículas de hierro (CA-Fe)

**Tabla 1.** Capacidad específica para distintos ciclos (mAh/g)

Ciclo	AZ	CA	CA-Fe
1	240.97	311.04	634.62
10	244.82	175.92	421.81
50	147.04	84.92	182.61
100	103.38	54.37	123.73

## Referencias

- [1] Nema, P. K., Mohanty, K., & Thangavel, R. (2023). Bio-mass derived hierarchically porous and high surface area carbon as an efficient sulfur host for lithium-sulfur batteries. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 121, 235-241. <https://doi.org/10.1016/j.jiec.2023.01.027>
- [2] Wang, D., Zeng, Q., Zhou, G., Yin, L., Li, F., Cheng, H., Gentle, I. R., & Lu, G. Q. (2013). Carbon-sulfur composites

for Li-S batteries: status and prospects. *Journal of materials chemistry. A Materials for energy and sustainability*, 1(33), 9382. <https://doi.org/10.1039/c3ta11045a>

[3] CRT (2024). Consejo Regulador del Tequila. <http://www.crt.org.mx/EstadisticasCRTweb/>.

[4] Wang, Y., Wei, Y., Wang, B., Jing, P., Zhang, Y., Zhang, Y., Wang, Q., & Wu, H. (2021). Bio-assisted engineering of hierarchical porous carbon nanofiber host in-situ embedded with iron carbide nanocatalysts toward high-performance Li-S batteries. *Carbon*, 177, 60-70. <https://doi.org/10.1016/j.carbon.2021.02.073>

[5] Zhao, T., Chen, J., Dai, K., Zhang, J., Yuan, M., Li, X., Zhang, K., Zhang, J., Li, Y., Liu, Z., He, H., Li, B., & Zhang, G. (2022). Boosted polysulfides regulation by iron carbide nanoparticles-embedded porous biomass-derived carbon toward superior lithium-sulfur batteries. *Journal of Colloid and Interface Science*, 605, 129-137. <https://doi.org/10.1016/j.jcis.2021.07.044>

# **ENRE-OCP-05: Caracterización Físico-Química de bioadsorbentes, una revisión enfocada a la disminución de impactos ambientales como insumo a los protocolos de gestión del riesgo.**

**Lina María Jaramillo Echeverry<sup>a</sup>, Roberto Infante Hernández, Karem Sofia Ariza Becerra<sup>a</sup>,  
Juan Esteban Bernal Gutiérrez<sup>a</sup> Paula Andrea Restrepo Aguirrea , Carolina Riveros  
Gómez<sup>a</sup>.**

a Universidad la Gran Colombia, Armenia, Colombia-630008

b Instituto Tecnológico de México, Morelia, México- 58120

Email: [ajaramilloelinamaria@miugca.edu.co](mailto:ajaramilloelinamaria@miugca.edu.co).

## **Resumen**

La contaminación ambiental, particularmente por hidrocarburos derivados del petróleo, y los olores ofensivos en diferentes sectores de la producción en Colombia, plantea un desafío global debido a su impacto adverso en los ecosistemas y la salud humana. La bioadsorción, un proceso que utiliza materiales biológicos (bioadsorbentes) para eliminar contaminantes, ha ganado relevancia como una estrategia de remediación sostenible y rentable en los últimos años. Esta revisión exhaustiva se centra en la caracterización físico-química de bioadsorbentes no convencionales, derivados de residuos agrícolas, industriales y domésticos, y su influencia en la capacidad de adsorción de hidrocarburos y olores ofensivos en diferentes sectores. Se exploran materiales como cáscara de yuca y plátano, cáscara de cítricos, borra de café, cáscara de huevo, caña de azúcar y vástago de plátano, destacando sus propiedades físico-químicas clave, como el área superficial, la porosidad, los grupos funcionales y la composición química, y cómo estas influyen en la eficiencia de la bioadsorción. Se examinan los mecanismos de adsorción, incluyendo la fisisorción, la quimisorción y el intercambio iónico, y se analizan los factores que afectan el proceso, como el pH, la temperatura y la concentración del contaminante. Adicional, se evalúa la aplicación de estos bioadsorbentes no convencionales en la eliminación de otros contaminantes, como metales pesados y colorantes. Se presentan estudios de caso que ilustran la eficacia de estos materiales en la remediación de agua, suelo y aires contaminados. La revisión también destaca las tendencias emergentes en la investigación de bioadsorbentes, como la modificación química para mejorar la selectividad y la capacidad de adsorción, y la integración con otras tecnologías de remediación que logren la disminución de los impactos ambientales.

El valor agregado de esta revisión es la articulación que se realiza con la gestión del riesgo considerado como un proceso sistemático que busca identificar, evaluar y minimizar los posibles impactos negativos en agua y aire, consolidando una propuesta donde se identifiquen, evalúen, traten, monitoreen y se realice el seguimiento a estos impactos considerados riesgos ambientales.

En conclusión se ha determinado que la caracterización físico-química es fundamental para comprender y optimizar el rendimiento de los bioadsorbentes no convencionales en la remediación ambiental, de esta manera, se ofrece una perspectiva completa de los avances en este campo, con un enfoque particular en los materiales derivados de residuos agroindustriales, que permitirán desarrollar un plan de gestión del riesgo que incluya la evaluación y selección de bioadsorbentes adecuados, con la finalidad de anticipar y prepararse para enfrentar eventos futuros que podrían causar pérdidas, daños y emergencias catastróficas para los ecosistemas. La formulación de estos instrumentos de gestión del riesgo, aportarán de manera significativa en el diseño de estrategias y políticas públicas que reduzcan la vulnerabilidad de las comunidades y los ecosistemas ante estos riesgos, promoviendo un desarrollo sostenible y resiliente. Palabras clave: Bioadsorbentes, caracterización físico-química, remediación ambiental, hidrocarburos, contaminación, adsorción.

## Referencias

- [1] Khan, F. I., Husain, T., & Hejazi, R. (2020). An overview and analysis of site remediation technologies. *Journal of Environmental Management*, 259, 110068. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2004.02.003>.
- [2] Araujo, C. S. T., Melo, E. I., Melo, L. C. A., & Santaella, S. T. (2021). Banana peel applied to the adsorption of heavy metals and dyes: A review. *Environmental Technology & Innovation*, 23, 101725 <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1532/1/012014>.
- [3] Romero-Cano, M. S., González-Delgado, Á. D., & Ruiz-Ruiz, F. (2021). Bioadsorción de metales pesados utilizando residuos agroindustriales: Una revisión. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 23(1), 64-76.

# ENRE-OCP-06: Análisis de las tecnologías de tratamiento de residuos sólidos urbanos para su aplicación en Colombia

Santiago González Echeverry<sup>a</sup>

a Tecnológico de Antioquia, Medellín, Colombia,  
Email: a.gonzalesantiago@gmail.com

## Resumen

La generación de residuos sólidos (RS) está directamente relacionada con el crecimiento demográfico. Se estima que en América Latina y el Caribe (ALC) la población en el año 2016 alcanzó los 638 millones de habitantes y se generaron cerca de 231 millones de toneladas de residuos sólidos urbanos en 2016, lo cual equivale a una producción per cápita (PPC) promedio de 0,99 Kg por habitante por día [1].

Los residuos orgánicos predominan en la composición física de la región, mientras que al menos una tercera parte corresponde a residuos reciclables (papel, cartón, plásticos, metales, vidrio). En cuanto a la disposición final, cerca del 52% de los residuos generados (alrededor de 437.000 toneladas diarias) se deposita en algún tipo de relleno sanitario; el 15% se dispone en vertederos controlados y el 26,8% se desecha en botaderos a cielo abierto y otros sitios inadecuados [1]. Ante el panorama de una constante y creciente generación de RS, es necesario analizar diferentes tecnologías que permitan realizar una adecuada disposición final de los mismos. En el desarrollo del presente trabajo, se realizó el análisis de las tecnologías de tratamiento térmico de residuos mediante tambor rotatorio [2], horno de solera múltiple [2], incinerador de lecho fluidizado [3], horno de parrillas [4] y gasificación [5].

Teniendo en cuenta las tecnologías y las características de los RS en Colombia, se pudo establecer que la tecnología de horno de parrillas es la tecnología que mejor se adapta en Colombia.

**Tabla 1. Matriz de identificación de tecnologías VS residuos tratados**

TECNOLOGÍA	TIPOS DE RESIDUOS				
	Plásticos	Residuos líquidos	Residuos mezclados	Residuos sólidos combustibles	Residuos peligrosos
Tambor rotatorio		X			
Horno de solera múltiple		X		X	
Incinerador de lecho fluidizado					X
Horno de parrillas			X		
Gasificación	X				

Así mismo, se realizó el análisis del potencial de generación de energía que podría desarrollarse con el establecimiento de proyectos de “Waste to Energy” que puede alcanzar el 15,6% del total de la energía generada en Colombia en el año 2022, la ampliación de la vida útil de los sitios de disposición final existentes

en Colombia que podría aumentar en 9,1 años y el potencial de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero que puede ser de un 43% menos en comparación con las tecnologías de relleno sanitario.

### Referencias

- [1] Banco Mundial. (2020). What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050. Washington: Banco Mundial.
- [2] US Environmental Protection Agency. (1981). Engineering handbook for hazardous waste incineration. Washington.
- [3] Nikku, M, et al. (2021). Three-dimension modeling of a chinese circulating fluidized bed incinerator firing municipal solid waste. Journal of solid waste technology and management. Volume 47, No 2. pp. 393-405
- [4] Buekens, A. (2013). Incineration technologies. Nueva York: Springer New York.
- [5] Fumihiro, Y. e. (2004). Thermoselect waste gasification and reforming process. Japón.

# ENRE-OCV-07: Pirólisis del Polietileno. Efecto de la temperatura y la presión autógena en composición del producto.

Patricia Pérez Romo\*, Georgina C. Laredo, Edith Meneses Ruíz.

Instituto Mexicano del Petróleo, Ciudad de México, México, Código postal 07730

Email: [pperezr@imp.mx](mailto:pperezr@imp.mx).

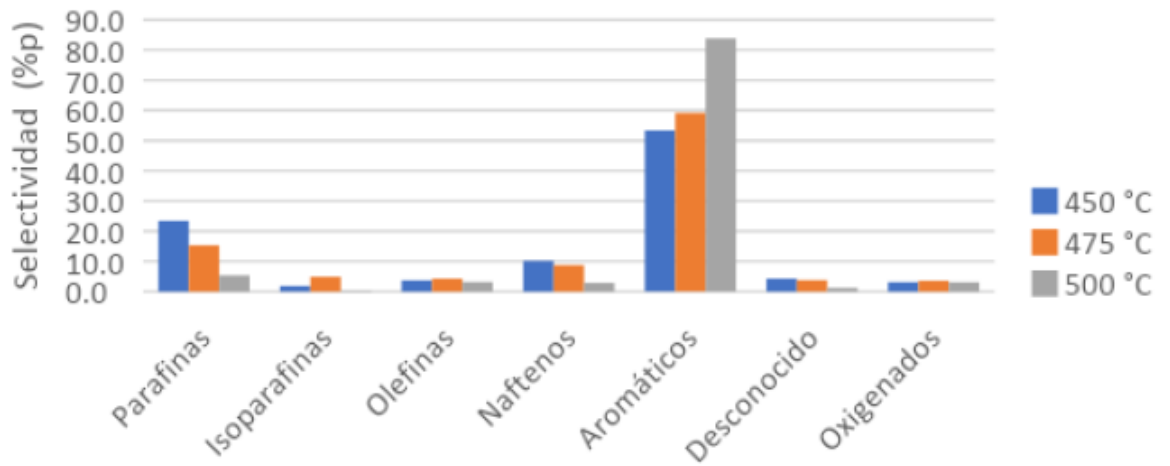
## Resumen

Los plásticos representan uno de los materiales más ampliamente utilizados a nivel global y con el mayor crecimiento en cuanto a su producción se refiere. Se utilizan para contener alimentos, en la fabricación de aparatos eléctricos, electrónicos, en la industria textil, en muebles, partes automotrices, en el sector de la construcción, tuberías, como aislantes, impermeabilizantes, etc. Su amplio uso ha propiciado que estos sean uno de los desechos más abundantes en el planeta, ocasionando un daño ambiental en la tierra y en el agua. Por tal motivo, investigadores del mundo entero están buscando alternativas para el reciclaje, reutilización y transformación de los residuos plásticos en productos valiosos. En este contexto, la pirólisis representa una alternativa para degradar los plásticos y producir hidrocarburos.

El mecanismo de degradación térmica del polietileno se da por un rompimiento aleatorio de la cadena (scission) el cual involucra una serie de etapas: la iniciación, propagación y/o transferencia de radicales libres y por último la terminación para dar origen a hidrocarburos en estado gaseoso, líquido y sólido (ceras)[1].

La pirólisis del polietileno de baja densidad (PEBD) se llevó a cabo en una autoclave de 80 ml a diferentes temperaturas con la finalidad de investigar el efecto que tiene la temperatura y presión autógena en la degradación térmica del polímero. Se estudiaron 3 diferentes temperaturas 450, 475 y 500°C, cada temperatura produjo una presión autógena diferente debida a los gases generados por la descomposición del polímero. La rampa de temperatura fue de 50 °C/min y el tiempo de reacción de 25 minutos.

Los resultados mostraron que la presión autógena es función de la temperatura, a 450 °C se obtuvo una presión de 110 kg/cm<sup>2</sup> mientras que a 500 °C la presión incrementó más del doble llegando a 240 kg/cm<sup>2</sup>. Es importante resaltar que en los tres casos estudiados se observó a los 400 °C un incremento de presión súbito pasando de una pendiente promedio de 2 a 90 (kg/cm<sup>2</sup>)/h. Los productos obtenidos de la pirólisis fueron mayoritariamente aromáticos (53-83 %p) seguidos de parafinas (5-23 %p).



parafinas (5-23 %p).

**Figura 1.** Selectividad en función de la temperatura de degradación térmica del PEBD a los diferentes productos de reacción.

Durante la degradación térmica del PEBD se lleva a cabo el rompimiento aleatorio de las cadenas generando una serie de productos que van desde hidrocarburos alifáticos hasta aromáticos. Al aumentar la temperatura de pirólisis, la presión autógena incrementa, así como la cantidad de aromáticos en detrimento de las parafinas. El grado de aromaticidad aumenta con la temperatura de degradación. El control adecuado de la temperatura y presión permiten convertir los desechos plásticos en hidrocarburos parafínicos o aromáticos los cuales pueden usarse como materia prima para la producción de combustibles.

## Referencias

[1] K. Murata, K. Sato, Y Sakata. J. Anal. Appl Pyrolysis 71 (2004) 569-589.

# ENRE-OEV-08: De la remolacha a la energía solar fotovoltaica: Explorando el potencial de la betanina como sensibilizador orgánico en celdas DSSC.

Adriana Lopera<sup>a</sup>, Julián Restrepo<sup>b</sup>, Ederley Vélez<sup>a\*</sup>

<sup>a</sup> Universidad de Medellín, Medellín, Colombia, 050026

<sup>b</sup> RapiTerra Group SAS

Email: evelez@udemedellin.edu.co

## Resumen

La industria azucarera en países como la Unión Europea, Estados Unidos, Rusia y Turquía procesa grandes cantidades de remolacha (*Beta vulgaris L.*). Aunque el azúcar es el producto principal, la extracción de azúcares genera subproductos como la pulpa y la cáscara, ricos en betanina, un colorante natural que le otorga a la remolacha su característico color rojo intenso. Estos residuos, tradicionalmente desechados, presentan un gran potencial para ser aprovechados y transformados en productos de alto valor agregado[1]. En este trabajo, se realizaron estudios computacionales de la betanina, siendo empleada como sensibilizador orgánico en celdas solares sensibilizadas por colorante (DSSC, por sus siglas en inglés), basados en la Teoría del Funcional de la Densidad (DFT), para analizar la betanina en su estado fundamental, y se empleó la Teoría del Funcional de Densidad Dependiente del Tiempo (TD-DFT), para investigar cómo la luz afecta al colorante, su excitación electrónica y las transiciones entre estados electrónicos. Los resultados obtenidos sobre las propiedades electroquímicas, ópticas y fotovoltaicas de la betanina permiten establecer su viabilidad como sensibilizador natural en celdas solares DSSC, una tecnología fotovoltaica de tercera generación, económica y eficaz en la conversión de luz visible en electricidad. Las DSSC, inventadas en 1991 por el profesor Michael Grätzel y el Dr. Brian O'Regan [2], dependen de un sensibilizador crucial que capta la luz solar incidente. La betanina es un compuesto heterocíclico nitrogenado, que puede describirse químicamente como una 1,2,4,7,7-pentasustituida 1,7-diazaheptametina protonada. [3] Esta estructura cumple con los criterios para ser un agente sensibilizante, actuando como un donante de electrones gracias a su disposición D- $\pi$ -A (que incluye un donante (D), un aceptor (A) y un espaciador  $\pi$  ( $\pi$ ) y un grupo COOH que facilita la adhesión a superficies semiconductoras. Además, la betanina muestra un notable coeficiente de extinción molar en el espectro visible ( $\epsilon = 6,56 \times 10^4 \text{ L mol}^{-1} \text{ cm}^{-1}$ ) [4], un pico de absorción a 536 nm [5], una gran estabilidad dentro de un amplio rango de pH de 3 a 7, y una alta solubilidad en agua [6].

La geometría del estado fundamental de la betanina se optimizó en fase acuosa utilizando el programa Gaussian 16 [7] con el funcional híbrido de intercambio-correlación B3LYP [8,9] y el conjunto de bases 6-31+G(d,p). Se realizaron cálculos de frecuencia con el mismo nivel de teoría para confirmar que la betanina se encuentra en su estado de energía más bajo, evidenciado por la ausencia de frecuencias imaginarias. Asimismo, se utilizó el funcional CAM-B3LYP [10] con la misma base para determinar las energías de los estados excitados

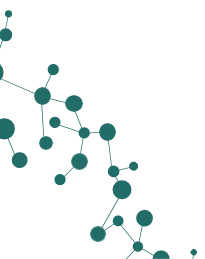
verticales. La influencia del disolvente en todos los cálculos se evaluó utilizando el método IEFPCM (integral equation formalism PCM) [11], y las excitaciones electrónicas se modelaron considerando la solvatación de no equilibrio.

Los cálculos teóricos permitieron evaluar el potencial de la betanina como sensibilizador en celdas DSSC. Los resultados obtenidos indican que esta molécula presenta propiedades electroquímicas y ópticas prometedoras, ya que la energía libre de Gibbs de inyección de electrones ( $\Delta G_{inj}$ ) presentó un valor de -0.50 eV, indicando una eficiente transferencia de electrones excitados desde la molécula de betanina hacia el semiconductor TiO<sub>2</sub>. Por otro lado, la energía libre de Gibbs de regeneración ( $\Delta G_{reg}$ ) fue de -1.09 eV, lo que sugiere una rápida regeneración del colorante oxidado. La energía libre de Gibbs de recombinación de carga ( $\Delta G_{CR}$ ) se calculó en -1.89 eV, evidenciando una baja probabilidad de recombinación de electrones, lo cual favorece la generación de fotocorriente. La eficiencia de captación de luz (LHE) alcanzó un valor de 0.965, indicando una excelente capacidad de la betanina para absorber la luz solar. La vida media del primer estado excitado ( $\tau$ ) se estimó en 2.75 ns, un valor adecuado para una eficiente transferencia de carga y los valores calculados de voltaje de circuito abierto ( $V_{oc}$ ) y densidad de corriente de cortocircuito ( $J_{sc}$ ) fueron de 0.50 eV y 0.48 mA/cm<sup>2</sup>, respectivamente. El producto de  $V_{oc}$  y  $J_{sc}$ , que es una estimación del factor de relleno (FF), resultó en 0.24 eV. Aunque este valor no representa la eficiencia de conversión de potencia de manera directa, proporciona una estimación de la relación entre el voltaje y la corriente máximos que la celda puede generar. En conjunto, estos resultados sugieren que la betanina podría ser un candidato viable como sensibilizador en celdas solares sensibilizadas por colorante (DSSC). La alta eficiencia de captación de luz, combinada con una eficiente transferencia de carga y una baja probabilidad de recombinación, apuntan a un potencial desempeño favorable en dispositivos DSSC.

## Referencias

- [1] Z. Usmani, M. Sharma, D. Diwan, M. Tripathi, E. Whale, L. N. Jayakody, B. Moreau, V. K. Thakur, M. Tuohy, V. K. Gupta, *Bioresour Technol* **2022**, *346*, 126580.
- [2] B. O'Regan, M. Grätzel, *Nature* **1991**, *353*, 737.
- [3] D. V. T. da Silva, F. de O. Silva, D. Perrone, A. P. T. R. Pierucci, C. A. Conte-Junior, T. da S. Alvares, E. M. Del Aguila, V. M. F. Paschoalin, *Food Nutr Res* **2016**, *60*, 29909.
- [4] R. Ciriminna, G. Timpanaro, L. M. Ilharco, C. Danzì, A. Fidalgo, M. Pagliaro, M. Pagliaro, **2017**, DOI 10.20944/preprints201711.0065.v1.
- [5] I. Belhadj Slimen, T. Najar, M. Abderrabba, *J Agric Food Chem* **2017**, *65*, 675.
- [6] S. A. Rodriguez, M. T. Baumgartner, *ACS Omega* **2020**, *5*, 13751.
- [7] M. J. Frisch, G. W. Trucks, H. B. Schlegel, G. E. Scuseria, M. A. Robb, J. R. Cheeseman, G. Scalmani, V. Barone, B. Mennucci, G. A. Petersson, H. Nakatsuji, M. Caricato, X. Li, H. P. Hratchian, A. F. Izmaylov, J. Bloino, G. Zheng, J. L. Sonnenberg, M. Hada, M. Ehara, K. Toyota, R. Fukuda, J. Hasegawa, M. Ishida, T. Nakajima, Y. Honda, O. Kitao, H. Nakai, T. Vreven, J. A. Montgomery, Jr, J. E. Peralta, F. Ogliaro, M. Bearpark, J. J. Heyd, E. Brothers, K. N. Kudin, V. N. Staroverov, T. Keith, R. Kobayashi, J. Normand, K. Raghavachari, A. Rendell, J. C. Burant, S. S. Iyengar, J. Tomasi, M. Cossi, N. Rega, J. M. Millam, M. Klene, J. E. Knox, J. B. Cross, V. Bakken, C. Adamo, J. Jaramillo, R. Gomperts, R. E. Stratmann, O. Yazyev, A. J. Austin, R. Cammi, C. Pomelli, J. W. Ochterski, R. L. Martin,

- K. Morokuma, V. G. Zakrzewski, G. A. Voth, P. Salvador, J. J. Dannenberg, S. Dapprich, A. D. Daniels, O. Farkas, J. B. Foresman, J. V. Ortiz, J. Cioslowski, D. J. Fox, **2013**.
- [8] A. D. Becke, *J Chem Phys* **1993**, *98*, 5648.
- [9] C. Lee, W. Yang, R. G. Parr, *Phys Rev B* **1988**, *37*, 785.
- [10] T. Yanai, D. P. Tew, N. C. Handy, *Chem Phys Lett* **2004**, *393*, 51.
- [11] E. Cancès, B. Mennucci, J. Tomasi, *Journal of Chemical Physics* **1997**, *107*, DOI 10.1063/1.474659.



# ENRE-OEV-09: Viscosidad de mezclas de hidrocarburos con biocombustibles: Modelo predictivo

Mario Ramírez de Santiago

Instituto Mexicano del Petróleo. Ciudad de México, 07730 México.

## Resumen

La determinación de la viscosidad de mezclas ( $\eta_m$ ) binarias de líquidos es fundamental para el diseño y la optimización de diversos procesos industriales. La viscosidad no sigue una relación lineal con las viscosidades de los componentes individuales. La no linealidad surge por interacciones complejas y a factores como el tamaño, la forma y la concentración de las moléculas involucradas. Una de las primeras ecuaciones para calcular la viscosidad de mezclas fue propuesta por Arrhenius en 1887 [1]. Posteriormente, Lederer en 1931 [2] introdujo en la ecuación de Arrhenius un parámetro  $\alpha$  para modelar de forma más precisa la viscosidad de mezclas complejas:

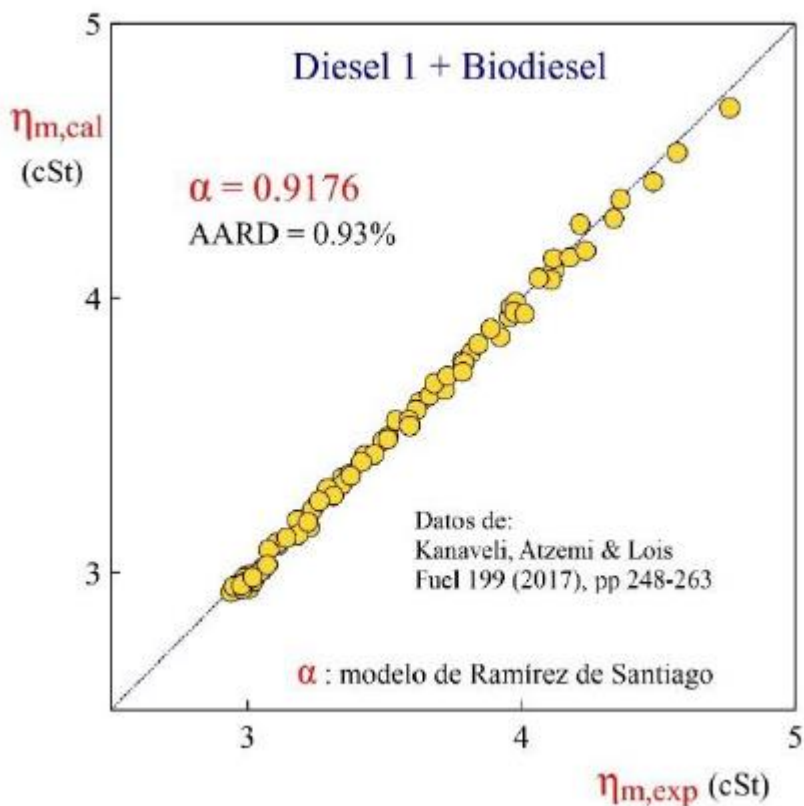
$$\ln(\eta_m) = \frac{\phi_1 \alpha}{\phi_1 \alpha + \phi_2} \ln(\eta_1) + \frac{\phi_2}{\phi_1 \alpha + \phi_2} \ln(\eta_2)$$

Dónde  $\eta$  es la viscosidad,  $\phi$  las proporciones de cada uno de los fluidos a mezclas y  $\alpha$  es un parámetro empírico. El subíndice 1 y 2 se refiere al fluido más viscoso, y al menos viscoso, respectivamente. Shu [3] propuso una ecuación para calcular  $\alpha$  en función de las densidades relativas y viscosidades de los dos fluidos. Esta ecuación consta de cuatro constantes de ajuste y su valor se determinó utilizando un banco de datos de hidrocarburos pesados. Esta ecuación es ampliamente utilizada, sin embargo, diverge cuando la relación de viscosidades tiende a la unidad. En 2023, Ramírez de Santiago [4]. Desarrolló una nueva ecuación para el cálculo de  $\alpha$ :

$$\alpha = \frac{1}{[1 + (\rho_1/\rho_2) \ln(\eta_1/\eta_2)]^n}$$

En esta ecuación  $\rho$  es la densidad de los fluidos. Esta ecuación consta de una sola constante de ajuste  $n$  y su valor se propuso como 0.20, para lo cual se utilizaron mezclas de hidrocarburos pesados con ligeros, hidrocarburos con diesel, y diversas mezclas de alcanos. Posteriormente, se probó su predictibilidad con mezclas de hidrocarburos a condiciones de yacimiento con CO<sub>2</sub>, y mezclas de diesel con biodiesel. En la figura 1, se muestra la predicción de la viscosidad de mezclas de diesel con biodiesel a base de éster metílico de aceite de maíz [5]. La desviación entre los datos experimentales y el cálculo fue del 0.93%. De los diversos estudios realizados, se sugiere emplear las dos ecuaciones mencionadas para calcular la viscosidad de mezclas líquidas

binarias. En caso de necesitar un ajuste más preciso, se recomienda modificar el valor del exponente  $n$ .



**Figura 1.** Predicción de la viscosidad de diesel + biodiesel (éster metílico de aceite de maíz), en el intervalo de 5 al 90 % en fracción volumen de biodiesel, 40 °C. Diesel 1: 2.8821 cSt. Datos experimentales de Kanaveli [2].

## Referencias

- [1] S. Arrhenius. Über die innere Reibung verdünnter wässriger Lösungen. *Z Phys Chem* 1887; I: 285-98.
- [2] E.L. Lederer. Viscosity of Binary Mixtures. *Nature*, 139, 27-28 (1937).
- [3] W.A. Shu. Viscosity Correlation for Mixtures of Heavy Oil, Bitumen, and Petroleum Fractions. *SPE J.* 24 (03): 277-282, 1984.
- [4] M. Ramírez-de-Santiago, E. Cazares-Ibañez, H. Aguilar-Cisneros, B. Carreón-Calderón. A new correlation to calculate the viscosity of binary mixtures of heavy or extra-heavy crude oil and light hydrocarbons using the Arrhenius-Lederer equation. *Fuel* Volume 344, 15 July 2023, 128095.
- [5] I-P. Kanaveli, M. Atzemi, E. Lois. Predicting the viscosity of diesel/biodiesel blends. *Fuel* 199 (2017) 248-263

# ENRE-OEV-10: Estudio mediante DRIFT in-situ de la reacción de reformado de etanol con vapor empleando catalizadores basados en Co y Ni.

Marcela Jaramillo-Baquero<sup>a,\*</sup>, John Múnera<sup>b</sup>, Laura Cornaglia<sup>c</sup>.

a Instituto de investigaciones en Catálisis y Petroquímica (CONICET), Universidad Nacional del Litoral, Facultad

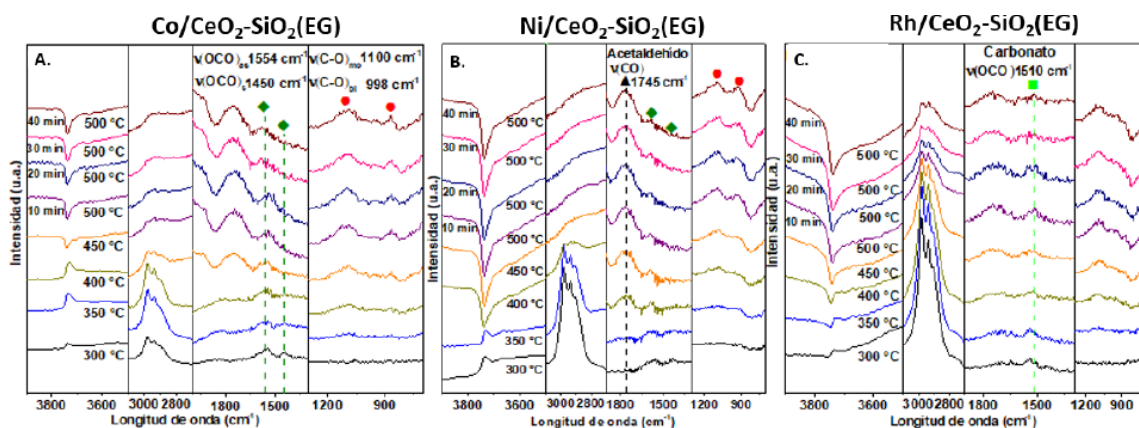
de Ingeniería Química, Santa Fe, Argentina, 3000

Email: a.jaramillob.marcela@gmail.com

## Resumen

La reacción de reformado de etanol con vapor (ESR), ha demostrado ser una ruta promisorio para la producción de H<sub>2</sub>. Por lo cual, en este trabajo se propuso el análisis mediante DRIFT in-situ de la reacción de ESR, identificando las diferentes especies intermediarias formadas y su rol en la reacción cuando se emplean catalizadores basados en Co y Ni, en comparación con un material basado en Rh. Todos los catalizadores fueron sintetizados mediante impregnación a humedad incipiente y la carga de Co, Ni y Rh fue de 15 %p/p, 5 %p/p y 0,6 %p/p respectivamente. En todos los casos el soporte empleado fue CeO<sub>2</sub>(10 %p/p)-SiO<sub>2</sub>(EG), donde EG hace referencia a la modificación de la sílice con etilenglicol, que promueve la reducción del tamaño de partícula del metal soportado, favoreciendo la producción de H<sub>2</sub>. Se utilizó un equipo FTIR equipado con una celda DRIFT, la relación molar alimentada fue de H<sub>2</sub>O/Etanol = 5 y un W/F = 4,2x10<sup>-3</sup> g h/L.

Inicialmente, todos los materiales se calentaron en N<sub>2</sub> a 500 °C, luego reducidos durante 1 h en una mezcla H<sub>2</sub>(5%) / Ar y finalmente enfriados a 300 °C en N<sub>2</sub> antes de alimentar la mezcla de reactivos. En la Figura 1 se muestra la evolución con el aumento de la temperatura, en todos los casos se evidencia una disminución de las señales asociadas al estiramiento de los grupos CH<sub>3</sub> y CH<sub>2</sub> localizadas entre 2899 y 2978 cm<sup>-1</sup>, indicando que el etanol es deshidrogenado a especies etoxi (●) a partir de 350°C. La formación de estas especies etoxi en todos los catalizadores viene acompañada de la aparición de la banda característica del estiramiento HCO en el acetaldehído (▲) luego de los 400°C. Para el caso de los catalizadores de Co y Ni, la presencia de especies acetato (◆), indica que, el camino de reacción involucra la oxidación del acetaldehído. Mientras que, en el material de Rh, estas especies acetato no se observan, indicando que posiblemente, este sólido sigue una ruta de reacción mediante la descomposición del acetaldehído [1]. Por otro lado, en la región de los grupos hidroxilos (3000-3800 cm<sup>-1</sup>) se registran bandas negativas intensas, constituidas por los modos de vibración de los grupos OH en el etanol, OH libres de la ceria así como los grupos silanoles. En los tres materiales se evidencia que estas señales tienen un marcado decrecimiento, indicando una elevada reactividad de los mismos y el rol clave de estos sitios en la reacción.



**Figura 1.** Espectros DRIFT obtenidos con catalizadores de A. Co/CeO<sub>2</sub>-SiO<sub>2</sub>(EG), B. Ni/CeO<sub>2</sub>-SiO<sub>2</sub>(EG) y C. Rh/CeO<sub>2</sub>-SiO<sub>2</sub>(EG) a diferentes temperaturas durante la reacción de ESR. H<sub>2</sub>O/Etanol=5. W/F= 4,2x10<sup>-3</sup> g h / L.

## Referencias

[1] Z. Ferencz *et al.* *ACS Catal* (2014) 1205–121

# ENRE-OEV-11: Preparación de fibras de carbono como catalizadores para la producción de biodiesel

Mauricio Urey-Huanca<sup>a, b</sup>, Adrian Bonilla-Petriciolet<sup>a</sup>, Juan Carlos Tapia-Picazo<sup>a</sup>, Marcos L.

Corazza<sup>b</sup>

a Tecnológico Nacional de México - Campus Aguascalientes, Av. Adolfo López Mateos #1801, Aguascalientes, Aguascalientes, México, 20256.

b Universidade Federal do Paraná, Rua Francisco H. dos Santos #100, Curitiba, Paraná, Brasil, 19011

Email: maur\_0070urey@hotmail.com

## Resumen

Esta investigación se utilizó fibras acrílicas de copolímero de acrilonitrilo-metacrilato de metilo (PAN-co-MMA) de grado textil, como precursores de la fibra de carbono como soporte de catalizadores heterogéneos funcionalizados con KOH y usados posteriormente para la obtención de biodiesel. Para la preparación de los catalizadores se realizó a través de dos rutas de síntesis. Para la primera Ruta se empleó un diseño de experimentos Taguchi L16 con doce factores, dos niveles y elaboración de 16 catalizadores cuya variable respuesta fue la formación en porcentaje de FAME, por lo que implicó utilizar el copolímero de grado textil de la empresa Grupo Textil de Aguascalientes S.A-México, se pulverizó, después se realizó la solución de hilatura para preparar fibras acrílicas por hilatura en húmedo, se estabilizó en rampas de calentamiento a temperaturas de 200 a 260°C para formar una fibra de carbono [1], se funcionalizó con KOH y se probó como catalizador heterogéneo en reacciones de transesterificación con agitación magnética de 500 rpm, a 60°C por 4 horas.

A través de la relación Señal-Ruido (S/R) se determinó el mejor nivel de cada factor y aplicando un análisis estadístico se encontró los factores estadísticamente significativos con la variable respuesta, que siguieron la tendencia: concentración de solución polimérica > tratamiento hidrotermal (quinto paso térmico opcional) > concentración solución de KOH para funcionalización > volumen de solución de KOH por 1 g de fibra de carbono > impregnación de KOH 2M en la hilatura > concentración de DMF en baño de coagulación > temperatura de estabilización del cuarto paso térmico; determinándose, que el mejor catalizador es la fibra denominada F12.

Se realizaron cinéticas de reacción a temperaturas de 60, 50 y 40°C, el que mostro el mejor desempeño fue el modelo matemático de pseudo primer orden, con coeficientes de determinación (R<sup>2</sup>) en el rango de 0.89-0.98, las velocidades de reacción estuvieron en el rango de 0.0013-0.0324 min<sup>-1</sup> y la energía de activación de 140.25 KJ/mol, lo que sugiere que la reacción de transesterificación heterogénea es endotérmica y controlada químicamente [2]. Así mismo en los estudios cinéticos se determinó que a temperatura de 60°C alcanzo el equilibrio en 180 minutos de reacción para obtener 99.99% de FAME. A través del análisis de caracterización

de difracción de rayos X (DRX) y espectroscopia infrarroja por transformada de Fourier (FT-IR), se determinó que el catalizador F12 esta soportado sobre fibra de carbono y presenta sitios activos amorfos que probablemente son KCN [3] y K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> hidratado [4]Henry et al., 2017, por lo que se desarrolló la Ruta 2 a través de un proceso combinado de precarbonización y activación química previa funcionalización con KOH a temperatura de 450°C, preparando de esta manera el catalizador CF12 derivado de F12, obteniéndose también 99.99% de FAME sin embargo en un tiempo menor de 150 minutos, sin embargo se detectó con DRX sitios activos cristalinos de Cianuro de potasio y Carbonato de potasio Hidratado confirmando la presencia de estas fases cristalinas en el catalizador, y con el análisis FTIR se determinó que la mayor formación de FAME dependerá de los grupos funcionales formados presentes en los catalizadores preparados del rango de número de onda que va de 704 a 1009 cm<sup>-1</sup>.

Por lo que con esta metodología podría reducirse el tiempo de producción de biodiesel, compitiendo con catalizadores heterogéneos homogéneos. Así mismo no existen suficientes trabajos que reporten este método de preparación de catalizadores a temperaturas bajas de 260 y 450 °C.

## Referencias

- [1] Arbab S., Zeinolebadi A. *Polymer Degradation and Stability* 2017, 139: 107-116.
- [2] Ashok A., Ratnaji T., John Kennedy L., Judith Vijaya J., Gnana Pragash R. *Renewable Energy* 2021, 163: 480-494
- [3] Das B., Sharma M., Baruah M.J., Borah K.K., Bania K.K. *Inorganica Chimica Acta* 2019, 498: 119160.
- [4] Henry D.G., Watson J.S., John C.M. *Sedimentary Geology* 2017, 347: 36-52.

# ENRE-OEP-12: Evaluación *In Silico* del impacto ambiental del biodiesel de palma producido con etanol en condiciones supercríticas

Laura Pedraza<sup>a</sup>, Paula Romeroa, Bernay Cifuentes<sup>a\*</sup>.

a Universidad de La Salle, Facultad de Ingeniería, Bogotá, Colombia, 111711

Email: a bcifuentes@unisalle.edu.co

## Resumen

El biodiesel emite menos del 49% de CO<sub>2</sub> en comparación con el diésel fósil (190 gCO<sub>2</sub>-eq/km) [1]. Sin embargo, la producción tradicional de biodiesel tiene varias desventajas, como la dificultad para recuperar catalizadores homogéneos, la dependencia del metanol (de origen petroquímico) y la necesidad de purificar el glicerol, lo que incrementa los costos y el impacto ambiental. Además, la complejidad química del biodiesel impide que algunos impactos ambientales sean determinados correctamente por los análisis de ciclo de vida. Este proyecto evaluó el impacto ambiental con una metodología *in silico* [2] de muestras de biocombustible obtenidas de la transesterificación de aceite de palma y etanol supercrítico, analizando las condiciones de temperatura (400 a 450 °C) y presión (10.3 a 17.2 MPa) durante su producción. Se identificaron más de 80 compuestos presentes en las muestras de biocombustibles mediante GC-MS, y se determinaron propiedades ambientales como coeficiente de partición octanol/agua, bioacumulación, biodegradación y adsorción en suelos, utilizando el software EPI-Suite. Finalmente, se analizó el impacto de cada compuesto sobre diferentes matrices ambientales.

La Figura 1 muestra que compuestos como el éster etílico del ácido-11-hexadecenoico (E1HAE) y el éster metílico del ácido metilpentadecanoico (PTD1M) tienen un impacto significativo en matrices como tejidos vivos y suelos, incluso a bajas concentraciones (<5%). Además, la presencia de estas especies se reduce a medida que aumentan la presión y la temperatura. Los resultados sugieren que condiciones más extremas podrían resultar en combustibles más amigables con el medio ambiente y la salud. Pero, es necesario equilibrar entre el impacto ambiental y el costo de producción.

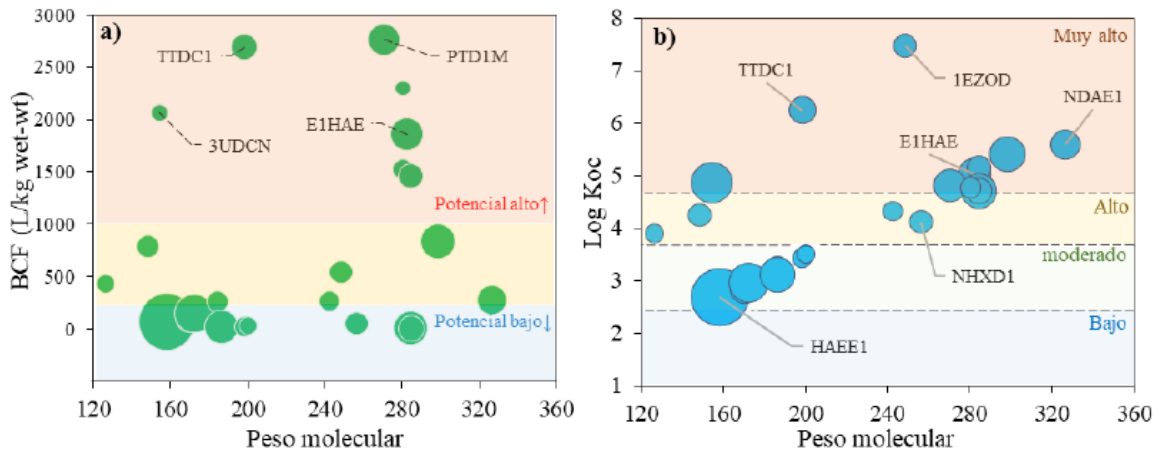


Figura 1. (a) Factor de bioacumulación (BCF) y (b) coeficiente de sorción en suelos (Koc) de la muestra obtenida a 400 °C y 10.3 MPa. El tamaño de las burbujas es proporcional a la concentración del compuesto.

## Referencias

- [1] M. Fontalvo Gómez. *Prospectiva* 12 (2014) 90-98.
- [2] S. Heger, J. Brendt, H. Hollert, M. Roß-Nickoll, M. Du. *Science of the Total Environment* 764 (2021) 142902.

# ENRE-OEV-13: Producción de biopelículas con celulosa y almidón extraídos de subproductos de aguacate Hass cultivado en el Oriente Antioqueño

Yineth Mireya Olaya Gárzon<sup>a,\*</sup>, Marta Mediavilla<sup>a,b</sup>, Aída Luz Villa<sup>a,\*</sup>

<sup>a</sup>Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia, 050010

<sup>b</sup>Universidad Central de Venezuela, Caracas, Venezuela

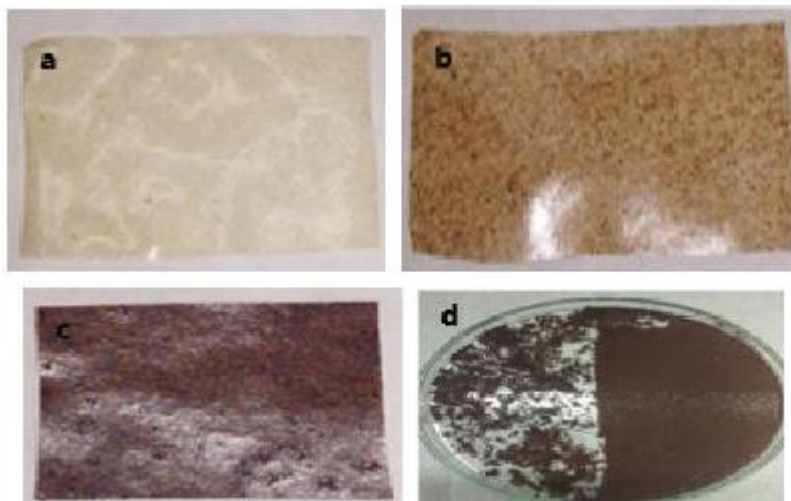
Email: mireya.olaya@udea.edu.co, aida.villa@udea.edu.co

## Resumen

El desarrollo de bioplásticos surge como una alternativa amigable con el medio ambiente para la sustitución de la producción de plásticos convencionales provenientes de fuentes fósiles. El aguacate Hass es la tercera fruta más exportada en Colombia, y Antioquia contribuye con el 23% del área total sembrada a nivel nacional [1]. Los desechos principales de la industria de procesamiento de aguacate son la cáscara y su semilla, los cuales constituyen entre el 11-16 % y 14-24 % del peso total del fruto, respectivamente [2]. En la investigación se obtuvo biopelículas con almidón y celulosa, que se extrajeron por varios métodos, de semilla y cáscara de aguacate Hass cultivados en el Oriente Antioqueño. El almidón se extrajo de la semilla mediante método húmedo y seco, encontrándose un mayor rendimiento con el método seco y el agua como mejor medio extractor que el bisulfito de sodio [3]. La celulosa se extrajo de la cáscara y la semilla por método alcalino, obteniéndose una mayor cantidad de celulosa de la cáscara. Las películas se formaron por medio del proceso “casting” con una mezcla de almidón/celulosa, glicerol como plastificante y ácido acético como reticulante, cuyas composiciones se variaron de acuerdo a la Tabla 1. Las biopelículas presentaron diferentes colores y características de rigidez dependiendo de la formulación utilizada, Figura 1.

**Tabla 1.** Composición de almidón/celulosa utilizadas en la formación de las biopelículas

Tipo	% Almidón	% Celulosa
A	100	0
B	50	50
C	0	100



**Figura 1.** Biopelículas obtenidas. Composición tipo A (a), composición tipo B con celulosa extraída de la semilla (b), composición tipo B con celulosa extraída de la cáscara (c), Composición tipo C (d).

El rendimiento de la extracción de almidón fue 8.16 % para el método húmedo y 9.63 % para el método seco. El rendimiento de extracción de celulosa de la semilla fue 42.36 % y de la cáscara 62.06 %. Los materiales se caracterizaron por FTIR, SEM, DSC, y TGA. La película obtenida con almidón y celulosa proveniente de la semilla, presentó una apariencia uniforme y una ligera elasticidad al ser manipulada.

## Referencias

- [1] Minagricultura, «Minagricultura,» 2 febrero 2024. [En línea]. Available: <https://www.minagricultura.gov.co/noticias/Paginas/Forms/DispForm.aspx?ID=3984>.
- [2] M. Salmerón, «Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C.,» Agosto 2014. [En línea]. Available: <https://ciad.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1006/391/1/SALMERON-RUIZ-ML14.pdf>.
- [3] D. Rengifo y E. Tellez, Elaboracion de biopelicula a partir de la semilla de aguacate variedad lorena, Bogota: Fundacion Universidad de America, 2023.

# ENRE-OEV-14: Síntesis del compuesto $\text{Cu}_3\text{SnS}_4$ como una alternativa de bajo costo para emplearse como capa activa en celdas solares.

Humberto Flores Méndez <sup>a\*</sup>, Rosenda García Hernández<sup>b</sup>

<sup>a</sup> Universidad Abierta y a Distancia de México, CDMX, México, 03330

<sup>b</sup> Benemérita universidad autónoma de Puebla, Puebla, México, 72570.

Email: HUMBERTO@nube.unadmexico.mx

## Resumen

En la actualidad los avances científicos y tecnológicos se han estado enfocando en crear estrategias para disminuir el impacto ambiental que tiene la generación de energía eléctrica por medio del uso de combustibles fósiles por lo que muchos centros de investigación se están enfocando en el diseño y desarrollo de materiales semiconductores que permitan la obtención de energía eléctrica a partir de fuentes de energía limpias como la radiación proveniente del sol. En este sentido desde el año 2000 hasta la fecha, cierto grupo de materiales se han venido estudiando de manera constante con este objetivo, entre estos podemos encontrar los siguientes: compuesto del sistema Cu-Zn-S, Cu-In-S y Cu-Sn-S ya que resultan ser materiales con una brecha energética de entre 1.6-2.1 eV dependiendo de su composición química y cristalinidad e incluso algunos autores mencionan que dicha propiedad se puede mejorar [1-4]. Bajo este preámbulo en el presente trabajo se reportan las condiciones de síntesis del compuesto  $\text{Cu}_3\text{SnS}_4$  que pertenece al sistema ternario Cu-Sn-S cuya caracterización se basa principalmente en el uso de técnicas como: espectroscopia en el rango Ultra violeta-Visible (UV-VIS) a través de mediciones de reflectancia difusa, la determinación de relaciones atómicas obtenidas mediante el análisis de datos empleando Espectroscopia de Rayos X de energía dispersa (EDS), así como el análisis del material por medio de espectroscopia Raman. Finalmente se empleó la técnica de microscopia electrónica de barrido con el objetivo de analizar la morfología y uniformidad de los depósitos generados sobre el sustrato.

El trabajo experimental se diseñó bajo la metodología de baño químico o CBD por sus siglas en inglés (Chemical Bath Deposition) ya que permite controlar varios parámetros como la temperatura y velocidad de síntesis del compuesto también es importante mencionar que es un método que resulta ser muy útil para el depósito de capas finas y por su naturaleza podría ser escalable a nivel industrial, pero el inconveniente es la formación de precipitados en las soluciones del precursor conforme transcurre el tiempo [4-8]. La síntesis comienza con la preparación de soluciones de azufre 0.4 M,  $\text{SnCl}_2$  0.02 M y  $\text{CuCl}$  0.005 M, para generar depósitos del material se sumerge el sustrato primero en la solución de azufre, luego en la que contiene estaño y finalmente en la solución con el precursor de cobre. El ciclo se repite 10 veces y posteriormente en atmósfera inerte se somete

a tratamiento térmico con una rampa de calentamiento de 20 °C/10 minutos hasta alcanzar una temperatura de 350 °C en la cual se mantiene por 2 horas más. Al terminar el tratamiento térmico se realiza un lavado con solución de HCl 0.1 M y se procede a caracterizar el material sintetizado.

La determinación de la banda prohibida del material se realizó mediante el procesamiento de mediciones de transmitancia empleando la relación de Kubelka-Munk [9-10] obteniendo un valor de 1.92 eV, al realizar el análisis por EDS se encontró que las relaciones atómicas se pueden aproximar al compuesto Cu<sub>3</sub>SnS<sub>4</sub> cuyos datos son respaldados al determinar las señales características del material que se presentan al emplear espectroscopia Raman aunque se detectaron pequeñas impurezas o trazas de compuestos binarios procedentes de material sin reaccionar durante el proceso de síntesis [11]. Posteriormente, al analizar el material por microscopia electrónica de barrido (SEM) pudimos observar que se si bien la micrografía muestra un depósito irregular, se obtiene de manera homogénea sobre toda el substrato, lo que nos permite establecer que esta técnica podría ser empleada para depósitos de capas activas de este material en celdas solares ya que muestra también un valor de brecha energética de 1.92 eV que permiten catalogar a este material como adecuado para emplearlo en dispositivos fotovoltaicos. Finalmente es importante mencionar que los precursores empleados en esta ruta sintética son de bajo costo comparados con los que se emplean actualmente que pueden provenir de placas de silicio, compuestos de iridio, galio o germanio, lo que podría abaratar en gran medida el costo de energía eléctrica a partir de celdas solares.

## Referencias

- [1] Micheloud, Osvaldo M., and Rommel A. Vicini. Smart grid: fundamentos, tecnologías y aplicaciones. Cengage Learning Editores, 2012.
- [2] Anuar, K., et al. "Effect of deposition period and bath temperature on the properties of electrodeposited Cu<sub>4</sub>SnS<sub>4</sub> films." *Solid State Science and Technology* 17.2 (2009): 226-237.
- [3] Dahman, H., et al. "Structural, morphological and optical properties of Cu<sub>2</sub>SnS<sub>3</sub> thin film synthesized by spin coating technique." *Vacuum* 101 (2014): 208-211.
- [4] Reddy, Vasudeva Reddy Minnam, et al. "Review on Cu<sub>2</sub>SnS<sub>3</sub>, Cu<sub>3</sub>SnS<sub>4</sub>, and Cu<sub>4</sub>SnS<sub>4</sub> thin films and their photovoltaic performance." *Journal of Industrial and Engineering Chemistry* 76 (2019): 39-74.
- [5] Li, Yadong, Zhaoyu Wang, and Yi Ding. "Room temperature synthesis of metal chalcogenides in ethylenediamine." *Inorganic chemistry* 38.21 (1999): 4737-4740.
- [6] Bouaziz, M., et al. "Structural and optical properties of Cu<sub>3</sub>SnS<sub>4</sub> sprayed thin films." *Physica status solidi (a)* 204.10 (2007): 3354-3360.
- [7] Dong, Mingrong, Leikai Wei, and Yan Zhu. "Controllability study of copper-tin-sulphide (Cu<sub>3</sub>SnS<sub>4</sub>) material based on the ratio adjustment of Cu to Sn elements." *Micro & Nano Letters* 18.9-12 (2023): e12176.
- [8] Bolzi, Claudio Gustavo, et al. "Elaboración y caracterización de celdas y paneles solares de silicio cristalino para su ensayo en el satélite SAC-A." *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente* 1 (1997).

[9] Landi Jr, S., Segundo, I. R., Freitas, E., Vasilevskiy, M., Carneiro, J., & Tavares, C. J. (2022). Use and misuse of the Kubelka-Munk function to obtain the band gap energy from diffuse reflectance measurements. *Solid state communications*, 341, 114573.

[10] Flores Méndez, H. (2015). Síntesis y caracterización de compuestos ternarios del sistema Cu-Sn-S con propiedades fotoactivas por el método de baño químico.

<https://hdl.handle.net/20.500.12371/8855>

[11] Dzhagan, Volodymyr M., et al. "Raman scattering study of Cu<sub>3</sub>SnS<sub>4</sub> colloidal nanocrystals." *The Journal of Physical Chemistry C* 118.47 (2014): 27554-27558.

# ENRE-OCV-15: Almacenamiento estratégico de hidrógeno para la producción sostenible de energía.

Bastidas-Solarte Lizeth Jazmin<sup>a\*</sup>, Bonilla-Petriciolet Adrián<sup>b</sup>.

<sup>a</sup> Instituto Tecnológico de Aguascalientes, Aguascalientes, México, 20256 b

Instituto Tecnológico de Aguascalientes, Aguascalientes, México, 20256

<sup>c</sup> Institución a la que pertenece, Ciudad, País y Código postal (Calibri 10, Cursiva, 6 puntos, interlineado 1,5)

a lizeth.bastidas03@gmail.com

## Resumen

El hidrógeno es una fuente de energía renovable que puede clasificarse en diferentes tipos de colores según su método de producción, siendo el hidrógeno verde aquel con mayor importancia en el contexto de transición energética hacia una economía más sostenible y libre de carbono. El hidrógeno verde se obtiene mediante electrólisis del agua empleando energías renovables y no produce emisiones de gases de efecto invernadero [1]. Uno de los principales retos tecnológicos para el aprovechamiento integral de esta fuente de energía y su incorporación a la matriz energética mundial radica en las estrategias para su almacenamiento eficiente y seguro. En forma particular, el almacenamiento del hidrógeno es un aspecto crucial para su distribución masiva. Actualmente, su distribución tiene a ser costosa y peligrosa por las altas presiones y temperaturas criogénicas empleadas [2]. En este trabajo se describen las diferentes alternativas para realizar el almacenamiento de hidrógeno destacando sus ventajas y limitaciones. Se da un énfasis a discutir la aplicación de materiales sólidos, como los hidruros metálicos, materiales químicos y adsorbentes, como una alternativa prometedora para almacenar hidrógeno a menores presiones y temperaturas. Lo que podría reducir significativamente los riesgos y costos asociados con el almacenamiento del mismo. En particular, se indaga sobre los adsorbentes obtenidos a partir de biomásas [3]. El polvo de corcho, que es el principal residuo de la industria corchera, destaca por sus propiedades lignocelulósicas, lo que lo convierte en una materia prima interesante para la preparación de carbones activados. Mediante procesos de activación, se han obtenido materiales microporosos con un excelente rendimiento en la adsorción, tanto en fase líquida como gaseosa. Diversos reportes en la literatura respaldan la valorización de este material de desecho, superando incluso el desempeño de muestras comerciales de carbón activado [4]. Que representa una solución innovadora y sostenible para el almacenamiento de hidrogeno a bajas presiones. Este trabajo contribuye a diseminar los avances en tecnologías de almacenamiento de hidrógeno y su rol esencial para integrar esta fuente de energía renovable en la red eléctrica y en diversas aplicaciones industriales y de transporte. Se examina como estas tecnologías pueden ser aplicadas para fomentar una asimilación de hidrogeno como una fuente de energía clave para combatir el cambio climático [5]. Se concluye que, con mejoras en seguridad, eficiencia y costos, el

hidrógeno podría jugar un papel crucial en la transición hacia una economía baja en carbono en México y el resto del planeta.

## Referencias

- [1] J. Incer-Valverde, A. Korayem, G. Tsatsaronis, T. Morousk. *Energy Conversion and Management* 291 (2023) 117294.
- [2] R. Zhu, Q. Yu, M. Li, H. Zhao, S. Ji, Y. Huang, J. Chen. *Journal of Environmental Chemical Engineering* 9 (2021) 105905.
- [3] N.A.A. Rusman, M. Dahari. *International Journal of Hydrogen Energy* 41 (28) (2016) 1218-12126. [4] E. Atanes, A. Nieto-Márquez, A. Cambra, M.C. Ruiz-Pérez, F. Fernández-Martínez. *Chemical Engineering Journal* 211-212 (2012) 60-67.
- [5] Q. Ding, J. Huang, J. Chen, X. Luo.

# ENRE-OCV-16: Recovery of Dysprosium from Leach Residue

Bárbara da Rocha Pereira <sup>a</sup>, Morgana Rosset<sup>a\*</sup>, Giovani Pavoski <sup>a</sup>, Denise Croce Romano Espinosa<sup>a</sup>,

Jorge Alberto Soares Tenório <sup>a</sup>

<sup>a</sup> Universidade de São Paulo, USP, São Paulo, Brazil, 01246904

## Resumen

The rare earth elements (REEs) are a group of 17 elements. The term "rare earths" was originally associated with the lanthanides in the third row of the periodic table but now encompassing all these elements. The REEs include lanthanum (La), cerium (Ce), praseodymium (Pr), neodymium (Nd), promethium (Pm), samarium (Sm), europium (Eu), gadolinium (Gd), terbium (Tb), dysprosium (Dy), holmium (Ho), erbium (Er), thulium (Tm), ytterbium (Yb), and lutetium (Lu), as well as yttrium (Y) and scandium (Sc) [1,2].

The REE play a vital role in the global transition towards sustainability and carbon reduction, particularly in the advancement of clean energy and electrification [3,4]. In 2020, the production of permanent magnets used in wind turbines and electric motors accounted for approximately 30% of global rare earths consumption [5]. Due to the critical nature of maintaining technologies and the scarcity of immediate substitutes, these materials are considered critical. This highlights the importance of REE for the economy and the urgent need for new sources and resources of these metals [6].

Brazil hosts a reserve of rare earth elements, include dysprosium. However, the production of REE in the country, especially dysprosium, lacks sufficiently consolidated preliminary studies. Further analysis is needed to examine specific aspects of dysprosium presence and the economic viability of exploiting these reserves[7].

Dysprosium plays a crucial role in various industrial applications, especially in the manufacturing of electro-electronic devices. It can be used in conjunction with vanadium to produce lasers, manufacture neodymium magnets, and in motor vehicles and wind turbines. Its characteristics, such as tensile strength, hardness, and fatigue resistance, enhance its performance[8]. It is important to highlight that dysprosium faces a significant risk of depletion based on its reserves, making it necessary to develop recovery pathways to avoid potential scarcity[9].

A sample of waste resulting from ore leaching was received and characterized using the Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectrometry (ICP-OES) technique. The presence of Fe (7152 mg/L), Nb (3432.2 mg/L), Ta (187.7 mg/L), and Dy (449.2 mg/L) was identified in this solution. Solvent extraction tests were carried out to evaluate the influence of pH, as this parameter is directly affecting the ionic species present, and to assess the selectivity of dysprosium removal from the residue. The results demonstrated the efficacy of

extraction using the extractants Alamine 336 and Cyanex 923, as shown in the graph in Figure 1.

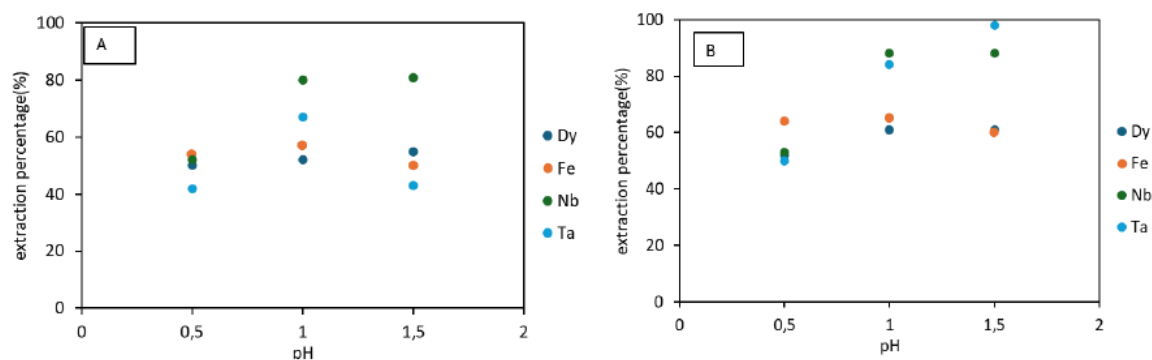


Figure 1: A- Percentage of extraction of Dy, Fe, Nb, and Ta, pH variation v/v 10% W/O 1:1 Alamine 336 and B- Percentage of extraction of Dy, Fe, Nb and Ta, pH variation v/v 10% W/O 1:1 Cyanex 923.

Extraction of 50 to 60% of the dysprosium was achieved with both extractants, but other elements were also co-extracted. Therefore, further tests are necessary to develop a method that can efficiently separating dysprosium, removing only impurities, and allow for the purification of the metal of interest.

## References

- [1] Swain N, Mishra S. A review on the recovery and separation of rare earths and transition metals from secondary resources. *J Clean Prod* 2019;220:884–98. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.02.094>.
- [2] Adeel M, Lee JY, Zain M, Rizwan M, Nawab A, Ahmad MA, et al. Cryptic footprints of rare earth elements on natural resources and living organisms. *Environ Int* 2019;127:785–800. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.03.022>.
- [3] Botelho Junior AB, Martins FP, Cezarino LO, Liboni LB, Tenório JAS, Espinosa DCR. The sustainable development goals, urban mining, and the circular economy. *Extractive Industries and Society* 2023;16. <https://doi.org/10.1016/j.exis.2023.101367>.
- [4] Arya S, Kumari D, Narzari R, Kumar S. A global glance on waste electrical and electronic equipments (WEEEs). *INC*; 2023. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-99919-9.00018-0>.
- [5] Dolf Gielen B, Lyons M, Zhao F, Liang W, Lathigara A, Lee J, et al. Critical materials for the energy transition: Rare earth elements. 2022.
- [6] Venkatesan P, Vander Hoogerstraete T, Binnemans K, Sun Z, Sietsma J, Yang Y. Selective Extraction of Rare-Earth Elements from NdFeB Magnets by a Roomtemperature Electrolysis Pretreatment Step. *ACS Sustain Chem Eng* 2018;6:9375–82. <https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.8b01707>.
- [7] DPGM - Ministério de Minas e Energia 2023. <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/geologia-mineracao-e-transformacao-mineral/dp gm> (accessed May 26, 2023).
- [8] Takehara L, Shintaku I, Matos D, Francisco R, Silveira V. MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL-CPRM Programa Geologia do Brasil AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE TERRAS RARAS NO BRASIL INFORME DE

RECURSOS MINERAIS AUTORES. 2015.

[9] Brião G de V, da Silva MG, Vieira MGA. Adsorption potential for the concentration and recovery of rare earth metals from NdFeB magnet scrap in the hydrometallurgical route: A review in a circular economy approach. *J Clean Prod* 2022;380. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.135112>.

# ENRE-OEP-17: Nanopartículas de NiCo<sub>2</sub>O<sub>4</sub> dispersas sobre un soporte carbonoso mesoporoso como electrocatalizadores bifuncionales para reacciones ORR y OER y evaluación electroquímica en el cátodo de baterías recargables Zn-aire

**Cristian Díaz<sup>a</sup>, Betty Lucy López<sup>a</sup>, Ligia Sierra<sup>a</sup>, Rubén Palacio<sup>a\*</sup>.**

<sup>a</sup> Grupo de Investigación Ciencia de los Materiales, Instituto de Química, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia, 050010.

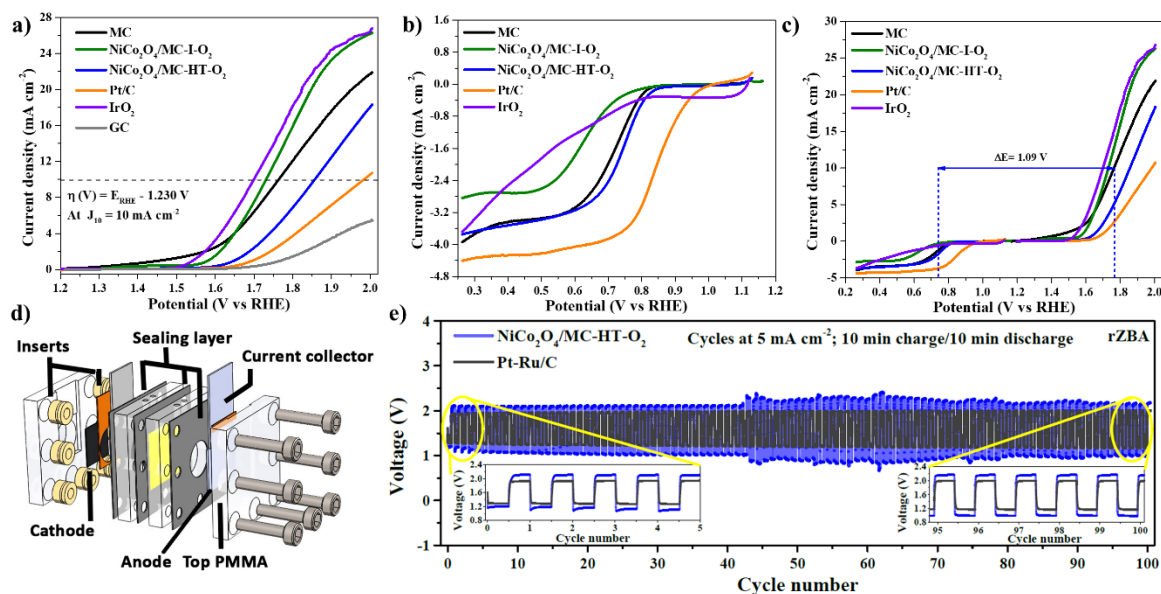
\*Email: ralberto.palacio@udea.edu.co

## Resumen

Las baterías metal-aire (MABs) son una prometedora tecnología de almacenamiento de energía electroquímica que ofrece alta densidad energética, bajo costo y seguridad [1]. Dentro de ellas, la batería Zn-aire (rZAB) es un dispositivo ampliamente estudiado como sistema de almacenamiento y conversión de energía porque es seguro, de bajo costo y respetuoso con el medio ambiente, con una alta energía específica teórica (1352 Wh Kg<sup>-1</sup>), alta densidad de energía (9653 Wh L<sup>-1</sup>), exhibe una alta capacidad específica (820 mAh g<sup>-1</sup>) y un rango de potencial de descarga estable de 1,2 a 1,4 V; lo que la hace atractiva para varias aplicaciones estacionarias y no estacionarias [2]. El rZBA se compone típicamente de 4 componentes: el electrodo metálico o ánodo construido con una lámina de Zn, el separador, el electrolito y el electrodo de aire, también conocido como cátodo. En el cátodo, la reacción de reducción de oxígeno (ORR) ocurre en el proceso de descarga, mientras que la reacción de evolución de oxígeno (OER) ocurre en el proceso de carga [2]. Estas reacciones presentan una cinética lenta, un alto sobrepotencial y una baja ciclabilidad [2]. Por lo tanto, es necesario obtener un electrocatalizador bifuncional para las reacciones ORR y OER, robusto, que permita una alta velocidad de reacción y estabilidad a largo plazo [2]. Los electrocatalizadores más utilizados son los metales nobles de Pt (para ORR) y óxidos de Ir y Ru (para OER), pero dado su alto costo, escasez y baja estabilidad en medios alcalinos, restringen su producción a gran escala [3]. Como alternativa al uso de metales nobles, en los últimos años se han estudiado diferentes tipos de electrocatalizadores, como materiales carbonosos, diferentes tipos de óxidos de metales de transición como NiO, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CuO, V<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (Espinelas (Co<sub>3</sub>O<sub>4</sub>, NiCo<sub>2</sub>O<sub>4</sub>), Perovskita) u óxidos metálicos soportados en materiales carbonosos [3].

En este trabajo, se preparó un material carbonoso mesoporoso con alta área superficial y volumen de poro utilizando como estrategia sintética un método que emplea la polimerización del resol en medio alcalino, en presencia de un sistema orientador de estructura porosa basado en la combinación de un surfactante no iónico y especies silíceas (MC). La dispersión de nanopartículas de NiCo<sub>2</sub>O<sub>4</sub> tipo espinela sobre el soporte MC se realizó mediante las metodologías de impregnación humedad incipiente (I) y metodología con tratamiento

hidrotérmico (HT). Se realizó tratamiento térmico a 300°C en aire y oxígeno al 20 % para obtener los óxidos metálicos dispersos sobre el soporte MC, muestras: NiCo<sub>2</sub>O<sub>4</sub>/MC-I-O<sub>2</sub> y NiCo<sub>2</sub>O<sub>4</sub>/MC-HT-O<sub>2</sub>. Los resultados electroquímicos para la OER, muestran que el orden de actividad es NiCo<sub>2</sub>O<sub>4</sub>/MC-I-O<sub>2</sub> ( $E_{j10} = 1,75$  V,  $\eta_{j10} = 517$  mV), NiCo<sub>2</sub>O<sub>4</sub>/MC-HT-O<sub>2</sub> ( $E_{j10} = 1,85$  V,  $\eta_{j10} = 621$  mV). Lo que evidencia que la actividad para la OER es independiente de la metodología de síntesis y la atmósfera utilizada en el tratamiento térmico. No obstante, para la ORR, los resultados electroquímicos muestran que el NiCo<sub>2</sub>O<sub>4</sub>/MC-I-O<sub>2</sub> presentó la actividad más baja ( $E_{1/2} = 0.79$  V,  $J_L = -2.71$  mA cm<sup>-2</sup>), incluso menor que el soporte MC libre de metal ( $E_{1/2} = 0.73$  V,  $J_L = -3.44$  mA cm<sup>-2</sup>), indicando que la metodología de impregnación (I) no es la mejor estrategia para obtener NiCo<sub>2</sub>O<sub>4</sub> soportado que mejore la actividad hacia ORR. Por el contrario, cuando se utilizó la metodología hidrotermal, la actividad en la ORR aumentó. El NiCo<sub>2</sub>O<sub>4</sub>/MC-HT-O<sub>2</sub> presentó la mejor actividad en ORR, con  $E_{1/2} = 0.76$  V y  $J_L = -3.68$  mA cm<sup>-2</sup>. La diferencia de potencial ( $\Delta E$ ) entre  $E_{j10}$  y  $E_{1/2}$  se utilizó para determinar la actividad bifuncional del catalizador MC sin metal y NiCo<sub>2</sub>O<sub>4</sub>/MCs. El valor  $\Delta E$  de NiCo<sub>2</sub>O<sub>4</sub>/MC-HT-O<sub>2</sub> (1,09 V), NiCo<sub>2</sub>O<sub>4</sub>/MC-I-O<sub>2</sub> (1,14 V) y MC (1,06 V). El material preparado por el método hidrotérmico se seleccionó para la construcción de un componente de cátodo y la evaluación de su rendimiento electroquímico en una batería de Zn-aire (rZBA). El electrocatalizador presenta una excelente ciclabilidad durante 100 ciclos de carga-descarga. Las técnicas de SEM, TEM, XRD, XPS, ICP-Masas y adsorción-desorción de N<sub>2</sub>, fueron utilizadas para determinar las propiedades fisicoquímicas y su relación con la actividad electrocatalítica en las reacciones ORR y OER.



**Figura 1.** Actividad electroquímica en OER y ORR: a) Curvas LSV para OER b) Curvas LSV para ORR; c)  $\Delta E$  para electrocatalizador de MC, NiCo<sub>2</sub>O<sub>4</sub>/MC y metales nobles; d) Representación de una rZBA; e) Rendimiento galvanostático de carga (10 min)/descarga (10 min) a 5 mA cm<sup>-2</sup> durante 100 ciclos en una rZBA.

## Agradecimientos

Los autores agradecen el apoyo financiero de MINCINCIAS, ECOSNORD Colombia Francia Proyecto CODI Universidad de Antioquia UdeA (80740-031-2023 y 2023-60336). Los autores también agradecen a la Universidad de Antioquia UdeA. Cristian Díaz agradece a Global Affairs Canada por la beca del Programa de Líderes Emergentes en las Américas (ELAP) y la beca del Consejo de Investigación en Ingeniería de Ciencias Naturales de Canadá (NSERC) y ECOS-Nord (C23PA01).

## Referencias

- [1] A.L. Zhu, D.P. Wilkinson, X. Zhang, Y. Xing, A.G. Rozhin, S.A. Kulinich, J. Energy Storage 8 (2016) 35–50.
- [2] K.W. Leong, Y. Wang, M. Ni, W. Pan, S. Luo, D.Y.C. Leung, Renew. Sustain. Energy Rev. 154 (2022) 111771.
- [3] Q. Lu, X. Zou, Y. Bu, Z. Shao, Energy Stor. Mater. 55 (2023) 166–192.
- [4] N. Hammi, S. Chen, C. Michon, S. Royer, A. El Kadib, Molecular Catalysis 519 (2022) 112104.

# ENRE-OEP-18: Efecto de la amplitud de la sonicación en la producción de grafeno por exfoliación líquida usando agua como solvente a partir de LIBs de desecho

Erasmio Arriola-Villaseñor<sup>a</sup>, Santiago A. Bedoya-Betancur<sup>a</sup>, Alba N. Ardila A. <sup>a\*</sup>, Melissa Arango-Álvarez <sup>a</sup>, Luz M. Ocampo-Carmona<sup>b</sup>, Trino A. Zepeda P.<sup>c</sup>, Gustavo A. Fuentes Z.<sup>d</sup>, Sergio A. Gómez<sup>d</sup>.

<sup>a</sup>Research Group on Environmental Catalysis and Renewable Energies - CAMER, Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid, Medellín-Colombia.

<sup>b</sup> Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín - UNAL, Medellín Colombia.

<sup>c</sup> Centro de Nanociencias y Nanotecnología CNYN-UNAM, Ensenada Baja California-México.

<sup>d</sup> Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa -UAMI, México.

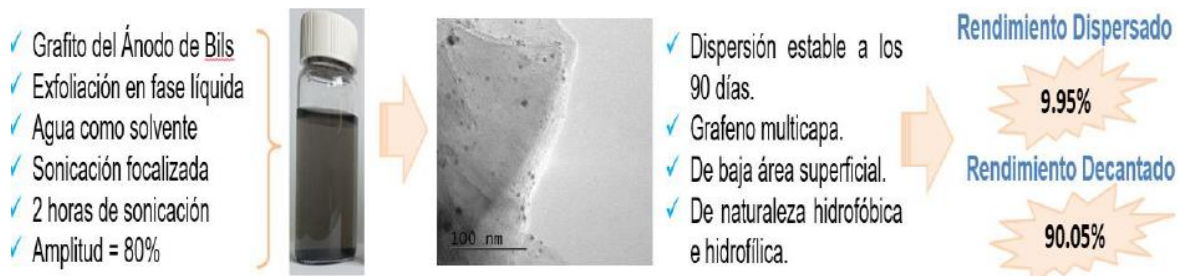
\*E-mail: \*anardila@elpoli.edu.co

## Resumen

En este estudio, se investigó la producción de grafeno multicapa a partir de grafito extraído de baterías de iones de litio (LIBs) gastadas mediante la técnica de exfoliación en fase líquida, asistida por ultrasonido. La metodología consistió en la recolección manual del grafito del ánodo de las LIBs, el cual se mezcló con 150 mL de agua desionizada en un beaker de vidrio de 50 mm de diámetro. Se utilizó un procesador ultrasónico de 200 W y 26 kHz con un sonotrodo de 14 mm de diámetro, sometiendo la suspensión a diferentes amplitudes de sonicación durante 2 horas, mientras se mantenía a una temperatura de 45 °C. Posteriormente, se dejó sedimentar el material bajo condiciones atmosféricas por 24 horas y se sometió a centrifugación a 13000 rpm durante 30 minutos. Los sólidos suspendidos y decantados fueron separados y secados a 100 °C en un horno de convección para su posterior caracterización. Además, se llevaron a cabo pruebas adicionales para evaluar el impacto de las impurezas presentes en el grafito de las LIBs, comparándolo con grafito comercial y con grafito de LIBs sometido a un pretratamiento térmico a 700 °C en atmósfera de N<sub>2</sub> antes de la sonicación.

Los resultados mostraron que las condiciones de sonicación, especialmente la amplitud, influían significativamente en el número de capas de grafeno obtenido. A mayores amplitudes (80%), se observó una menor cantidad de capas, lo que fue confirmado mediante análisis Raman, donde se encontró una mayor relación de intensidad 2D/G, indicativa de grafeno con menos capas. El análisis de difracción de rayos X (XRD) reveló que todos los materiales presentaban un pico característico del plano (002), indicando una estructura cristalina de grafito y grafeno. Sin embargo, el grafeno mostró una estructura más amorfa en comparación con el grafito original. Los espectros UV-Vis de las muestras revelaron una banda a 265 nm, asignada a la hibridación sp<sup>2</sup> de los enlaces C=C del grafeno. Además, se observó que los materiales dispersos tenían una mayor área superficial que los decantados. Los estudios sobre la eliminación de impurezas demostraron que

el grafito tratado térmicamente presentaba mejores propiedades para la exfoliación, produciendo grafeno de mayor calidad y estabilidad en agua. En general, este estudio demuestra que el grafito extraído de LIBs puede ser valorizado para la producción de grafeno multicapa mediante un método simple, económico y respetuoso con el medio ambiente, lo que abre nuevas oportunidades para la reutilización de residuos de baterías.



**Figura 1.** Características del grafeno obtenido a las mejoras condiciones.

### Agradecimientos

Los autores agradecen a Minciencias por la financiación del proyecto de investigación titulado “Valorización integral de residuos postconsumo e industriales para el desarrollo de materiales con potencial catalítico bajo un enfoque de economía circular, código 82312”, aprobado en el marco de la Convocatoria No. 890 de 2020 “Convocatoria para el fortalecimiento de CTel en Instituciones de Educación de Educación Superior (IES) Públicas 2020”,

### Referencias

- [1] M.L. Divya, S. Natarajan, and V. Aravindan, Batter. Supercaps 5, (2022).
- [2] Ö. Güler, M. Tekeli, M. Taşkın, S.H. Güler, and I.S. Yahia, Ceram. Int. 47, 521 (2021).
- [3] A. V. Tyurnina, I. Tzanakis, J. Morton, J. Mi, K. Porfyrakis, B.M. Maciejewska, N. Grobert, and D.G. Eskin, Carbon N. Y. 168, 737 (2020).
- [4] B. Gürünlü, Ç. Taşdelen-Yücedağ, and M. Bayramoğlu, Crystals 10, 1 (2020).

# ENRE-OEP-19: Efecto de las impurezas orgánicas (PVDF) y metálicas (Co, Ni, Mn, Li, Cu, Al) en trazas presentes en el grafito del ánodo de Baterías de Ion-Litio de desecho en la producción de grafeno

Erasmus Arriola-Villaseñor<sup>a</sup>, Santiago A. Bedoya-Betancur<sup>a</sup>, Alba N. Ardila A. <sup>a\*</sup>, Melissa Arango-Álvarez <sup>a</sup>, Luz M. Ocampo-Carmona<sup>b</sup>, Trino A. Zepeda P.<sup>c</sup>, Gustavo A. Fuentes Z.<sup>d</sup>, Sergio A. Gómez<sup>d</sup>.

<sup>a</sup>Research Group on Environmental Catalysis and Renewable Energies - CAMER, Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid, Medellín-Colombia.

<sup>b</sup> Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín - UNAL, Medellín Colombia.

<sup>c</sup> Centro de Nanociencias y Nanotecnología CNYN-UNAM, Ensenada Baja California-México.

<sup>d</sup> Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa -UAMI, México.

\*E-mail: \*anardila@elpoli.edu.co

## Resumen

Este estudio examina cómo las impurezas en el grafito extraído de baterías de iones de litio (BILs) afectan la producción y estabilidad del grafeno. Se realizaron pruebas con grafito comercial y grafito de BILs, tanto sin tratar como después de un tratamiento térmico a 700 °C en atmósfera de N<sub>2</sub>, así como lavados en diferentes disolventes para eliminar impurezas. Los resultados mostraron que las dispersiones de grafeno de grafito de BILs no tratado son más estables que las obtenidas de grafito comercial o tratado térmicamente. Esta estabilidad se atribuye a las impurezas presentes en el grafito de las BILs, como metales traza y residuos de disolventes orgánicos, que parecen mejorar la dispersión en agua.

Además, se observó que los materiales derivados del grafito comercial sedimentaron completamente tras 90 días de sonicación, mientras que los de BILs permanecieron en alta dispersión, especialmente el grafito sonificado al 80% de amplitud. El grafito de BILs tratado térmicamente mostró menor dispersión que el no pirólizado, y el uso de disolventes como HCl concentrado redujo el tiempo de estabilidad de la dispersión de grafeno. La teoría DLVO se utilizó para explicar la interacción de las nanopartículas en solución, destacando que las impurezas en el grafito de BILs pueden mejorar la estabilidad de la dispersión al afectar las fuerzas de atracción y repulsión entre las partículas, sugiriendo que un manejo adecuado de estas impurezas puede optimizar la producción de grafeno a partir de residuos de baterías.













Material	Rendimiento (%)		Tiempo de estabilización de la dispersión (días)					
	Di	De	0	15	30	60	90	180
Gc-S5	4.46	95.54						
Gc-S8	5.55	94.45						

Figura 1. Fotos de las

dispersiones de grafeno a diferentes días.

### Agradecimientos

Los autores agradecen a Minciencias por la financiación del proyecto de investigación titulado “Valorización integral de residuos postconsumo e industriales para el desarrollo de materiales con potencial catalítico bajo un enfoque de economía circular, código 82312”, aprobado en el marco de la Convocatoria No. 890 de 2020 “Convocatoria para el fortalecimiento de CTeI en Instituciones de Educación de Educación Superior (IES) Públicas 2020”.

### Referencias

1. J.T. Han, J.I. Jang, H. Kim, J.Y. Hwang, H.K. Yoo, J.S. Woo, S. Choi, H.Y. Kim, H.J. Jeong, S.Y. Jeong, K.J. Baeg, K. Cho, and G.W. Lee, *Sci. Rep.* 4, 1 (2014).
2. S. Wang, C. Wang, and X. Ji, *RSC Adv.* 7, 52252 (2017).
3. K. Hu, L. Brambilla, P. Sartori, C. Moscheni, C. Perrotta, L. Zema, C. Bertarelli, and C. Castiglioni, *Molecules* 28, (2023).
4. Ö. Güler, M. Tekeli, M. Taşkın, S.H. Güler, and I.S. Yahia, *Ceram. Int.* 47, 521 (2021).
5. B. Gürünlü, Ç. Taşdelen-Yücedağ, and M. Bayramoğlu, *Crystals* 10, 1 (2020).
6. S. Haar, M. El Gemayel, Y. Shin, G. Melinte, M.A. Squillaci, O. Ersen, C. Casiraghi, A. Ciesielski, and P. Samorì, *Sci. Rep.* 5, 1 (2015).

# ENRE-OEP-20: Extracción de celulosa a partir de residuos de pseudotallo de banano: comparación entre ultrasonido convencional y focalizado

Alba N. Ardila A.<sup>1</sup>, Erasmo Arriola-Villaseñor<sup>1</sup>, Efraín Enrique Villegas González<sup>1</sup>; Hegny Estefanía González Guerrero<sup>1</sup>, José Alfredo Hernández-Maldonado<sup>2</sup>, Eduart A. Gutiérrez-Pineda<sup>3</sup>, Cristian C. Villa<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Grupo de Investigación en Catálisis Ambiental y Energías Renovables (CAMER), Facultad de Ciencias Básicas Sociales y Humanas, Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid, Medellín, Colombia.

<sup>2</sup>UPIIG, del Instituto Politécnico Nacional, Av. Mineral de Valenciana 200, Col. Fraccionamiento Industrial Puerto, 36275 Silao, Guanajuato, México.

<sup>3</sup>Laboratorio de investigación y Desarrollo Agroalimentario (LIDA), UNAD Universidad Nacional Abierta y a Distancia - Sede José Celestino Mutis, Bogotá, Colombia

<sup>4</sup>Programa de Química, Facultad de Ciencias Básicas y Tecnologías, Universidad del Quindío. Carrera 15 calle 12n, Armenia, Quindío.

\* Autor de correspondencia: anardila@elpoli.edu.co

## Resumen

En este estudio se evaluó la extracción de celulosa a partir de residuos de pseudotallo de banano utilizando diversos métodos químicos, tanto asistidos como no asistidos por ultrasonido, y se compararon los resultados con fibras comerciales de celulosa de pino y eucalipto. Se aplicaron tratamientos de deslignificación con NaOH (25% y 30%) y H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (8%), con sonicación convencional y focalizada. Los resultados mostraron que los métodos asistidos por ultrasonido, particularmente con NaOH al 30%, lograron obtener porcentajes de celulosa de hasta el 99.5%. Además, el análisis de difracción de rayos X (XRD) reveló que estos tratamientos aumentaron significativamente el índice de cristalinidad de la celulosa, alcanzando un 67.9%, superando los valores observados en las fibras comerciales. Los análisis de microscopía electrónica de barrido (SEM) también mostraron mejoras en la morfología y exposición de las fibras tratadas con NaOH.

El análisis termogravimétrico (TGA) indicó que los métodos con NaOH y sonicación convencional mejoraron la estabilidad térmica de la celulosa, en comparación con los tratamientos con H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, que alcanzaron menores porcentajes de celulosa (60%-68%). La sonicación convencional fue más efectiva que la focalizada, que tendió a reducir el contenido de celulosa debido a la posible degradación de la fibra en condiciones extremas de cavitación. Además, la combinación de NaOH con sonicación convencional resultó ser la más eficaz para maximizar la pureza y el rendimiento de la celulosa. En contraste, la sonicación focalizada mostró menos ventajas y, en algunos casos, contribuyó a la degradación de la fibra.

Comparadas con las fibras comerciales de pino y eucalipto, las muestras obtenidas mediante los métodos

asistidos por ultrasonido y NaOH demostraron propiedades superiores en términos de pureza, rendimiento, cristalinidad y estabilidad térmica. Estos hallazgos destacan la viabilidad de los métodos propuestos para aplicaciones industriales, y sugieren que la combinación de NaOH al 30% con sonicación convencional es la estrategia más efectiva para obtener celulosa de alta calidad. Además, el estudio resalta la importancia de optimizar los parámetros de tratamiento para evitar la degradación de la celulosa y maximizar la eficiencia del proceso, lo que tiene importantes implicaciones para el desarrollo de procesos industriales sostenibles a partir de residuos agrícolas.

## Agradecimientos

Los autores agradecen a Minciencias por la financiación del proyecto de investigación titulado "Aprovechamiento y valorización integral de residuos agrícolas de la industria platanera y bananera: Una alternativa económica y ambientalmente viable", código 130189082312", aprobado en el marco de la Convocatoria No. 890 de 2020 "Convocatoria para el fortalecimiento de CTeI en Instituciones de Educación de Educación Superior (IES) Públicas 2020",

## Referencias

1. Nascimento REA, Carvalheira M, Crespo JG, Neves LA (2023) Extraction and Characterization of Cellulose Obtained from Banana Plant Pseudostem. *Clean Technol* 5:1028–1043.
2. 10. Thokchom R, Das MJ, Muchahary S, Ghosh T, Deka SC (2023) Nanocellulose Fibers Derived from Culinary Banana Flower (Musa ABB) Waste: Its Characterization and Application. *J Packag Technol Res* 7:113–125.
3. 11. Patel BY, Patel HK (2022) Retting of banana pseudostem fibre using Bacillus strains to get excellent mechanical properties as biomaterial in textile & fi ber industry. *Heliyon* 8:e10652.
4. 12. Chagas JS, Almeida JNS, Pereira ACL, Silva NFI, Raimundo RA, Medeiros ES, Lima BASG, Galvão LS, Santos ASF, Silva FI (2023) Evaluation of the kinetics of low intensity ultrasound-assisted sulfuric acid hydrolysis to obtain cellulose nanocrystals (CNCs) from microcrystalline cellulose (MCC). *Cellulose* 30:11455–11472.

# ENRE-OCP-21: Materiales carbonosos a partir de residuos de cacao obtenidos por síntesis mediada con ultrasonido y su uso en la remoción de colorantes

Víctor Galindo Acosta<sup>a,b\*</sup>, Alba Nelly Ardila<sup>b</sup>, Efraím A. Serna Galvis<sup>a</sup>

*a Universidad de Antioquia UdeA, Medellín, Colombia. Código postal 050010.*

*b Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid, Medellín, Colombia. Código postal 4932.*

*\*Email: victor.galindo@udea.edu.co*

## Resumen

El cacao es un producto agrícola relevante en la economía colombiana, y su consumo está pasando por un proceso de expansión, lo cual conlleva una creciente generación de residuos sólidos [1]. En la industria del chocolate, solo se aprovecha un 10% del fruto de cacao (*Theobroma cacao*). Los residuos resultantes (ej. las cocotas) tienen contenidos considerables de celulosa, hemicelulosa y lignina [2], haciéndolos atractivos para la obtención de materiales carbonosos. En el presente de trabajo, se consideró una biomasa residual de cacao, proveniente del Bajo Cauca antioqueño, y tras un análisis químico de carbohidratos se encontró en ella un 39.21 % de lignina y 51,04 % de celulosa, evidenciando su potencial para la obtención de materiales carbonosos. Se evaluó la síntesis de materiales carbonosos a partir de residuos de cocotas, empleando como técnica alternativa de pretratamiento el ultrasonido de baja frecuencia focalizado. Para ello se tomaron muestras de cocotas, secas, molidas y tamizadas, en una dispersión en agua y se sometieron a sonicación bajo condiciones fijas de potencia y amplitud [3]. Posteriormente, las muestras fueron llevadas a pirólisis. Subsecuentemente, el material carbonoso obtenido fue evaluado para la activación de peroximosulfato (PMS) y su aplicación en la degradación de un colorante (Fig. 1). Los resultados muestran que el material carbonoso obtenido a 40 kJ de ultrasonido con 30% de amplitud y sometido a pirólisis a 500 °C durante una hora, presenta un efecto sinérgico en la degradación carbocatalítica del colorante naranja de metilo (siendo superior al proceso de adsorción y oxidación directa por PMS). Tal sinergia se asocia con la capacidad catalítica de los materiales carbonosos que pueden inducir la formación de gantes oxidantes fuertes (ej. radicales [4]) a partir del peroximonosulfato.

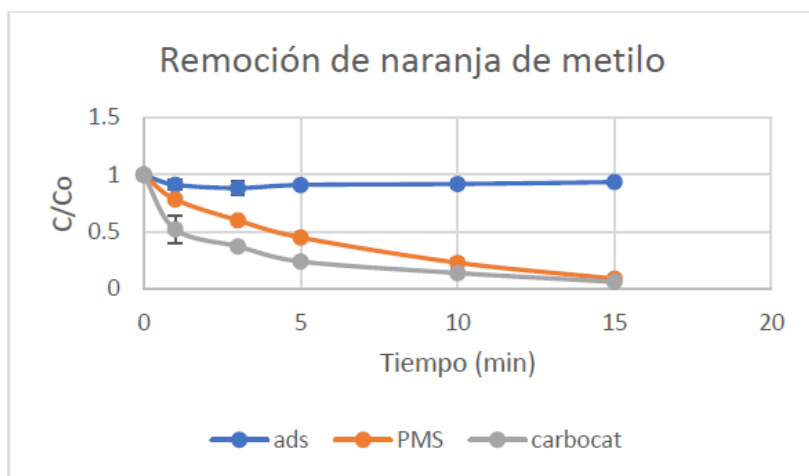


Fig. 1. Comparativo de la remoción de naranja de metilo (10 ppm) en procesos de adsorción (ads), oxidación directa (PMS) y carbocatálisis (carbocat), utilizando 0,2 g/L de material carbonoso y una concentración de 500  $\mu$ M de peroximonosulfato.

Estos resultados abren la posibilidad de la aplicación de los materiales carbonosos (con síntesis mediada por ondas ultrasónicas) para degradar contaminantes de origen farmacéutico en medio acuoso.

## Referencias

- [1] Z. S. Vásquez *et al.*, "Biotechnological approaches for cocoa waste management: A review," May 01, 2019, Elsevier Ltd. doi: 10.1016/j.wasman.2019.04.030.
- [2] A. F. Díaz-Oviedo, B. A. Ramón-Valencia, and G. G. Moreno-Contreras, "Caracterización físico-química de la cáscara de mazorca de cacao como posible uso en la elaboración de tableros aglomerados," *Revista de Investigación, Desarrollo e Innovación*, vol. 12, no. 1, pp. 97–106, Feb. 2022, doi: 10.19053/20278306.v12.n1.2022.14211.
- [3] A. Peter, B. Chabot, and E. Loranger, "Enhanced activation of ultrasonic pre-treated softwood biochar for efficient heavy metal removal from water," *J Environ Manage*, vol. 290, p. 112569, Jul. 2021, doi: 10.1016/j.jenvman.2021.112569.
- [4] C. M. Grisales-Cifuentes, E. A. Serna-Galvis, N. Acelas, J. Porras, E. Flórez, and R. A. Torres-Palma, "Biochar from palm fiber wastes as an activator of different oxidants for the elimination of pharmaceuticals from diverse classes in aqueous samples," *J Environ Manage*, vol. 323, p. 116148, Dec. 2022, doi: 10.1016/j.jenvman.2022.116148.

# ENRE-OEP-22: Síntesis de materiales carbonosos a partir de residuos forestales: un enfoque combinado de ultrasonido y microondas.

Lucas Blandón-Naranjo <sup>a\*</sup>, Sebastián Restrepo<sup>a</sup>, Brayan Gutiérrez-García<sup>a</sup>, Madelyn Ortiz-Quiceno, Erasmo Arriola-Villaseñor<sup>a</sup>, Alba N. Ardila A.<sup>a</sup>

a Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid, Facultad de Ciencias y Educación, CP 050022, Medellín, Colombia.

Email: \*lhblandon@elpoli.edu.co

## Resumen

Los materiales carbonáceos han demostrado ser fundamentales en la fabricación de sensores electroquímicos debido a su excelente conductividad eléctrica, alta superficie específica y estabilidad química. Entre estos, el carbón activado, el negro de humo y los nanotubos de carbono se han utilizado ampliamente como electrodos, mejorando la sensibilidad y selectividad en la detección de diversos analitos. Su versatilidad permite el desarrollo de sensores altamente eficaces para aplicaciones en biomedicina, monitoreo ambiental y seguridad alimentaria. En particular, el grafeno ha emergido como un material clave en este campo, gracias a sus propiedades únicas como alta conductividad, flexibilidad y estructura bidimensional, lo que lo convierte en un componente esencial para la próxima generación de sensores electroquímicos más precisos y eficientes [1].

El grafeno puede ser obtenido a partir de materiales ricos en celulosa mediante un proceso que comienza con una etapa de deslignificación, en la que se eliminan los componentes no celulósicos, como la lignina, para obtener un material con alto contenido de celulosa. Posteriormente, este material es sometido a un tratamiento térmico catalizado por hierro, donde las altas temperaturas inducen la transformación de la celulosa en estructuras carbonáceas. Este proceso controlado permite la formación de grafeno [2].

En el presente trabajo se realizó la síntesis y caracterización fisicoquímica y electroquímica de materiales carbonosos tipo grafeno obtenidos a partir de biomasa residual forestal pasto “King Grass” morado, la síntesis de grafeno se llevó a cabo mediante el procedimiento reportado en la Patente Europea No. ES2804948T3 [3], el cual consistió en extracción de la celulosa de la materia prima (1), desoxidación de la celulosa con soluciones catalizadoras (2), síntesis de grafeno mediante carbonización y tratamiento térmico (3) y finalmente el tratamiento ácido, lavado y secado (4).

En la primera etapa, uno de los procesos evaluados fue el método de deslignificación asistido por ultrasonido. Este proceso es crucial para la obtención de materiales carbonáceos altamente organizados, ya que la lignina actúa como una barrera física que dificulta el acceso de los catalizadores y limita la capacidad de conversión térmica de la celulosa en grafeno. El uso de ultrasonido en la remoción de lignina facilita significativamente el

proceso de deslignificación en la biomasa lignocelulósica. Las ondas ultrasónicas generan un efecto de cavitación lo que permite una mayor liberación de la lignina al disminuir la resistencia a la transferencia de masa y mejorar la penetración del medio solvente en las partículas de la biomasa, haciendo más accesible el material para su posterior tratamiento térmico. La etapa 2 de desoxidación de la celulosa realizó mediante digestión asistida por microondas usando dos soluciones catalizadoras de hierro: cloruro férrico y ferricianturo de potasio. El proceso de desoxidación de la celulosa tiene como objetivo reducir la cantidad de oxígeno presente en la estructura molecular, ya que una alta concentración de oxígeno puede generar productos intermedios no deseados durante el tratamiento térmico, afectando negativamente la calidad del grafeno. Posteriormente, en la etapa 3 se realizó una carbonización a diferentes temperaturas (800°C y 1000°C) para, finalmente, en la etapa 4, someter el material resultante a lavado ácido y secado.

Los materiales obtenidos se caracterización mediante microscopía electrónica, Espectroscopía Raman, área superficial mediante adsorción BET y FT-IR. Además, con el objetivo de evaluar su potencial aplicación como transductores para la fabricación de sensores electroquímicos, se evaluó su rendimiento electroquímico mediante el cálculo de área electroactiva usando voltamperometría cíclica y resistencia a la transferencia de carga usando espectroscopía de impedancia electroquímica.

Finalmente, se modificaron electrodos impresos de grafito con estos materiales para evaluar su potencial aplicación como transductor para la fabricación de sensores para la determinación de mercurio. Estos electrodos mostraron una respuesta electroquímica para la detección de mercurio, comparable con electrodos de grafito comercial. Además, se obtuvieron áreas electroactivas mayores que para los electrodos de grafito comerciales y menores resistencias a la transferencia de carga lo que permite considerarlos como potenciales materiales para la fabricación de sensores electroquímicos para la determinación de diferentes tipos de sustancias de interés.

## **Agradecimientos**

Los autores del presente trabajo de investigación agradecen al laboratorio de Tecnología en Química del Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid y en especial a los estudiantes de Tecnología en Química Industrial y de Laboratorio por su compromiso y disposición. El proyecto fue financiado por la convocatoria de proyectos de investigación enmarcados en los objetivos del desarrollo sostenible, 2023, del Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid.

## **Referencias**

[1] Z. Chen et al. Dalton Trans., 2024,53, 4900-4921

[2] M. A Ahmad Farid and Y. Andou. J. Clean. Prod. 2022, 380, 135090

[3] Wang L, Tang Y, Zhang J, Zheng Y, Baojiang J. Método para obtener grafeno de biomasa usando celulosa como materia prima. ES patent ES2804948T3, 2021.

# ENRE-OCP-23: Estudio comparativo de la síntesis de ZnO a partir de diferentes sales de residuos de pilas alcalinas para la degradación fotocatalítica de contaminantes

Madelain Linero Diaz<sup>a</sup>, Alba N. Ardila A.<sup>a</sup>, Erasmo Arriola-Villaseñor<sup>a</sup>, Pedro Delvasto<sup>b</sup>, Leidy Hoyos

G.<sup>c</sup>

<sup>a</sup> Grupo de Investigación en Catálisis Ambiental y Energías Renovables, Facultad de Ciencias y Educación, Politécnico b Colombiano Jaime Isaza Cadavid.

<sup>c</sup> Escuela de Ingeniería Metalúrgica y Ciencia de los Materiales, Universidad Industrial de Santander.

Ciencias Básicas Aplicadas del Tecnológico de Antioquia, Tecnológico de Antioquia.

\*E-mail: \*anardila@elpoli.edu.co

## Resumen

Este estudio se centra en la síntesis de ZnO utilizando sales precursoras obtenidas de pilas alcalinas de desecho, específicamente citrato y acetato de cinc, que fueron previamente sintetizadas en investigaciones anteriores. La síntesis se realizó mediante un proceso térmico en mufla, variando la temperatura de calcinación en tres niveles: 400, 500 y 600 °C. Se incluyó también ZnO comercial para establecer comparaciones en el rendimiento fotocatalítico. Las diferentes muestras de ZnO fueron codificadas según la sal precursora y la temperatura de calcinación, lo que facilitó el análisis posterior de su eficacia en la degradación de colorantes textiles.

Los resultados de las pruebas de degradación fotocatalítica de los colorantes amarillo 145, azul 21 y rojo 250 mostraron variaciones significativas en la eficiencia de degradación entre las muestras de ZnO. En particular, el ZnO sintetizado a partir de citrato de cinc presentó un mejor rendimiento en la degradación de los colorantes en comparación con el derivado de acetato de cinc. Además, se observó que el aumento de la temperatura de calcinación mejoró la eficiencia de degradación, especialmente para las muestras de acetato de cinc, lo que se atribuye a una mayor cristalinidad y porosidad, que favorecen la adsorción de colorantes y la generación de especies reactivas de oxígeno en la superficie del ZnO.

La investigación resalta la viabilidad de obtener materiales fotocatalíticos a partir de residuos, contribuyendo a la gestión de desechos y a la sostenibilidad ambiental. Los resultados indican que los materiales sintetizados presentan eficiencias de degradación comparables a las del ZnO comercial, lo que sugiere que es posible utilizar recursos desechados como pilas alcalinas para generar productos de alto valor que mitiguen la contaminación en aguas residuales industriales. Este enfoque no solo promueve la economía circular, sino que también abre nuevas oportunidades para el desarrollo de tecnologías sostenibles en el tratamiento de efluentes, alineándose con la necesidad de estrategias efectivas para enfrentar problemas ambientales

actuales.

## Agradecimientos

Los autores agradecen a Minciencias por la financiación del proyecto de investigación titulado “Valorización integral de residuos postconsumo e industriales para el desarrollo de materiales con potencial catalítico bajo un enfoque de economía circular, código 82312”, aprobado en el marco de la Convocatoria No. 890 de 2020 “Convocatoria para el fortalecimiento de CTel en Instituciones de Educación de Educación Superior (IES) Públicas 2020”,

## Referencias

1. M.A. Moghazy, Effect of stirring time on ZnO nanoparticles properties and morphology, IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng. 1046 (2021) 012012.
2. S. Mohan, M. Vellakkat, A. Aravind, U. Reka, Hydrothermal synthesis and characterization of Zinc Oxide nanoparticles of various shapes under different reaction conditions, Nano Express. 1 (2020).
3. G. Arroyo-Ortega, J.F. Hernández Paz, I. Olivas Armendariz, H. Camacho-Montes, C. López-Díaz-De León, H. Reyes-Blas, C.A. Rodríguez-González, Photocatalytical degradation of methyl orange (MO) using ZnO nanoparticles from alkaline wasted batteries. The effect of the MO, catalyst, and organic loads, Dig. J. Nanomater. Biostructures. 17 (2022) 1241–1248.
4. [L. Alcaraz, E. Jiménez-Relinque, L. Plaza, I. García-Díaz, M. Castellote, F.A. López, Photocatalytic Activity of  $Zn_xMn_{3-x}O_4$  Oxides and ZnO Prepared From Spent Alkaline Batteries, Front. Chem. 8 (2020) 1–14. <https://doi.org/10.3389/fchem.2020.00661>.

# ENRE-OCP-24: Estudio de la influencia de la frecuencia de sonicación en la síntesis de materiales carbonosos empleando PET como materia prima para su uso en la remoción de azul de metileno.

Leidy Astrid Hoyos Giraldo<sup>a</sup>, Alba N. Ardila A.<sup>b</sup>, Manuela Lara Vásquez<sup>a</sup>.

<sup>a</sup>Tecnológico de Antioquia, Medellín Colombia.

<sup>a</sup>Research Group on Environmental Catalysis and Renewable Energies - CAMER, Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid, Medellín-Colombia.

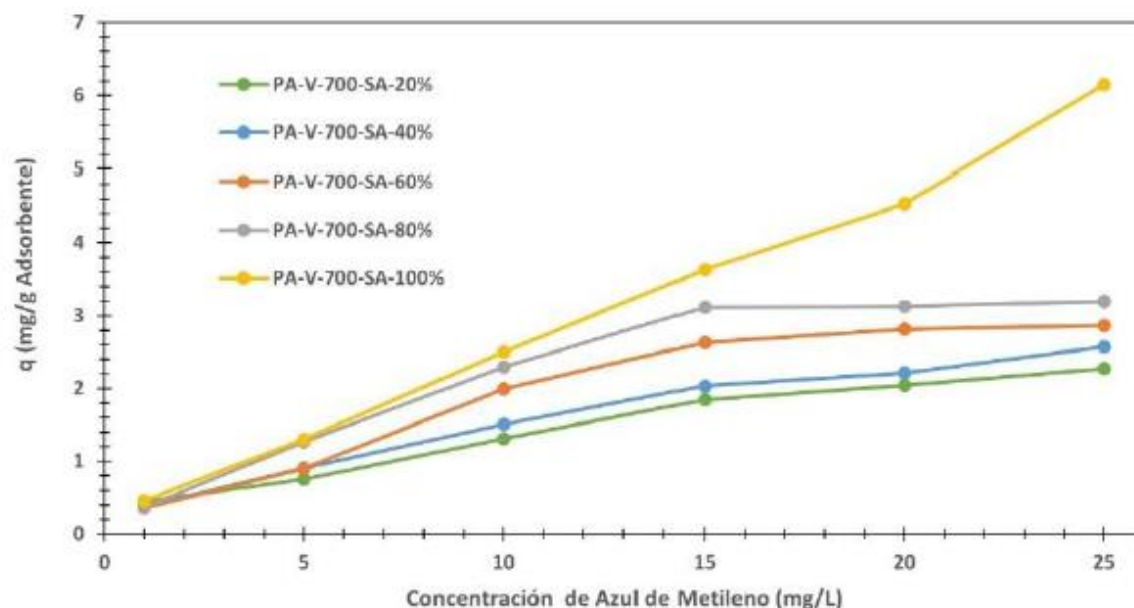
\*E-mail: leidyhoyos@gmail.com

## Resumen

La contaminación por colorantes industriales, como el azul de metileno, representa un serio problema ambiental debido a su persistencia y toxicidad en cuerpos de agua. La reutilización de residuos plásticos, especialmente el tereftalato de polietileno (PET), para la síntesis de materiales carbonosos ofrece una vía sustentable para reducir el impacto de los desechos plásticos al mismo tiempo que se desarrollan adsorbentes efectivos. Este estudio tiene como objetivo evaluar cómo la amplitud de sonicación influye en las propiedades de estos materiales para optimizar su capacidad de adsorción y su eficiencia en la remoción de azul de metileno, contribuyendo así a la descontaminación de aguas residuales.

La aplicación de la sonicación focalizada se presenta como una estrategia prometedora para modular las propiedades superficiales y texturales de los materiales carbonosos sin comprometer su rendimiento. Con el aumento de la amplitud de sonicación, se observan incrementos en los grupos carboxílicos superficiales y en el área superficial del material, factores clave que mejoran la capacidad de adsorción de contaminantes como el azul de metileno. Estos efectos se atribuyen a la microcavitación y las turbulencias generadas durante la sonicación, las cuales facilitan la activación de sitios reactivos y promueven el desarrollo de una estructura porosa sin alterar significativamente el diámetro de los poros ni la estructura cristalina.

Los resultados también indican que tanto el aumento en la concentración inicial de azul de metileno como la variación en la amplitud de sonicación impactan directamente la eficiencia de adsorción de los materiales carbonosos. El proceso de sonicación focalizada facilita una mayor afinidad química entre los grupos funcionales carboxílicos en la superficie del material y las moléculas del contaminante, lo que promueve una retención selectiva de colorantes industriales. Este enfoque demuestra la utilidad de la sonicación para optimizar las propiedades de adsorción en aplicaciones ambientales, contribuyendo al desarrollo de soluciones sostenibles para la protección del medio ambiente.



**Figura 1.** Capacidad de remoción del azul de metileno para los adsorbentes obtenidos a diferentes amplitudes de sonicación.

En resumen, el aumento de la concentración inicial de colorante y la amplitud de sonicación contribuyen a una mayor adsorción de azul de metileno por los materiales carbonosos, principalmente debido al incremento del área superficial y la formación de porosidad, lo que compensa la disminución de grupos carboxílicos. Estos fenómenos demuestran que la adsorción en estos materiales carbonosos depende tanto de los sitios físicos disponibles como de las características químicas de la superficie.

#### Agradecimientos

Los autores agradecen a Minciencias por la financiación del proyecto de investigación titulado “Valorización integral de residuos postconsumo e industriales para el desarrollo de materiales con potencial catalítico bajo un enfoque de economía circular, código 82312”, aprobado en el marco de la Convocatoria No. 890 de 2020 “Convocatoria para el fortalecimiento de CTeI en Instituciones de Educación de Educación Superior (IES) Públicas 2020”.

#### Referencias

1. Ahmed, A., Verma, S., Mahajan, P., Sundramoorthy, A. K., & Arya, S. (2023). Upcycling of surgical facemasks into carbon based thin film electrode for supercapacitor technology. *Scientific Reports*, 13(1), 12146.
2. Peng, Y., Wang, Y., Ke, L., Dai, L., Wu, Q., Cobb, K., Zeng, Y., Zou, R., Liu, Y., & Ruan, R. (2022). A review on catalytic pyrolysis of plastic wastes to high-value products. *Energy Conversion and Management*, 254, 115243.
3. Ren, S., Xu, X., Hu, K., Tian, W., Duan, X., Yi, J., & Wang, S. (2022). Structure-oriented conversions of plastics to carbon nanomaterials. *Carbon Research*, 1(1), 15.
4. Sharifian, S., & Asasian-Kolur, N. (2022). Polyethylene terephthalate (PET) waste to carbon materials: Theory, methods and applications. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 163, 105496.

# ENRE-OEV-25: Producción Catalítica de Metanol a partir de la Gasificación de Pulpa Residual de Café Utilizando Cu/ZnO/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>: Simulación y evaluación ANOVA

C. Aristizábal-Alzate<sup>a</sup>, M. Romero-Sáez<sup>a</sup>, A. B. Dongil<sup>b,\*</sup>

<sup>a</sup> Grupo Química Básica, Aplicada y Ambiente – Alquimia, Facultad de Ciencias Exactas y Aplicadas. Instituto Tecnológico Metropolitano, 050034 Medellín, Colombia

<sup>b</sup> Grupo Química Verde y Catálisis. Instituto de Catálisis y Petroleoquímica, CSIC, Cantoblanco, 28049 Madrid, España

Email:\* a.dongil@csic.es

## Resumen

La producción de metanol a partir de residuos agroindustriales se perfila como una opción sostenible frente a los recursos no renovables [1]. Este trabajo investiga la síntesis de metanol utilizando syn-gas generado por gasificación de pulpa de café y empleando un catalizador comercial de Cu/ZnO/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Se evaluó el impacto de la temperatura de gasificación (973 y 1073 K), la relación vapor-biomasa (SB) (0.5 y 1.0) y la temperatura de reacción (453, 498, 523 y 553 K) sobre la producción de metanol, con una presión constante de 51 bar. Mediante un diseño factorial 2<sup>2</sup>\*4 y análisis de varianza (ANOVA), se estudiaron los efectos de estas variables en un conjunto de 16 experimentos. Se empleó un horno horizontal para la gasificación de la biomasa y MATLAB® 2023b para simular el modelo cinético del tipo Langmuir-Hinshelwood-Hougen-Watson (LHHW), el cual ha sido ampliamente reportado en la literatura para la síntesis de este alcohol [2,3]. El análisis de ANOVA reveló que los factores individuales del proceso, con un valor F total de 354.3, tuvieron una mayor influencia en la producción de metanol que las interacciones de dos vías (7.34). La T<sub>reacción</sub> fue el factor más relevante (F = 278.51), seguida de la T<sub>gasificación</sub> (F = 72.45) y la relación SB (F = 0.34). Solamente la T<sub>reacción</sub> y la T<sub>gasificación</sub> mostraron significancia estadística (P < 0.05). Las interacciones de dos vías no fueron significativas (P > 0.05). Las condiciones óptimas para este proceso fueron: T<sub>reacción</sub> de 498.15 K y una T<sub>gasificación</sub> de 1073.15 K. La variación en la relación SB es indiferente para la producción de metanol. Por otro lado, con estas condiciones la desactivación del catalizador no fue tan pronunciada y la caída de presión a través del lecho catalítico fue del 7.25 %. En la Figura 1 se ilustra el resultado del ANOVA para las variables evaluadas en la producción media de metanol por tubo de reactor.

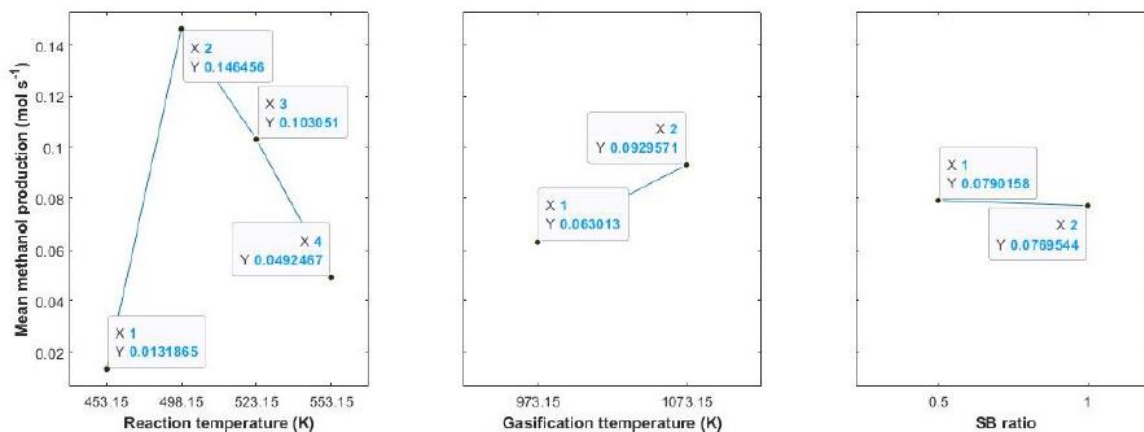


Figura 1. Producción media de metanol por tubo de reactor (mol s<sup>-1</sup>) para el análisis ANOVA.

## Referencias

- [1] C. E. Aristizábal-Alzate, P. N. Alvarado-Torres, and A. F. Vargas-Ramírez. Simulation of methanol production from residual biomasses in a Cu/ZnO/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> packed bed reactor. *Rev. Fac. Ing.*, no. 102, pp. 115–124, 2022, doi: 10.17533/udea.redin.20200907.
- [2] L. Chen, Q. Jiang, Z. Song, and D. Posarac. Optimization of Methanol Yield from a Lurgi Reactor. *Chem. Eng. Technol.*, vol. 34, no. 5, pp. 817–822, 2011, doi: 10.1002/ceat.201000282.
- [3] K. M. Vanden Bussche and G. F. Froment. A Steady-State Kinetic Model for Methanol Synthesis and the Water Gas Shift Reaction on a Commercial Cu/ZnO/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>Catalyst. *J. Catal.*, vol. 161, no. 1, pp. 1–10, 1996, doi: 10.1006/jcat.1996.0156.

# TRABAJOS ÁREA TEMÁTICA CONTAMINACIÓN DE AGUA, SUELO Y AIRE, CASA

## **CASA-OCV-01: Un nuevo modelo para la adsorción en el proceso de captura de dióxido de carbono en efluentes de plantas termoeléctricas**

Miriam Janelly de Ávila Ibarra<sup>a\*</sup>, Gustavo A. Fuentes<sup>a\*\*</sup>.

a Universidad Autónoma Metropolitana, Iztapalapa, Ciudad de México, 09340

Email: \* miriamdeavilaibarra@gmail.com \*\*gfuentes@xanum.uam.mx

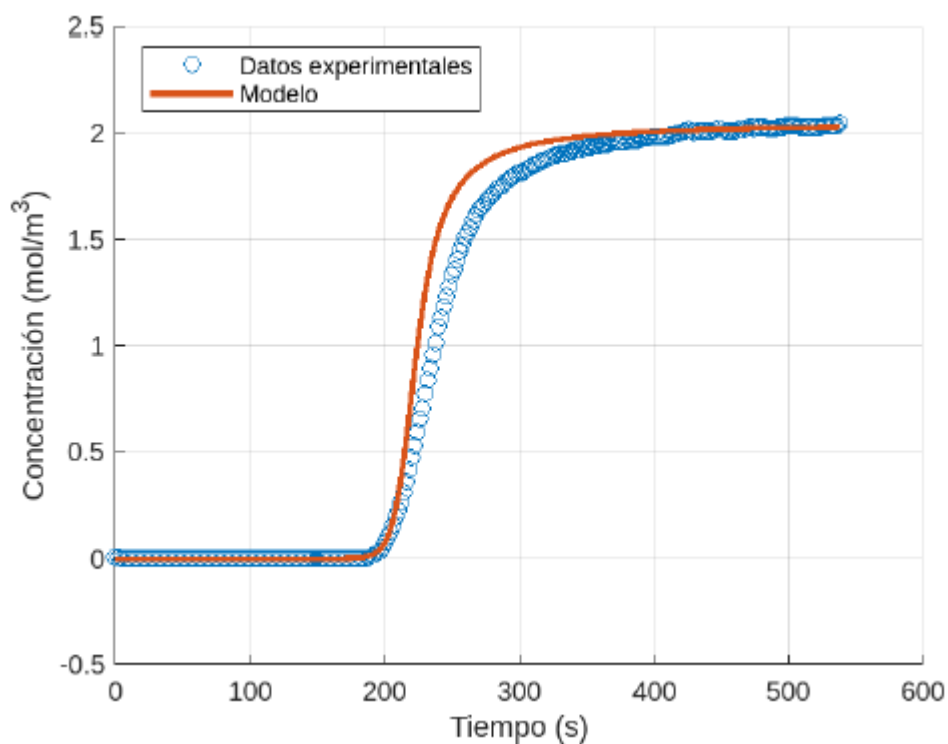
### **Resumen**

El aumento de CO<sub>2</sub> en la atmósfera es una de las causas más significativas del calentamiento global y del cambio climático. Esto se debe principalmente a las emisiones provenientes de la producción intensiva de energía, lo que se inició con la Revolución Industrial, ya que los gases de combustión contienen una concentración elevada de CO<sub>2</sub> [1]. El total de emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera en el último año, según el Instituto de Energía (EI), fue de 34,374.1 millones de toneladas [2].

Entre las alternativas para disminuir la emisión de CO<sub>2</sub> se contempla la captura de este compuesto y su posterior utilización y/o almacenamiento. Este proceso se considera una parte fundamental de muchos planes de mitigación del cambio climático, ya que proporciona un puente entre la economía actual basada en combustibles fósiles y un futuro con energía renovable [3]. La captura de CO<sub>2</sub> contenido en los gases de combustión provenientes de las termoeléctricas, por ejemplo, es factible. Actualmente, se cuenta con diferentes tecnologías como la destilación criogénica, la purificación por membranas y la adsorción física o química mediante líquidos y sólidos [4]. Bien manejada, la captura y almacenamiento de CO<sub>2</sub> pueden resultar en una disminución neta de las emisiones de CO<sub>2</sub> en la atmósfera [5].

Dentro de la adsorción química, las aminas soportadas en sólidos son materiales funcionales útiles para este proceso. En este proyecto de investigación se llevó a cabo la captura de CO<sub>2</sub> en un rango de 30 a 40° C utilizando la resina comercial Lewatit VP OC1065 en una columna de adsorción de 0.5 cm de diámetro y 7.8 cm de longitud. Se aplicaron variaciones de concentración, de flujo y de cantidad de material adsorbente y se obtuvieron las curvas experimentales de concentración vs tiempo a la salida de la columna, mismas que corresponden a una curva de ruptura. A partir de estas curvas, se realizó el cálculo de la capacidad de adsorción y se construyó el gráfico de capacidad vs tiempo. Una vez determinada la capacidad máxima en cada experimento, se ajustó a dos diferentes isotermas de adsorción, la isoterma de Langmuir y la isoterma

de Freundlich, obteniendo un mejor ajuste en la primera ya mencionada. Posteriormente, se propuso un modelo que permitiera predecir futuros resultados. Este modelo consta de un sistema de tres ecuaciones diferenciales, correspondientes a la fase fluida, la fase sólida y la adsorción en la fase sólida. Para la fase fluida se utilizó el modelo de flujo pistón con dispersión axial, agregando un término correspondiente al transporte interfacial que conecta la fase fluida con la fase sólida. En el balance de la fase sólida el término de transporte interfacial se une con el término de una adsorción química de segundo orden en la fracción vacía. Finalmente, en la ecuación de la capacidad de adsorción reaparece el término de la adsorción. De este sistema de ecuaciones, resultan 8 parámetros necesarios para la solución del sistema. Cinco de estos parámetros, la fracción vacía, la velocidad, la densidad aparente, la capacidad máxima y el área interfacial se obtuvieron a partir de los datos experimentales; el coeficiente de dispersión se calculó usando el método de Fuller [6] para la difusividad y la correlación propuesta por Levenspiel para tubos rectos con adsorción elevada [7]. El coeficiente interfacial de transporte de masa se calculó a partir de la correlación dada por Petrovic y Thodos [8]. Un único parámetro, la constante cinética de adsorción, se estuvo variando en la simulación para lograr el ajuste de los datos experimentales. Además, mediante la simulación fue posible conocer los perfiles de concentración y capacidad respecto a la posición de la columna en cualquier tiempo, algo que es complicado determinar experimentalmente. Estos resultados, mostrados en la Figura 1, permiten demostrar que el modelo propuesto es sólido en el proceso de adsorción y que se pueden predecir las curvas de concentración y capacidad de adsorción en un sistema dado.



**Figura 1.** Curva de ruptura en la etapa de adsorción de CO<sub>2</sub> para datos experimentales (círculos en azul) y

datos calculados (línea sólida en naranja) usando el modelo propuesto, que contiene un solo parámetro de ajuste.

### **Agradecimientos**

Al Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (Conahcyt) por el apoyo otorgado para mi formación como investigador.

A la Universidad Autónoma Metropolitana, unidad Iztapalapa, por el apoyo para el desarrollo de este proyecto.

### **Referencias**

- [1] F. Liu, S. Chen, Y. Gao, and Y. Xie, "Synthesis and CO<sub>2</sub> adsorption behavior of amine-functionalized porous polystyrene adsorbent," *Journal of Applied Polymer Science*, vol. 134, no. 28, p. 45046, 2017/07/20 2017.
- [2] Energy-Institute, "Statistical Review of World Energy 2023," 2023.
- [3] P. Bains, P. Psarras, and J. Wilcox, "CO<sub>2</sub> capture from the industry sector," *Progress in Energy and Combustion Science*, vol. 63, pp. 146-172, 2017/11/01/ 2017.
- [4] L. Han, X. Wang, B. Wu, S. Zhu, J. Wang, and Y. Zhang, "In-situ synthesis of zeolite X in foam geopolymer as a CO<sub>2</sub> adsorbent," *Journal of Cleaner Production*, vol. 372, p. 133591, 2022/10/20/ 2022.

# CASA-OCV-02: Biorremediación del Arsénico en Aguas: Potencial del *Aspergillus niger* frente a Métodos de Filtración Convencionales.

Andrés Felipe Telles Viveros<sup>a</sup>, Laura Valentina Corena Algarra<sup>a</sup>

a Universidad Distrital Francisco José de Caldas, proyecto académico de Química, Bogotá, Colombia y 110311

Email: a aftellesv@udistrital.edu.co y lvcorenaa@udistrital.edu.co

## Resumen

El arsénico es un contaminante altamente tóxico presente en diversas fuentes de agua, lo que representa un grave riesgo para la salud pública. A pesar de su peligrosidad, en Colombia existen pocas investigaciones orientadas a su remoción efectiva. En este contexto, se plantea un estudio innovador que busca evaluar métodos alternativos para la descontaminación de arsénico en muestras de agua, utilizando floculante de cloruro férrico ( $\text{FeCl}_3$ ) a partir de puntillas, materiales ferrosos y métodos de filtración tradicionales y biológicos en este caso el hongo *Aspergillus Niger*. El floculante utilizado en este estudio fue preparado a partir de puntillas y otros materiales de hierro, que fueron sometidos a un proceso controlado de oxidación. Este proceso permitió la formación de cloruro férrico ( $\text{FeCl}_3$ ) con una concentración inicial de 2000 ppm. Para trabajar dentro de los rangos de efectividad documentados en la literatura, se realizaron diluciones hasta alcanzar una concentración de 500 ppm, optimizando así su capacidad de remoción de contaminantes. El arsénico presente en las muestras de agua fue oxidado a su forma más tóxica, el óxido de arsénico (As III), que es comúnmente encontrado en aguas contaminadas. La transformación a As III es crucial, ya que, permite evaluar la eficiencia de los métodos de filtración bajo condiciones realistas de contaminación. Para evaluar la remoción de arsénico, se prepararon tres tipos de filtros. El primer filtro utilizó antracita, conocida por su alta capacidad de filtración y su efectividad en la remoción de partículas finas. El segundo filtro fue diseñado con una mezcla de frutos secos, como maní, almendras y pistachos, seleccionados por su tamaño de poro y estructura interna, además por la capacidad de estos de absorber metales pesados como arsénico, cadmio y plomo. El tercer filtro combinó ambos materiales, buscando una sinergia que maximice la eficiencia de la filtración. Además de estos métodos tradicionales, se exploró un enfoque biológico utilizando el hongo *Aspergillus niger*, obtenido a partir de tomates. El uso de este hongo en la filtración de arsénico es un enfoque novedoso que no ha sido ampliamente estudiado, especialmente en el contexto colombiano. El *Aspergillus niger* fue cultivado y aplicado a las muestras contaminadas para evaluar su capacidad de biorremediación comparada con los métodos físicos de filtración. La eficacia de cada método de filtración fue evaluada mediante una curva de calibración basada en el método del azul de molibdeno, una técnica estándar para la detección y cuantificación de arsénico. Los resultados mostraron que el tratamiento con *Aspergillus niger* exhibió una efectividad apreciable frente a los filtros tradicionales. Esta observación sugiere que el hongo

tiene un alto potencial para ser utilizado en sistemas de filtración biológica debido a su habilidad para metabolizar este contaminante contribuyendo así a la recuperación de aguas contaminadas.

### Conclusiones

El estudio concluye que el *Aspergillus niger* es una alternativa prometedora para la descontaminación de arsénico en aguas, mostrando gran eficacia frente a los métodos tradicionales de filtración con antracita y frutos secos. Este enfoque biológico no solo ofrece una solución efectiva, sino que también abre nuevas vías de investigación en el campo de la biorremediación, con especial relevancia para regiones como Colombia donde la contaminación por arsénico representa un riesgo significativo.



**Figura 1. Filtros con antracita, frutos secos y hongo *Aspergillus Niger* para la remoción d Arsénico en aguas**

### Referencias

- [1] Hering, J. G., Chen, P. Y., & Wilkie, J. A. (2001). Arsenic removal by ferric chloride. Journal - American Water Works Association, 93(3), 111-123.
- [2] Bielecka, J.; Puścion-Jakubik, A.; Markiewicz-Żukowska, R.; Soroczynska, J.; Nowakowski, P.; Grabia, M.; Mielcarek, K.; Przebierowska, K.; Kotowska, K.; Socha, K. (2021) Assessment of the Safe Consumption of Nuts in Terms of the Content of Toxic Elements with Chemometric Analysis. Nutrients, 13, 3606. <https://doi.org/10.3390/nu13103606>
- [3] Chakraborti, D., Mukherjee, S. C., Pati, S., Sengupta, M. K., Rahman, M. M., Chowdhury, U. K., & Basu, G. K. (2003). Arsenic in drinking water and cancer risk: An observational study from West Bengal, India. Journal of Environmental Science and Health, Part A, 38(1), 255-272.

# CASA-OCP-03: Adsorción de azul índigo sobre capacho de uchuva

Natalia Calvo Cardona<sup>a\*</sup>, Mariana Orozco Alzate<sup>b</sup>, Cristian David Gallego Gallo<sup>c</sup>, Angelina Hormaza Anaguano<sup>d</sup>.

<sup>a</sup> Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia, 050034

<sup>b</sup> Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia, 050034

<sup>c</sup> Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia, 050034

<sup>d</sup> Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia, 050034

Email: a ncalvoc@unal.edu.co

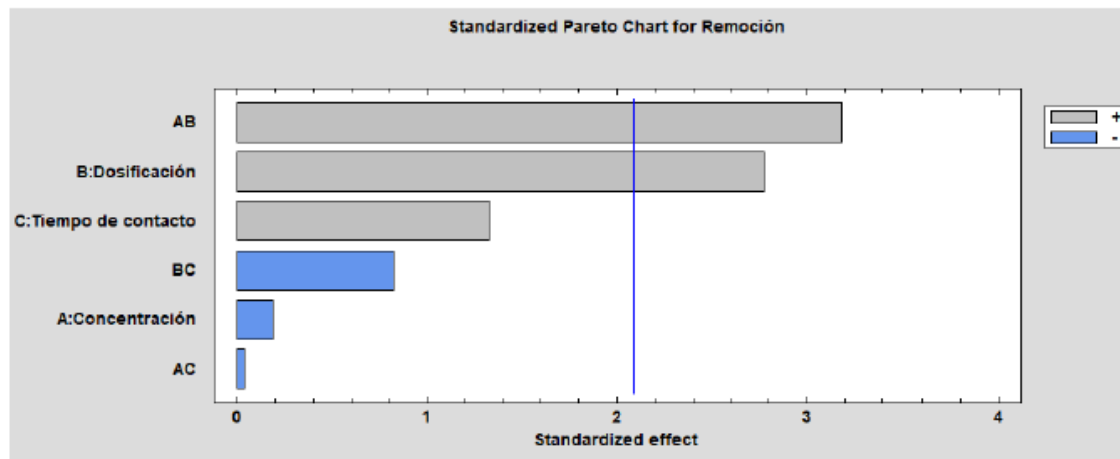
## Resumen

El agua, un recurso fundamental para la vida, ha sido gravemente afectada por el crecimiento industrial y tecnológico. En particular, la contaminación por colorantes es un problema persistente, dado que diversas industrias generan grandes volúmenes de agua coloreadas, representando un riesgo significativo tanto para la salud humana como para el medio ambiente. La industria textil, por ejemplo, produce entre 21 y 377 m<sup>3</sup> de aguas residuales por cada tonelada de textil generada [1], que usualmente son vertidas en fuentes hídricas, donde incluso concentraciones de 1 mg/L desencadenan una coloración visible y niveles peligrosos para el consumo [2]. El Azul Índigo (AI), es un colorante aniónico, catalogado como sustancia carcinogénica, genotóxica y neurotóxica, que puede causar hipertensión, así como efectos cardiovasculares y respiratorios [3]. En este contexto, la adsorción se ha consolidado como una alternativa eficiente para su tratamiento, donde el uso de adsorbentes no convencionales aumenta su atractivo debido a su relación costo-beneficio favorable [4]. Así, la intención de este trabajo fue utilizar el residuo agrícola capacho de uchuva (CU) y demostrar su potencial como adsorbente.

**Metodología:** Se llevo a cabo un diseño factorial 23 con punto central. Los experimentos se efectuaron en Erlenmeyer de 50 mL a un pH de 2, con un tamaño de partícula de 0.3 a 0.5 mm, a una temperatura de 28°C y una velocidad de agitación de 180 rpm. Los valores de los factores concentración inicial (Co) fueron: 20, 40 y 60 mg L<sup>-1</sup>, para la dosificación (D): 3,5,7 g L<sup>-1</sup> y para el tiempo (t): 2,3,4 h. Una vez transcurrido el tiempo de contacto, se midió la concentración del AI en un espectrofotómetro UV-Vis Lambda 35 a una longitud de onda de 610 nm.

**Resultados:** En la Figura 1, se observa que los factores D y la interacción Co-D son significativos y positivos, señalando que un aumento en D mejora la remoción de AI y que la coexistencia de ambos factores es crucial para su efectividad. Aunque t no resultó significativo, su efecto positivo sugiere que un mayor tiempo podría favorecer la adsorción. Por otro lado, Co y las interacciones Co-t y D-t muestran efecto negativo, indicando que un aumento en Co conlleva a una menor remoción. Asimismo, al incrementar Co o D en conjunto con t,

la eficacia de la remoción se ve reducida. Se alcanzó una remoción máxima de 96,2% con una  $D = 7 \text{ g L}^{-1}$ ,  $C_0 = 60 \text{ mg L}^{-1}$  y 2 h. Además, el test de Tukey sugiere que el único experimento que muestra diferencias significativas respecto a la remoción fue aquel con una  $D = 3 \text{ g L}^{-1}$ ,  $C_0 = 60 \text{ mg L}^{-1}$  y  $t = 2 \text{ h}$ , lo cual es congruente con el diagrama de Pareto, que indica que D es un parámetro significativo en la remoción. Estos resultados satisfactorios sugieren a CU como un adsorbente potencial y novedoso.



**Figura 1.** Diagrama estandarizado de Pareto para el sistema AI-CU.

## Referencias

- [1] C. Fonseca, L. Silva, J. Balmant, A. P. de Oliveira, W. Guadagnin y M. C. Santos. *Environmental Technology*, vol. 39, nº 6, p. 725–738, Abr. 2017.
- [2] K. Maheshwari, M. Agrawal y . A. B. Gupta, «Dye pollution in water and wastewater,» de *Novel materials for dye-containing wastewater treatment*, Singapore, Springer, 2021, pp. 1-25.
- [3] L. A. Castillo, . A. G. Sierra y I. Linares. *International Journal of Environmental Science and Technology*, vol. 20, nº 9, pp. 10553-10590, 2023.
- [4] V. K. Gupta y S. *Journal of Environmental Management*, vol. 90, nº 8, pp. 2313-2342, 2009.

# CASA-OEV-04: Desarrollo de sorbentes basados en MgO para la captura de CO<sub>2</sub> a temperaturas intermedias

Carlos Fernando Imbachi-Gamba<sup>a\*</sup>, Laura Cornaglia<sup>a</sup>, John Múnera<sup>a</sup>

a Instituto de Investigaciones en Catálisis y Petroquímica (INCAPE), Facultad de Ingeniería Química, Universidad Nacional del Litoral, Santiago del Estero 2829, Santa Fe (Capital), Argentina, S3000

\*e-mail: cfimbachi@fiq.unl.edu.ar

## Resumen

En este trabajo sintetizó MgO para su uso como sorbente de CO<sub>2</sub> a temperaturas intermedias (300 a 400 °C). En la práctica, el MgO posee una capacidad de captura de CO<sub>2</sub> menor al 5% de su valor teórico (1,1 gCO<sub>2</sub>/g), debido principalmente a problemas difusionales [1]. Para mejorar su desempeño en la captura de CO<sub>2</sub> se modificó el sólido (MgO) mediante su hidratación en agua desionizada a 45 °C por 5 h, y posterior deshidratación, por calcinación a 400 °C por 1 h (muestra MW); además, se evaluó el efecto de la hidratación en una solución de ácido oxálico (muestra MOA).

Los resultados indican que el procedimiento de hidratación-deshidratación del sólido mejoró sus propiedades texturales, con cambios en el área superficial específica de 20 m<sup>2</sup>/g en el MgO inicial, a 110 m<sup>2</sup>/g y 240 m<sup>2</sup>/g en las muestras MW y MOA, respectivamente; asimismo, se evidenció el aumento del volumen total de poro. Adicionalmente, la modificación generó nuevos sitios de mayor fuerza básica (Figura 1a), alcanzando concentraciones de sitios básicos entre el 60% (MW) y cuatro veces mayores (MOA) respecto al MgO inicial. Por DRX y FTIR de las muestras MW y MOA hidratadas, se demostró la presencia de las fases de Mg(OH)<sub>2</sub>, y Mg(OH)<sub>2</sub> MgC<sub>2</sub>O<sub>4</sub>, respectivamente, lo que sugiere que el cambio en las propiedades de estos materiales está ligado a la descomposición de dichas fases durante la deshidratación del sólido, siendo más significativo en la muestra MOA.

Para las pruebas de captura de CO<sub>2</sub>, los materiales fueron impregnados con una mezcla de nitrato de Na, Li y K en relación molar 0,6:0,3:0,1, alcanzando una carga de 18% en peso en el sorbente, con el fin de mejorar el contacto entre el MgO y el CO<sub>2</sub> durante la captura. Las pruebas de captura se realizaron en flujo de 100% de CO<sub>2</sub> a 300 °C por 1 h, y luego la desorción a 400 °C por 15 min en flujo de N<sub>2</sub>. Los resultados de las pruebas se presentan en la Figura 1b, donde se observa que el material NLK-MgO presenta una capacidad de 0,34 gCO<sub>2</sub>/g, mientras que las muestras modificadas en agua desionizada (NLK-MW) y en presencia de ácido oxálico (NLK MOA) alcanzaron capacidades 22 y 58% mayores al material de referencia, respectivamente. Finalmente, se realizó una prueba de estabilidad de las muestras NLK-MgO y NLK-MOA (Figura 1c), la cual mostró que ambos materiales conservan un 80% de su capacidad inicial después de 10 ciclos consecutivos de captura y desorción. De modo que, los resultados muestran que la modificación tanto en agua desionizada, como en la solución de ácido oxálico, genera cambios las propiedades fisicoquímicas del sólido, obteniendo

así sorbentes estables y con mayor capacidad de captura de CO<sub>2</sub> que el MgO sin modificar.

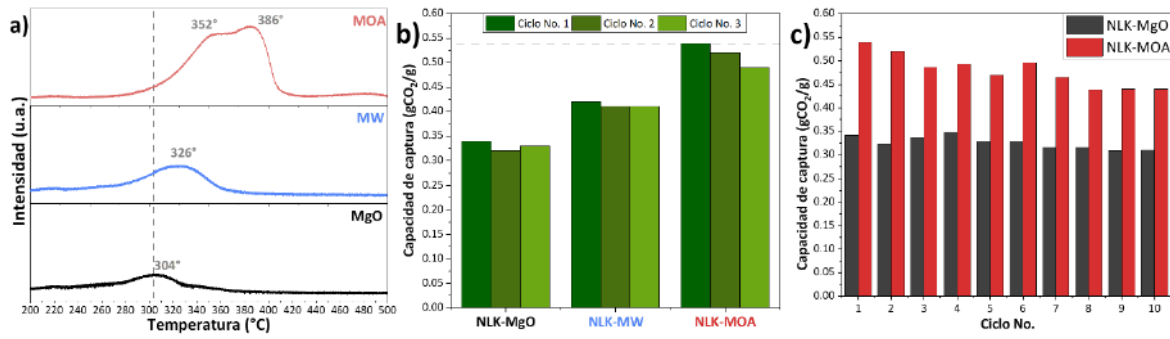


Figura 1. a) TPD-CO<sub>2</sub> de las muestras MgO, MW y MOA, b) Pruebas de captura por tres ciclos con las muestras NLK-MgO, NLK-MW y NLK-MOA, y c) Pruebas de estabilidad con las muestras NLK-MgO y NLK-MOA.

## Referencias

[1] M.T. Dunstan, F. Donat, A.H. Bork, C.P. Grey, C.R. Müller, Chem. Rev. 121 (2021) 12681–12745.

# CASA-OEV-05: Estudio de la distribución de partículas de un sistema de combustión en ciclos químicos mediante dinámica de fluidos computacional

Favio Antonio Ocampo Vaca <sup>a\*</sup>, Rafael Maya Yescas <sup>b</sup>, Constantin Alberto Hernández Bocanegra <sup>c</sup>, Ma. del Carmen Chávez Parga <sup>d</sup>, Gladys Giménez García <sup>e</sup>, Rafael Huirache Acuña <sup>f</sup>.

a Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Michoacán, México, 58030.

b Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Michoacán, México, 58030.

c Instituto Tecnológico de Morelia, Michoacán, México, 58120.

d Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Michoacán, México, 58030.

e Instituto Tecnológico Superior de Pátzcuaro, Michoacán, México, 61615.

f Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Michoacán, México, 58030.

\*Email: 0501130d@umich.mx

## Resumen

Es bien sabido que desde de la revolución industrial, el consumo energético de la humanidad ha crecido de forma exponencial. Los combustibles fósiles han sido, desde entonces, las principales fuentes de energía, debido esencialmente a su bajo costo y a la facilidad de su manejo. Actualmente, los combustibles fósiles representan cerca del 85% de los energéticos a nivel global [1]. Desde mediados del siglo XX, este elevado empleo de combustibles fósiles, junto con las consecuentes emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), se han considerado como unas de las causas primarias del fenómeno de cambio climático [2] [3]. El CO<sub>2</sub> representa cerca del 75% de las emisiones gaseosas antropogénicas [4], y además se le estima longevidad en la atmósfera de aproximadamente 12 años [5]. El cambio climático es un fenómeno reconocido, cuyo impacto más negativo es que puede modificar la biodiversidad en la tierra [6]. Se sabe que para 2017 el calentamiento global provocado por el hombre alcanzó aproximadamente 1° C por encima de los niveles de los años preindustriales, con la temperatura del planeta aumentado a razón de 0.2° C por década [7]. Se estima que por lo menos hasta 2045, los combustibles fósiles seguirán siendo energéticos importantes [1], por lo que el problema generación de energía-cambio climático están estrechamente conectados y requieren alguna solución holística [8].

En este trabajo se analizó la distribución de partículas de 150 μm de diámetro dentro de un sistema de combustión en ciclos químicos (CLC, por sus siglas en inglés) mediante simulación numérica, haciendo uso de un software comercial de dinámica de fluidos computacional (CFD, por sus siglas en inglés). El proceso CLC consta de dos reactores de lecho fluidizado interconectados: el “regenerador”, que es donde suceden reacciones de oxidación del acarreador de oxígeno, en presencia de aire; y el “combustor”, donde se lleva a cabo la combustión del combustible usando oxígeno proveniente del acarreador, y en ausencia de aire.

Teóricamente se lleva a cabo la combustión completa del combustible, pero en dos reactores independientes

que solo se comunican mediante los tubos de interconexión por donde se transporta el acarreador de oxígeno. El interés de conocer y modelar este proceso se basa en que representa una alternativa factible para evitar la emisión de CO<sub>2</sub> mezclado con los gases del aire a la atmósfera, como sucede en la combustión convencional; en el proceso CLC el CO<sub>2</sub> es emitido en un reactor diferentes; es decir, el CO<sub>2</sub> se descarga mezclado solo con vapor agua, este último se condensa fácilmente y es posible capturar el CO<sub>2</sub> para no ser emitido a la atmósfera. Con el proceso CLC se evitas los elevados costos adicionales que se proponen al querer separar el CO<sub>2</sub> del N<sub>2</sub> del aire. Se empleó dinámica de fluidos computacional (CFD), para resolver las ecuaciones de gobierno del sistema, se usó el modelo multifásico euleriano para simular la interacción de la fase continua (fase gaseosa) y las partículas fueron simuladas como una fase granular, de esta manera se simuló el comportamiento de las partículas del acarreador de oxígeno (ilmenita) dentro del sistema de combustión en ciclos químicos, con la finalidad de analizar el funcionamiento y el desempeño del reactor; estos resultados se validaron con datos publicados previamente. Los detalles del movimiento de los sólidos, muestran que las partículas permanecen en un régimen de fluidización suave en el combustor mientras que se mantienen en un régimen de arrastre en el regenerador.

## Referencias

- [1] S. Kumar y P. K. Muhuri, «A novel GDP prediction technique based on transfer learning using CO<sub>2</sub> emission dataset,» *Applied Energy*, vol. 253, p. 113476, 2019.
- [2] T. F. Stocker, D. Qin, G. K. Plattner, L. V. Alexander, S. K. Allen, N. L. Bindoff y S. P. Xie, «Technical summary. In Climate change 2013: the physical science basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change,» Cambridge University Press, pp. 33-115, 2013.
- [3] J. Adanez , A. Abad, F. Garcia-Labiano, P. Gayan y L. F. De Diego, «Progress in chemical-looping combustion and reforming technologies,» *Progress in energy and combustion science*, vol. 38, n<sup>o</sup> 2, pp. 215-282, 2012.
- [4] C. Archer y M. Jacobson, «Evaluation of global wind power,» *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, p. 110(D12), 2005.
- [5] H. Gitay, «Biodiversity IPCC Technical Paper,» *Change Climate*, 2002.
- [6] V. Masson-Delmotte, P. Zhai, H. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan y R. Pidcock, «Global Warming of 1.5 OC: An IPCC Special Report on the Impacts of Global Warming of 1.5° C Above Pre-industrial Levels and Related Global Greenhouse Gas Emission Pathways, in the Context of Strengthening the Global Response to the Threat of Climate Chang,» World Meteorological Organization, Geneva, Switzerland, 2018.
- [7] A. Pugazhendhi, T. Mathimani, S. Varjani, E. R. Rene, G. Kumar, S. H. Kim y J. J. Yoon, «Biobutanol as a

promising liquid fuel for the future-recent updates and perspectives,» *Fuel*, vol. 253, pp. 637-646, 2019.

[8] M. Höök y X. Tang, «Depletion of fossil fuels and anthropogenic climate change—A review. *Energy policy*,» *Energy policy*, vol. 52, pp. 797-809, 2013.

# CASA-OCP-06: Evaluación de la estabilidad enzimática de la Lacasa producida por *Pleurotus ostreatus*

Juan José Rosero Idárraga <sup>a</sup>, David Andrés Osorio Sierra <sup>b</sup>, Angelina Hormaza <sup>c</sup>

a Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Medellín, Colombia, 050034

b Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Medellín, Colombia, 050034

c Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Medellín, Colombia, 050034

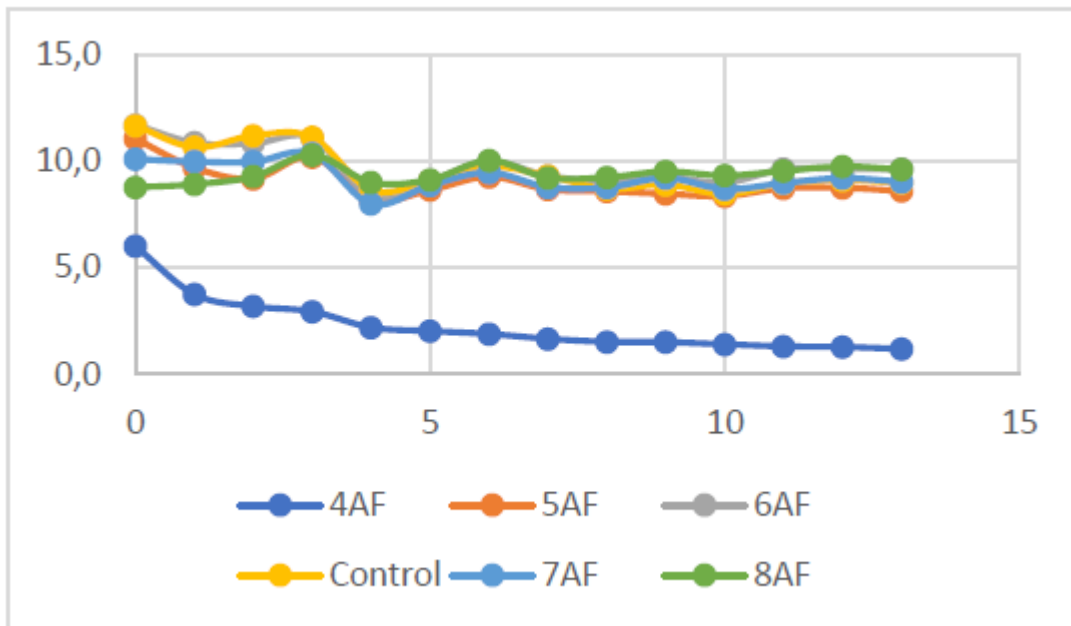
Email: ajroseroi@unal.edu.co

## Resumen

El uso de enzimas ligninolíticas ha cobrado gran importancia en los últimos años en el campo de la biotecnología debido a su notable capacidad para oxidar diferentes moléculas orgánicas, característica que ha potencializado indudablemente su implementación en diversas aplicaciones industriales, tales como la deslignificación de pulpa y el tratamiento de aguas de desecho [1, 2]. La lacasa, proveniente de los conocidos hongos de podredumbre blanca es producida en gran cantidad y de manera extracelular. Para su mejor funcionamiento, dichas enzimas deben operar bajo condiciones óptimas de temperatura y medio ácido. En este sentido, el presente trabajo se enfocó en la evaluación de la estabilidad de la enzima lacasa y de esta forma de conservar su actividad enzimática durante el mayor tiempo posible.

**Metodología:** La enzima lacasa fue obtenida bajo las mejores condiciones de un proceso optimizado de fermentación en estado sólido con el hongo *Pleurotus ostreatus* y usando tusa de maíz como soporte sólido [2]. En el experimento de estabilidad enzimática se evaluaron tres factores: pH del medio (4, 5, 6, 7 y 8), temperatura de agitación (4, 25 y 40 °C) y temperatura de almacenamiento (4 y 25 °C). La actividad enzimática lacasa fue determinada mediante la oxidación del ácido 2,2'-azino-bis(3-etilbenzotiazolina-6-sulfónico, (ABTS), junto con un buffer de acetato de sodio y el extracto enzimático a la longitud de onda de 420 nm, en un periodo de trece días. Se utilizó una extinción molar  $36000 \text{ M}^{-1}\text{cm}^{-1}$ . Las unidades de la actividad enzimática se registran en Unidades de actividad enzimática por gramos seco de sustrato (U/gss).

**Resultados:** Los resultados obtenidos durante el tiempo de observación mostraron que el almacenamiento a 4°C ofreció una mejor conservación de la actividad enzimática de la lacasa, comparado con lo observado a 25°C, es decir, a menor temperatura, se evita la desnaturalización de esta enzima. Con respecto al valor del pH, se encontró que los mejores resultados se obtuvieron a pH 6 y 7 y en lo concerniente a las temperaturas de agitación, se estableció que 4°C y 25°C fueron más efectivas en la preservación de la actividad enzimática. (Análisis estadístico con pruebas de Tukey). Los resultados obtenidos son de amplia utilidad dado que posibilitan el mayor tiempo de aprovechamiento catalítico de esta enzima. En la figura 1 se muestran los resultados de la actividad enzimática monitoreada a 25°C y almacenada a 4°C.



**Figura 1.** Actividad enzimática por agitación a 25°C y almacenada a 4°C

### Referencias

- [1] Aghaee, M., Salehipour, M., Rezaei, S., & Mogharabi-Manzari. *Bioresource Technology* (2024) 406, 131072.
- [2] S. López. *Ciencia y Tecnología* (2010) 1, 65-80.
- [3] Velásquez Quintero, C. (2021). Producción, purificación e inmovilización de lacasa obtenida a partir de un proceso optimizado de fermentación en estado sólido. Universidad Nacional de Colombia.
- [4] Wang, H., Tang, L. X., Ye, Y. F., Ma, J. X., Li, X., Si, J., & Cui, B. K. *Journal of Environmental Management*, (2024) 359, 120984.

# CASA-OCV-07: Evaluación del Catalizador $\text{Co}_6/\text{MnO}_x$ para la Conversión Sostenible de $\text{CO}_2$ en Hidrocarburos Livianos

Michell Andrey Jiménez-Caballero<sup>a\*</sup>, Cristian Alexander Rozo-Ramírez<sup>a</sup>, Astrid Lorena Cadena-Santamaría<sup>a</sup>, Emiliano Ariza-León<sup>b</sup>, Miller Humberto Salas-Rondón<sup>c</sup>, Adan Yovani León-Bermúdez<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Grupo de Investigaciones en Corrosión (GIC), Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia, Código Postal 680002.

<sup>b</sup> Laboratorio de Espectroscopia Atómica y Molecular (LEAM), Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia, Código Postal 680002.

<sup>c</sup> Geomática, Gestión y Optimización de Sistemas (GEOMÁTICA), Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia, Código Postal 680002.

\*Correo de correspondencia: michell2208108@correo.uis.edu.co

## Resumen

En un mundo cada vez más consciente de los efectos del cambio climático, la búsqueda de soluciones sostenibles para la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero se ha convertido en una prioridad. El dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), uno de los principales contribuyentes al calentamiento global, representa un desafío significativo. Sin embargo, este gas también puede ser visto como una oportunidad, siendo una materia prima con gran potencial para la producción de combustibles sintéticos y otros productos químicos de alto valor agregado a través de su conversión. Así mismo, la implementación de procesos termocatalíticos para la transformación de  $\text{CO}_2$  permiten mitigar las emisiones a nivel mundial [1]. En este contexto, la hidrogenación catalítica de  $\text{CO}_2$  a hidrocarburos livianos emerge como una tecnología prometedora. Este proceso transforma  $\text{CO}_2$  en moléculas orgánicas de mayor valor energético representadas en combustibles sintéticos y gases  $\text{C}_1$  a  $\text{C}_6+$ , utilizando hidrógeno como agente reductor y catalizadores para facilitar la reacción. En esta investigación se determinó que el catalizador  $\text{Co}_6/\text{MnO}_x$  ha demostrado ser altamente eficiente a baja temperatura y con una alta selectividad [2]. Por tal razón, este catalizador se sintetizó y se utilizó como una estrategia para la conversión de  $\text{CO}_2$  en productos químicos útiles en un reactor batch, evaluándose la influencia de variables como la temperatura, la concentración de reactivos y el tiempo de reacción en la eficiencia de la conversión.

Dentro de los resultados obtenidos, se encontró que la temperatura tuvo la menor relevancia en el proceso de hidroconversión de dióxido de carbono en el intervalo de 180 a 240 °C, mientras que la concentración de los reactivos puede afectar directamente la velocidad de reacción y la cantidad de productos formados, y a su vez, el tiempo de reacción puede influir en la completitud de la reacción y en la formación de productos secundarios, presentando un impacto significativo en la producción de líquidos. Además, se realizaron pruebas de caracterización mediante espectroscopia infrarroja por transformada de Fourier (FTIR), análisis termogravimétrico (TGA) y resonancia magnética nuclear (RMN), los cuales revelaron cambios significativos

en la composición química de los productos obtenidos. Finalmente, los resultados permitieron establecer que el catalizador  $\text{Co}_6/\text{MnO}_x$  es eficiente para el proceso de conversión de  $\text{CO}_2$ , lo que tiene importantes implicaciones en la mitigación de gases de efecto invernadero y la producción sostenible de productos químicos.

### Referencias

- [1] C. G. Okoye-Chine, K. Otun, N. Shiba, C. Rashama, S. Nnaemeka Ugwu, H. Onyeaka, & C. T. Okeke. *Journal of CO2 Utilization* 62 (2022) 102099 1-30.
- [2] Z. He, M. Cui, Q. Qian, J. Zhang, H. Liu, & B. Han. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 116(26) (2019) 12654–12659.

# CASA-OCP-08: Interacción roca-fluido en la captura y almacenamiento de CO<sub>2</sub>: análisis teórico-experimental.

César Augusto Sierra<sup>a,\*</sup>, Adan Giovanni León<sup>a</sup>, Carlos Alberto Villarreal<sup>a</sup>, Luz Yolanda Vargas<sup>a</sup>, Jorge Arley Meza<sup>a</sup>, Carlos Alberto Ríos<sup>a</sup>.

<sup>a</sup> Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia, 680002  
Email: [cesarsierra2002@gmail.com](mailto:cesarsierra2002@gmail.com)

## Resumen

Las concentraciones de CO<sub>2</sub> en el 2022 alcanzaron concentraciones superiores a 400 ppm, siendo el nivel más alto en 800.000 años [1]. Adicionalmente, en el año 2023 se estableció una cifra acumulada de 40.7 mil millones de toneladas de CO<sub>2</sub>, por tanto, al considerar estas cifras y su crecimiento en los próximos años se producirán consecuencias graves para los ecosistemas debido al aumento de la temperatura promedio del planeta. Para reducir el impacto anterior, se han venido planteando estudios y nuevas herramientas para la captura y almacenamiento de carbono siendo una tecnología clave para la reducción de gases de efecto invernadero y la mitigación del cambio climático [2]. En respuesta, varios gobiernos están buscando tecnologías para capturar y almacenar CO<sub>2</sub> con el fin de mitigar sus efectos adversos.

Esta investigación se centra en el análisis teórico y experimental de la interacción roca-fluido en la inyección de CO<sub>2</sub> en formaciones geológicas. Se realizaron análisis de muestras de rocas de las formaciones geológicas colombianas como Esmeralda, Mugrosa, y Colorado. A través de este enfoque, se busca generar información precisa sobre los cambios en la mineralogía de las rocas y su efecto en los procesos de inyección para mejorar la seguridad en futuras aplicaciones y desarrollo de tecnologías del subsuelo. En el estudio se emplea un reactor batch en acero inoxidable para simular las condiciones del subsuelo y evaluar la interacción entre roca y fluido durante el almacenamiento. Este enfoque permite garantizar que las pruebas se realicen en un entorno que replica fielmente las condiciones del subsuelo, proporcionando datos relevantes para la evaluación de la estabilidad y la eficiencia del almacenamiento en condiciones reales. Las muestras representativas de las rocas fueron caracterizadas antes y después de los ensayos usando técnicas avanzadas de caracterización como microscopía electrónica de barrido (SEM-EDS), difracción de rayos X (DRX), espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier (FTIR), y porosimetría. La determinación del área superficial y adsorción de CO<sub>2</sub> se realizó con un equipo Vac Prep 061 Micromeritics. Las muestras de cada roca se pesaron en celdas de vidrio de 9 mm de diámetro y se cargaron en el equipo. Luego, se realizó la etapa de desgasificación a una temperatura de 120 °C, durante 2 h.

La información de caracterización de petrografía y petrofísica sugiere que existen modificaciones significativas en la estructura porosa de las rocas, lo que proporciona información clave para mejorar la capacidad de almacenamiento y reducir los riesgos de fuga a largo plazo. Por otra parte, los resultados de

adsorción permitieron establecer que las muestras de roca presentaron una capacidad de adsorción en el intervalo de 0.4 a 1.1 cm<sup>3</sup>/g STP, y estos valores varían de acuerdo a las condiciones de almacenamiento, área superficial, composición y estructura cristalina de los minerales. Por otra parte, la información de caracterización de petrografía y petrofísica sugiere que existen modificaciones significativas en la estructura porosa de las rocas, lo que proporciona información clave para mejorar la capacidad de almacenamiento y reducir los riesgos de fuga a largo plazo [3]. Esta investigación se enfoca en analizar el impacto de los minerales de formaciones geológicas colombianas en la captura y almacenamiento de CO<sub>2</sub>, con el objetivo de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y avanzar en la transición hacia fuentes de energía más sostenibles, garantizando así, el cumplimiento de las metas globales de sostenibilidad y la reducción de la huella de carbono en sectores clave como el energético e industrial.

### **Referencias.**

- [1] La Vanguardia, "Las concentraciones de CO<sub>2</sub> alcanzan niveles récord en 2022 y se prevé un aumento en 2023", La Vanguardia, 2023. Disponible en: <https://www.lavanguardia.com>
- [2] Bashir, A., Ali, M., Patil, S., Aljawad, M. S., Mahmoud, M., Al-Shehri, D., Hoteit, H., & Kamal, M. S. (2024). Comprehensive review of CO<sub>2</sub> geological storage: Exploring principles, mechanisms, and prospects. In *Earth-Science Reviews* (Vol. 249).
- [3] Gholami, R., & Raza, A. (2022). CO<sub>2</sub> sequestration in sandstone reservoirs: How does reactive flow alter trapping mechanisms? *Fuel*, 324.

# CASA-OCP-09: Producción de Manganese peroxidasa mediante fermentación en estado sólido con *Trametes pubescens* sobre cáscara de papa.

José Luis Arias Quinchia<sup>a</sup>, Juliana Martínez Ducuara<sup>b</sup>, David Andrés Osorio Sierra<sup>c</sup>, Angelina

Hormaza<sup>d</sup>

a Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia, 050034

b Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia, 050034

c Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia, 050034

d Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia, 050034

Email: ajoariasq@unal.edu.co

## Resumen

El aumento de cuerpos acuíferos coloreados nos alerta sobre la grave problemática de la contaminación debida a las descargas industriales en nuestro país, frente a lo cual apremia el desarrollo de nuevas estrategias para afrontar o mitigar en el corto plazo el deterioro de este valioso recurso natural. Dentro de los métodos biológicos, la aplicación de enzimas ligninolíticas en la biodegradación de estos contaminantes se vuelve prometedora. La producción de enzimas, tales, como la Lacasa, Manganese peroxidasa (Mn-P) y Lignina peroxidasa, mediante microorganismos, como los hongos de podredumbre blanca (HPB), es de gran interés. Estas enzimas son las encargadas de degradar eficientemente compuestos orgánicos como la lignina gracias a su capacidad oxidativa [1]. Por otro lado, la fermentación en estado sólido (FES) se ha implementado para la producción enzimática de manera eficiente y económica [2], haciendo uso de residuos agroindustriales, dado que representa una reducción de costos [3], así como una fuente de nutrientes [4]. En este panorama, el objetivo de esta investigación fue evaluar la producción de la enzima Mn-P por el HPB *Trametes pubescens*. Se realizó un diseño factorial  $2^3$  evaluando tres factores: proporción carbono-nitrógeno (C:N en 30:1, 25:1 y 15:1), tiempo de fermentación y fuente de carbono (glucosa y extracto de malta). El proceso fermentativo, monitoreado durante 11 días con una humedad fija del 75%, utilizó cáscara de papa como soporte sólido, lavada, secada y reducida a 300-700 nm. El hongo *Trametes pubescens* se cultivó en agar y se conservó a 4°C. La actividad Mn-P se cuantificó mediante la oxidación de sulfato de magnesio con buffer malonato e hidróxido de sodio a  $\lambda=270$  nm en unidades enzimáticas (U/gss).

**Resultados:** La mayor actividad de manganese peroxidasa se registró en el día 11, (9,26 U/gss) con el extracto de malta como fuente de carbono y con una concentración C:N de 15:1, tal como se muestra en la tabla 1. La marca (\*) indica una actividad enzimática obtenida con una proporción C:N de 35:1, a diferencia de todos los demás datos consignados en la tabla 1. También es resaltante, la cantidad de Mn-P obtenida el día 7 con glucosa, un valor de 8,42 U/gss. En general, se encontró que las condiciones más favorables para la producción de Mn-P con el hongo *trametes pubescens* corresponden a la relación C:N de 15:1, en un tiempo


de 11 días, condiciones favorables que permiten un futuro escalado del proceso y señalan que la FES representa un método adecuado para la obtención de enzimas ligninolíticas.

**Tabla 1:** Actividad enzimática de Mn-P [U/gss] en *trametes pubescens*

Dia	Fuente de carbono	
	Glucosa	Extracto de malta
7	8,42	(*) 6,93
11	7,39	9,26

## Referencias

- [1] Kumar, A., & Chandra, R. (2020). Ligninolytic enzymes and its mechanisms for degradation of lignocellulosic waste in environment.
- [2] Camacho-Morales, R. L., Gerardo-Gerardo, J. L., Guillén Navarro, K., & Sánchez, J. E. (2017). Ligninolytic enzyme production by white rot fungi during paraquat (herbicide) Degradation.
- [3] Ozcirak Ergun, S., & Ozturk Urek, R. (2017). Production of ligninolytic enzymes by solid state fermentation using *Pleurotus ostreatus*. *Annals of Agrarian Science*, 15(2), 273–277.
- [4] Schalchli, H., Hormazábal, E., Rubilar, O., Briceño, G., Mutis, A., Zocolo, G. J., & Diez, M. C. (2017). Production of ligninolytic enzymes and some diffusible antifungal compounds by white-rot fungi using potato solid wastes as the sole nutrient source.



# CASA-OEP-10: Producción de un nanocompuesto con propiedades fotocatalíticas y magnéticas a través de una ruta fitogénica empleando *Psidium guajava* para la remediación de agua simulada contaminada con azul de metileno y rodamina B

Ana Melissa González Mojica<sup>a\*</sup>, Daniel Llamosa<sup>b</sup>, Javier Rincón<sup>c</sup>

a Programa de Bioquímica. Facultad de Ciencias. Universidad Antonio Nariño, Sede Circunvalar, Carrera 1<sup>a</sup> Este #47A15, Bogotá D.C., Colombia, CP 110231.

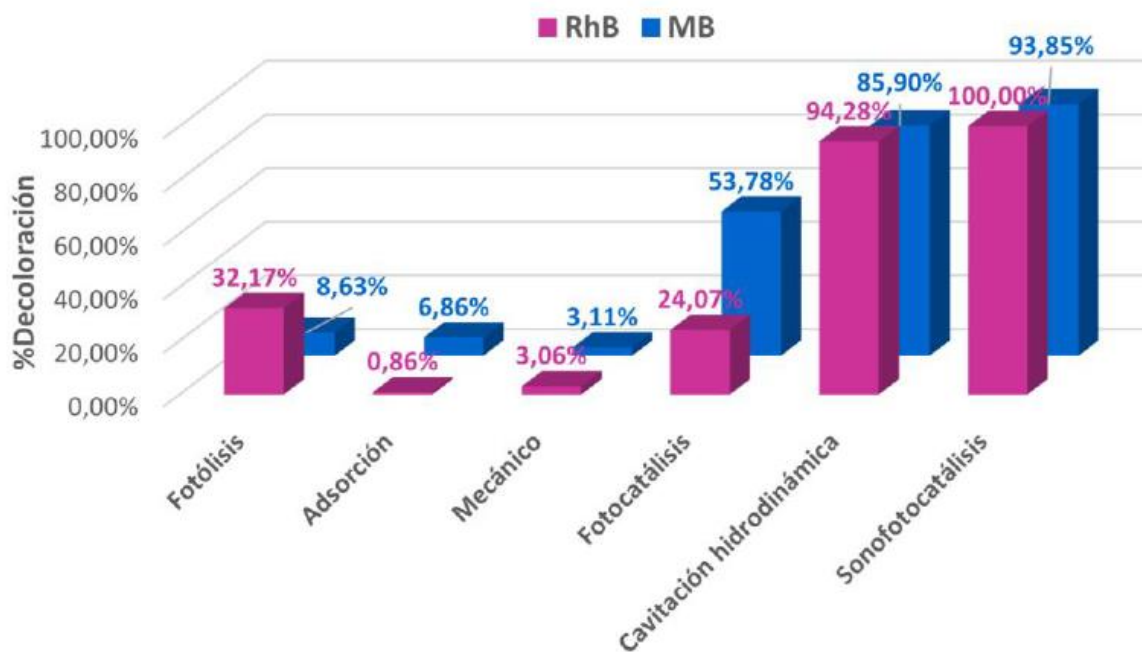
b Grupo de Investigación Fundamental y Aplicada en Materiales, Facultad de ciencias, Universidad Antonio Nariño, Sede Circunvalar, Carrera 1<sup>a</sup> Este #47A15, Bogotá D.C., Colombia, CP 110231.

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

Email: a angonzalez16@uan.edu.co

## Resumen

La presencia de agentes contaminantes generados por los efluentes de industrias como la textil, sector que descarga agentes colorantes en los cuerpos de agua, causando la acumulación de éstos en el medio, genera impactos nocivos en el ecosistema y en la salud de diferentes organismos vivos [1]. La remediación de estos cuerpos de agua es crucial, aunque el empleo de metodologías convencionales puede causar contaminación secundaria de éstos [2, 3]. Por eso el desarrollo de la propuesta propone una alternativa de solución, acorde con la economía verde, propendiendo por un desarrollo sustentable mediante la decoloración de aguas contaminadas simuladas con agentes colorantes. Se emplean como moléculas modelo el azul de metileno (MB) y la rodamina B (RhB), así como se ensaya el nanocompuesto  $\text{Fe}_3\text{O}_4@\text{TiO}_2$  que exhibe propiedades magnéticas y fotocatalíticas. Adicionalmente, se investigó la influencia de la cavitación hidrodinámica para la decoloración de estos. Para su producción, se empleó una ruta fitogénica a partir del extracto acuoso de *Psidium guajava* para la síntesis de nanopartículas de óxido de hierro, disminuyendo así el empleo de agentes reductores potencialmente nocivos para el ambiente. Eventualmente, el material fue recubierto con óxido de titanio, para potenciar la acción remediadora otorgando propiedades fotocatalíticas. Se evaluó el grado de disminución de la coloración causada por ambos colorantes (RhB y MB) en las aguas simuladas a través de espectroscopía UV - Vis, así como la capacidad de remoción del nanocompuesto por decantación asistida con un campo magnético para evitar la contaminación secundaria del agua tratada [4]. Se espera contribuir a los sectores industriales que generan residuos de colorantes para reducir el impacto de sus efluentes sobre los cuerpos de agua.



**Figura 1.** La comparación de varios tratamientos catalíticos en la decoloración de aguas simuladas con MB y RhB después de 120 min.

### Referencias

- [1] D. Xu and H. Ma, "Degradation of rhodamine B in water by ultrasound-assisted TiO<sub>2</sub> photocatalysis," *J Clean Prod*, vol. 313, no. January, p. 127758, 2021, doi: 10.1016/j.jclepro.2021.127758.
- [2] S. Krishnan and A. Shrivastav, "Application of TiO<sub>2</sub> nanoparticles sensitized with natural chlorophyll pigments as catalyst for visible light photocatalytic degradation of methylene blue," *J Environ Chem Eng*, vol. 9, no. 1, p. 104699, 2021, doi: 10.1016/j.jece.2020.104699.
- [3] X. Zhang *et al.*, "UV/TiO<sub>2</sub>/Periodate System for the Degradation of Organic Pollutants – Kinetics, Mechanisms and Toxicity Study," *Chemical Engineering Journal*, vol. 449, no. June, p. 137680, 2022, doi: 10.1016/j.cej.2022.137680.
- [4] V. Mahendran and P. R. Gogate, "Degradation of Acid Scarlet 3R dye using oxidation strategies involving photocatalysis based on Fe doped TiO<sub>2</sub> photocatalyst, ultrasound and hydrogen peroxide," *Sep Purif Technol*, vol. 274, no. May, p. 119011, 2021, doi: 10.1016/j.seppur.2021.119011.

# CASA-OEP-11: Valorización de un residuo de la industria siderúrgica como catalizador en la degradación de amoxicilina mediante reacciones Fenton y Foto-Fenton.

Santiago Díaz-Cubillos<sup>a</sup>, Ariel Cadena<sup>b</sup>, Gina Hincapie-Triviño<sup>a\*</sup>

<sup>a</sup> Departamento de Química, Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá, Bogotá, Colombia, 111321

<sup>b</sup> Departamento de Geociencias, Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá, Bogotá, Colombia, 111321

\*Email: [ghincapie@unal.edu.co](mailto:ghincapie@unal.edu.co)

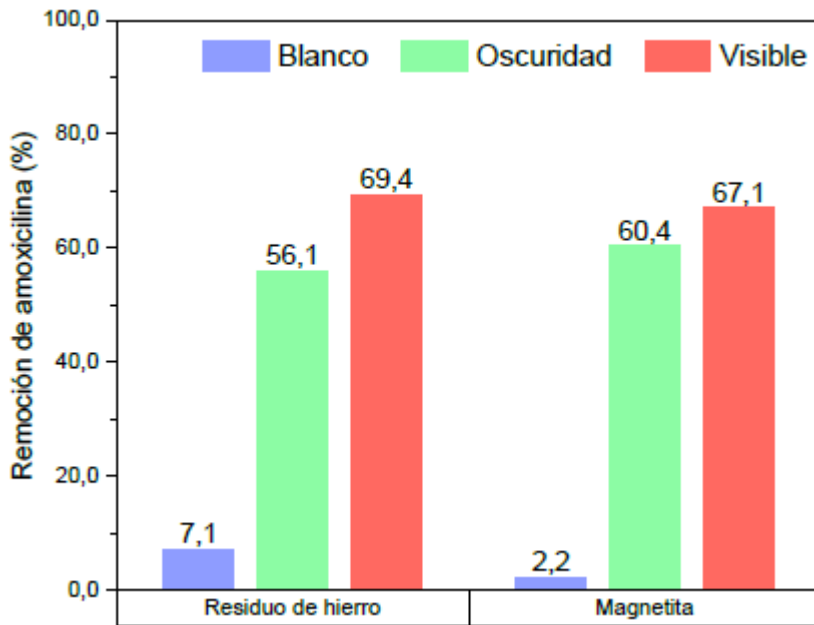
## Resumen

La amoxicilina es un antibiótico  $\beta$ -lactámico ampliamente utilizado para tratar infecciones bacterianas. Aproximadamente el 78% de la amoxicilina se excreta sin cambios a través de la orina [1], y su amplio uso ha convertido a la amoxicilina en uno de los antibióticos más comúnmente detectados en aguas residuales [2], debido a esto es esencial encontrar tratamientos efectivos para su degradación. En este estudio se evaluó la actividad de dos materiales sólidos como catalizadores en la degradación de amoxicilina. El primer catalizador es un residuo de la industria siderúrgica que consiste en una mezcla de minerales (hematita, goethita y siderita). El segundo catalizador es magnetita, sintetizada mediante la mezcla de 13 mmol de  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  con 35 mmol de  $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ , disueltos en 15 mL de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  0,5M. A esta mezcla se le adicionó KOH al 40% hasta alcanzar un pH de 9. Se permitió el crecimiento de los cristales por 24 horas a  $70^\circ\text{C}$ , posteriormente se filtró y lavó el sólido con agua desionizada hasta llegar a un pH neutro y se secó a  $60^\circ\text{C}$  por 24 horas.

Los catalizadores fueron analizados por difracción de rayos X, espectroscopia Raman, sortometría de nitrógeno y análisis termogravimétrico en el cual se determinó el punto de Curie.

La actividad catalítica se analizó mediante las reacciones Fenton y Foto-Fenton, para lo cual se mezclaron 8 mL de una solución de amoxicilina (20 mg/L) con 4 mg del catalizador (0,5 g/L) y se permitió el contacto por 24 h para permitir la estabilización del sistema. Para el sistema Fenton, se adicionaron 10  $\mu\text{L}$  de  $\text{H}_2\text{O}_2$  al 30% v/v luego del tiempo de estabilización y para las reacciones foto-Fenton se encendió una luz LED blanca (24 W) tras la adición del peróxido. Se tomaron muestras a 0, 15, 30, 60, 120, 240 y 360 min. Los blancos de reacción se realizaron con catalizador y luz visible en ausencia de  $\text{H}_2\text{O}_2$ . Luego de la reacción, las muestras se filtraron y analizaron mediante cromatografía líquida de alta eficiencia (HPLC) en un instrumento Thermo UltiMate 3000 con una columna Kynetex C18 (2.6  $\mu\text{m}$ , 100  $\times$  4,6 mm) y un detector de longitud de onda múltiple UltiMate TM 3000 a 230 nm. La evaluación catalítica sugiere que la amoxicilina se adsorbe fuertemente sobre la magnetita con un porcentaje de remoción del 10%, lo que podría estar relacionado con el pH de la reacción ( $\approx 6,50$ ), donde la magnetita tiene una superficie cargada más positivamente que el residuo de hierro, lo que hace que la interacción con el grupo carboxilato de la amoxicilina sea más fuerte. Sin

embargo, y como se observa en la Figura 1, el proceso de degradación es más eficiente con el residuo de hierro. En ambos casos se consigue una mayor remoción de amoxicilina con luz visible que en oscuridad (Figura 1), probablemente debió a la formación de un mayor número de especies de oxígeno bajo irradiación. De acuerdo con los cromatogramas obtenidos los productos más oxidados se obtienen con el material de hierro, lo que concuerda con lo observado en la Figura 1, donde se consigue una mayor remoción de amoxicilina con el residuo de hierro. Esto podría deberse a que en el residuo hay una mezcla de minerales de hierro, lo que proporciona un mayor contenido de hierro (II) y (III) disponible para que ocurra la reacción Fenton.



**Figura 1.** Porcentaje de remoción de amoxicilina con el material de hierro y magnetita. trxn: 6 h, oscuridad (barras verdes), luz visible (barras rojas) y blanco (barras azules).

## Referencias

- [1] GP Bodey and J. Nance, 'Amoxicillin: in vitro and pharmacological studies'. *Antimicrob. Agents Chemother*, vol. 1, no. 4, pp. 358-362, 1972, doi: 10.1128/AAC.1.4.358.
- [2] EA Serna-Galvis et al., 'High-consumption antibiotics in Colombia, excretion in urine and presence in wastewater - a bibliographic review', *Ingeniería y competitividad*, vol. 24, no. 1, 2022, doi: 10.25100/IYC.24I1.11267.

# CASA-OCP-12: Determinación de mercurio en biomasas y agua de ciénaga intervenida por minería informal en la zona media del Atrato-Chocó

Nelson Nagles Vergara<sup>a,\*</sup>, Jorge Gallego Zapata<sup>a</sup>, Javier Montoya Jaramillo<sup>c</sup>, Efraím A. Serna Galvis<sup>b,\*</sup>,

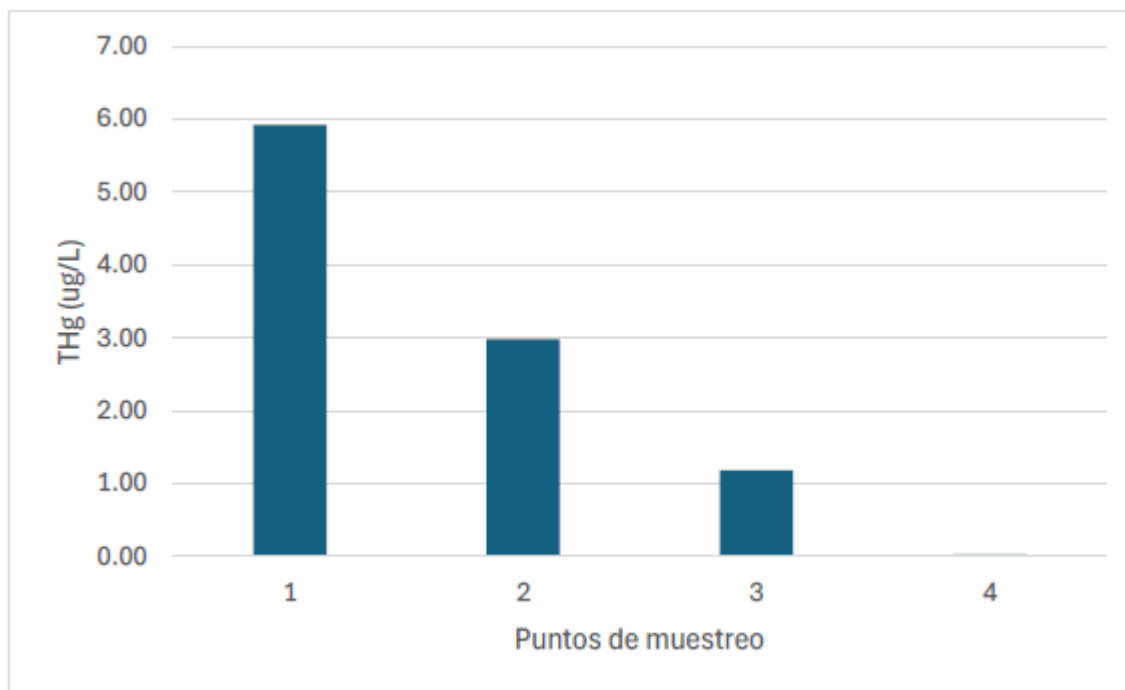
<sup>a</sup> Universidad de Medellín, Medellín, Colombia, Código postal 050001

<sup>b</sup> Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia, Código postal 050001

\*Email: nnagles494@soyudemedellin.edu.co, efrain.serna@udea.edu.co

## Resumen

La minería del oro en el Atrato Chocoano es reconocida por su impacto agresivo sobre el ambiente, especialmente los cuerpos de agua y sus alrededores. En el presente trabajo se consideró la caracterización de aguas y biomasas (buchón de agua y aserrín proveniente de extracción forestal) en la Ciénaga Recuerdo de la zona media del Atrato, que está intervenida por la minería informal. Para las muestras consideradas se cuantificó el contenido de mercurio total (THg), empleando métodos instrumentales que involucran la termodesorción y absorción atómica. El estudio reveló que las concentraciones de THg en el agua de la ciénaga son más altas cerca actividad minera, con valores de hasta 5,93 µg/L (Figura 1). Entre las biomasas, el buchón de agua presentó la mayor concentración de THg (5,4 µg/kg), seguido del aserrín (1,5 µg/kg). Cabe remarcar que, tales cantidades de mercurio en agua tienen el potencial para afectar a las especies acuáticas [2], y las concentraciones de THg halladas superan los límites máximos indicados por la OMS [1], que establece un valor de 2,0 µg/L para agua de riego, evidenciando alta contaminación y riesgo para la salud de las comunidades que habitan esta región del Atrato [3]. Adicionalmente, los resultados plantean la necesidad de acciones de monitoreo continuo y remediación en la región.



**Figura 1.** Concentración de THg en diferentes puntos del cuerpo de agua de la Ciénaga Recuerdo.

### Referencias

- [1] C. Salazar-Camacho, M. Salas-Moreno, R. Paternina-Uribe, J. Marrugo-Negrete, and S. Díez, *Chemosphere*, vol. 264, Feb. 2021, doi: 10.1016/j.chemosphere.2020.128478.
- [2] G. M. Moulatlet *et al.*, *Chemosphere*, vol. 339, p. 139700, Oct. 2023, doi: 10.1016/j.chemosphere.2023.139700.
- [3] Y. Palacios-Torres, K. Caballero-Gallardo, and J. Olivero-Verbel, *Chemosphere*, vol. 193, pp. 421–430, Feb. 2018, doi: 10.1016/j.chemosphere.2017.10.160.

# CASA-OCP-13: Evaluación de la eficacia del capacho de uchuva para la remoción de tartrazina.

Santiago Carmona Ramírez<sup>a\*</sup>, Edgar Augusto Contreras Agudelo<sup>b</sup>, Cristian David Gallego Gallo<sup>c</sup>,  
Angelina Hormaza Anaguano<sup>d</sup>

a,b,c Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Minas, Medellín, Colombia, 050034.

d Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Medellín, Colombia, 050034.

Email: a sacarmona@unal.edu.co.

## Resumen

En la actualidad, la contaminación de aguas por colorantes sintéticos representa un desafío ambiental significativo. La tartrazina (TA), un colorante aniónico derivado del petróleo ampliamente utilizado en la industria alimentaria, está asociado con riesgos para la salud humana como asma, dermatitis, hiperactividad y posibles efectos cancerígenos [1]. En busca de soluciones sostenibles, este estudio evalúa la eficacia del capacho de uchuva (CU), un subproducto agrícola, como adsorbente para remover TA de soluciones acuosas.

**Metodología:** Se utilizó un diseño factorial 2<sup>3</sup> con punto central para analizar el efecto de tres factores: dosificación del adsorbente, tiempo de contacto y concentración inicial de TA. Dado que este colorante es aniónico, se trabajó a pH 2 para favorecer la protonación de los grupos funcionales del adsorbente [2]. Los experimentos se realizaron por triplicado con 50 mL de soluciones de TA a diferentes concentraciones, añadiendo el capacho de uchuva en las dosificaciones establecidas y manteniendo una agitación constante a 180 rpm durante el tiempo de contacto especificado. Tras el contacto, las muestras se filtraron y se midió la absorbancia a 425 nm mediante espectrofotometría UV-Vis. La concentración final de TA se determinó utilizando una curva de calibración con soluciones estándar ( $R^2 = 0.9995$ ).

**Resultados:** En la tabla 1 se presentan resultados de la remoción obtenida para el sistema TA-CU.

**Tabla 1.** Remoción del sistema TA-CU bajo diferentes condiciones experimentales

Experimento	Dosificación ( $\text{g m}^{-3}$ )	Tiempo de contacto (min)	Concentración inicial ( $\text{g m}^{-3}$ )	Concentración final ( $\text{g m}^{-3}$ )	Remoción (%)	Desviación estándar (%)
1	150	80	4.96	1.5851	68.06	1.54
2	150	240	4.96	1.0985	77.86	0.73
3	150	80	25.56	18.8136	26.38	1.38
4	150	240	25.56	17.3945	31.94	0.33
5	400	80	4.96	0.0106	99.79	1.15
6	400	240	4.96	0.2428	95.11	1.16
7	400	80	25.56	11.9142	53.38	0.35
8	400	240	25.56	11.0647	56.7	1.88
9	275	160	15.26	5.5156	63.85	0.66

La máxima remoción alcanzada fue de 99,79% bajo las condiciones de alta dosificación, bajo tiempo de contacto y baja concentración inicial, experimento 5. El análisis estadístico de los resultados reveló que la dosificación tuvo el efecto más significativo en la adsorción de TA, seguido por la concentración inicial. La prueba de rangos múltiples de Tukey al 95% de confianza y los resultados indican que existen diferencias estadísticamente significativas entre todos los experimentos evaluados.

Los resultados obtenidos representan un avance significativo en el campo del tratamiento de aguas residuales industriales, ofreciendo una solución prometedora para reducir los impactos negativos de los colorantes sintéticos en los ecosistemas acuáticos.

## Referencias

- [1] A.K. Sharma, B.P. Choudhary. *Journal of Critical Reviews*. (2020), vol. 7, no. 3, pp. 2437-2441.
- [2] A. Naphtali Odogu *et al.* *Arabian Journal of Chemistry*. (2020), vol. 13, no. 5, pp. 5241–5253.

# **CASA-OCV-14: Validación de los datos de emisiones de carbono para el Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid sede Poblado**

**Dora Luz Yepes Palacio**

a Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid, Medellín, Colombia, 055422, dlyepes@elpoli.edu.co

## **Resumen**

El clima global viene cambiando a causa de las acciones antrópicas, el aumento de las emisiones de carbono ha incrementado la temperatura global exacerbando este problema y alcanzando la dimensión de crisis climática con impactos a nivel global, mundial, nacional, regional y local. Este problema conllevó a la ejecución del proyecto “Validación de datos en el Programa Carbono Neutral Fase 1 Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid Sede Poblado - PCJIC” para contribuir al logro de los objetivos de desarrollo sostenible 13 de Naciones Unidas al 2030. El proyecto se orientó en validar el primer cálculo de la huella de carbono (HC) corporativa para la sede Poblado del PCJIC al año base 2018 [1]. Se utilizaron criterios de trazabilidad y metodologías recomendadas por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS) basadas en el Estándar corporativo de contabilidad y reporte de emisiones de carbono [2]. Tras llevar a cabo la validación de datos, los resultados evidenciaron diferencias entre la magnitud de las emisiones de carbono, las fuentes de emisión y los tipos de GEI producidos, insumos fundamentales para definir metas y elaborar los lineamientos de un plan de reducción de GEI institucional. Es este un tema que adquiere gran importancia en coherencia con la magnitud de la crisis climática y las metas nacionales y globales de carbono neutralidad.

El objetivo fundamental de la investigación fue contribuir a las estrategias de mitigación del cambio climático, mediante la validación de la línea base de la huella de carbono del PCJIC sede Poblado, en el marco del programa nacional de Carbono Neutralidad, para la toma de decisiones enfocadas en la mitigación reducción de emisiones. Partiendo de los datos obtenidos en una fase preliminar de estimación de la huella de carbono, se desarrollaron actividades de completitud de verificación de los datos de inventario de GEI y se definieron criterios de trazabilidad. A partir de los datos trazables, se planteó re-calcular la Huella de Carbono Organizacional y elaborar lineamientos o propuestas de acciones para la mitigación y adaptación. Se buscó que la herramienta de cálculo suministrada por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible - MADS, fuera alimentada con información confiable y validada con el objetivo de garantizar información certeza para la toma de decisiones enfocadas en la reducción de los Gases de Efecto Invernadero – GEI generados en la sede Poblado del PCJIC.

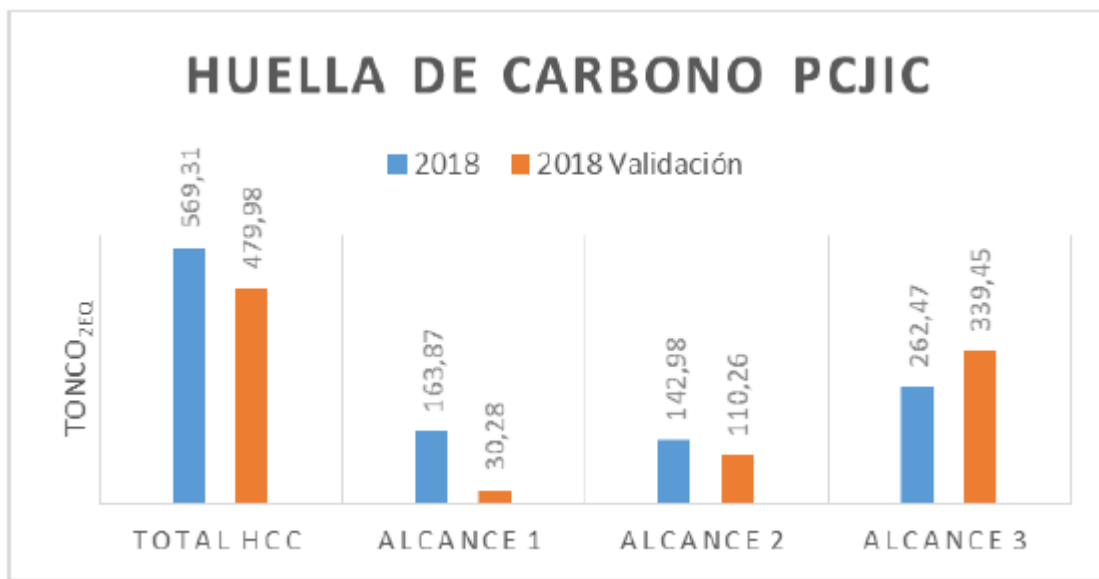
Los resultados del proceso de validación permitieron recalcular la HC al año base 2018 con un mayor nivel de confianza y seguridad, además, se facilitó la actualización del indicador al año 2022. Este trabajo requirió la

verificación de las fuentes de emisión directas e indirectas de los GEI. En la Tabla 1 se relacionan los resultados de los GEI generados en la primera estimación de la HC (ejercicio de aprendizaje) y los datos validados. Se evidencia que el gas metano (CH<sub>4</sub>) es el GEI que se genera en mayor proporción, proveniente de emisiones indirectas, seguidamente las emisiones de CO<sub>2</sub> las cuales provienen principalmente de fuentes móviles debido al desplazamiento de colaboradores.

En la figura 1 se ilustra comparativo de las estimaciones de la HC entre el primer cálculo de aprendizaje y con datos validados, observándose las emisiones directas propias (alcance 1), las derivadas de energía adquirida (alcance 2) y las emisiones indirectas no controladas por el PCJIC (alcance 3).

**Tabla 1.** Comparativo de la HC (TonCO<sub>2</sub>eq) Aprendizaje vs. Validación

GEI	Ejercicio de aprendizaje	Validación
CO <sub>2</sub>	176,53	165,27
CH <sub>4</sub>	224,93	290,46
HFCs	167,85	24,25
<b>HC Total</b>	<b>569,32</b>	<b>479,98</b>



**Figura 1.** Comparativo de la Huella de carbono PCJIC

Se logró validar los datos de cálculo de la primera estimación de la HC y la verificación de sus fuentes para la sede Poblado del PCJIC con un total de 479,98 tonCO<sub>2</sub>eq y diferencias en cuanto a las fuentes de emisión y tipos de GEI producidos. El proceso de validación permitió realizar el recalcu de la HC al año base 2018 con

un mayor nivel de completitud, confianza y seguridad, a partir de la aplicación de criterios de trazabilidad. Las emisiones en las cuales debe enfocarse el PCJIC para contribuir a las metas nacionales de reducción de GEI [3] para la elaboración de un plan de reducción son las emisiones indirectas derivadas de fuentes como, la disposición de residuos sólidos, las impresiones de papel y el desplazamiento de colaboradores.

## Referencias

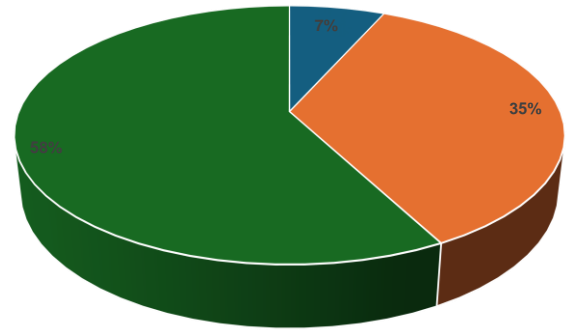
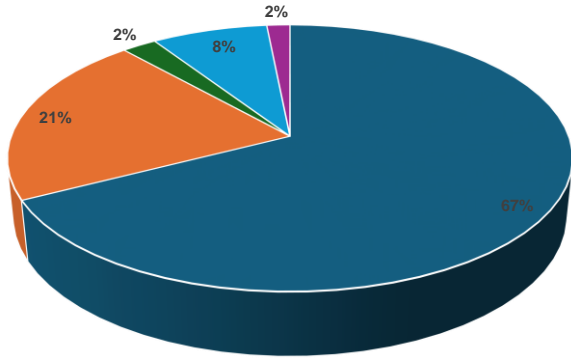
[1] Andrade, Y. J. (2022). Línea base de la huella de carbono en el Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid sede Poblado. Medellín.

[2] World Business Council for Sustainable Development, World Resources Institute, Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2001). Estandar Corporativo de Contabilidad y Reporte de las Emisiones de GEI.

[3] MADS. (2021). Programa Nacional de Carbono Neutralidad. Obtenido de <https://carbononeutral.minambiente.gov.co/#::~:~:text=El%207%20de%20abril%20de,el%20marco%20de%20la%20COP26>

# ESTADÍSTICAS DE LA CELEBRACIÓN DEL EVENTO

**225 Asistentes**

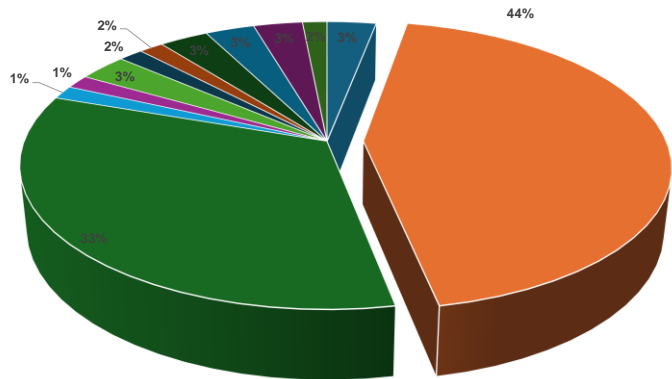


■ Tecnología 15   ■ Pregrado 80   ■ Posgrado 130

- Estudiantes
- Profesores
- Sector Productivo
- Institutos de Investigación
- Empresas

**12 Países**

- Argentina
- Colombia
- México
- Venezuela
- Suecia
- Chile
- Australia
- Estados Unidos
- Canadá
- Brasil
- España
- Bélgica



- Argentina
- Colombia
- México
- Venezuela
- Suecia
- Chile
- Australia
- Estados Unidos
- Canadá
- Brasil
- España
- Bélgica

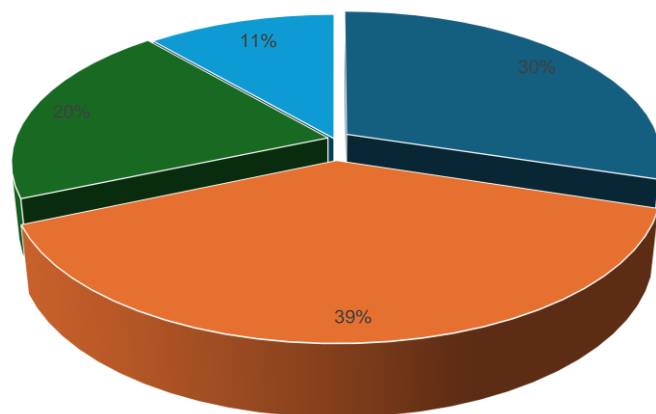
# 71 Universidades

Universidades	Asistentes
* Politécnico colombiano Jaime Isaza Cadavid	1
* Tecnológico de Antioquia	2
* Universidad de Antioquia	3
* Universidad Nacional de Colombia	4
* Instituto Tecnológico Metropolitano	5
* Institución Universitaria Colegio Mayor de Antioquia	6
* Universidad de Medellín	7
* Universidad de los Andes	8
* Universidad Distrital Francisco José de Caldas	9
• Universidad Industrial de Santander	10
* Pontificia Universidad Javeriana	11
• Universidad de Cartagena	12
* Universidad de la Amazonía	13
* Universidad pedagógica y tecnológica de Colombia	14
* Universidad del Cauca	15
* Universidad del Quindío	16
• Universidad de la Salle	17
• Universidad de la Sabana	18
* Universidad de Santander	19
* Universidad del Tolima	20
• Universidad La Gran Colombia	21
* Universidad Nacional Abierta y a Distancia	22
• Universidad Cooperativa de Colombia	23
* Universidad Tecnológica de Pereira	24
* Universidad del Valle	25
* Universidad Antonio Nariño	26
* Universidad de Nariño	27
* Universidad Alexander Von Humboldt	28
* Universidad nacional del Litoral	1
• Universidad Nacional de La Plata	1
* Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo	1
* Instituto tecnológico de Morelia	2
* Instituto tecnológico superior de Pátzcuaro	3
* Universidad Autónoma de Zacatecas "Francisco García Salinas"	4
• Universidad Autónoma Metropolitana	5

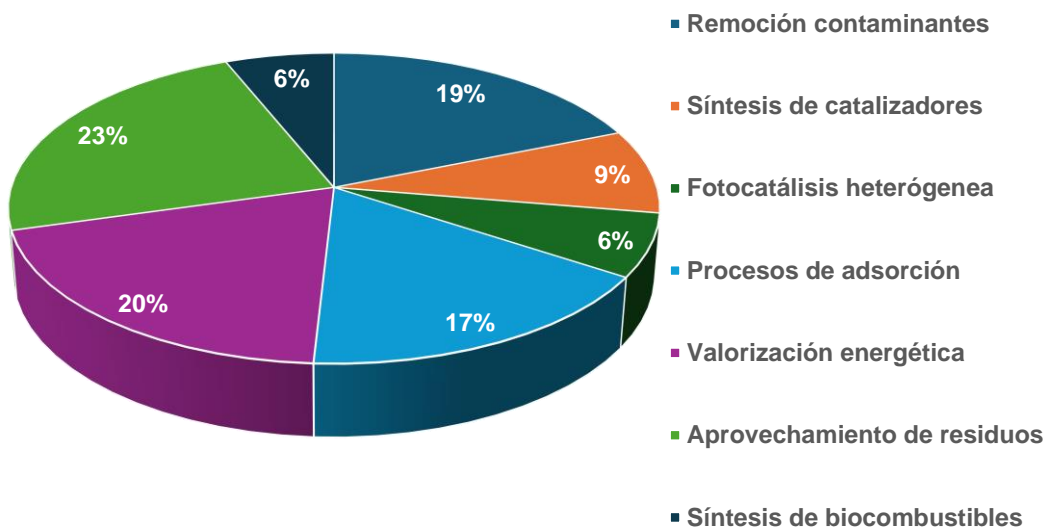
# 10 Centros de Investigación

Universidades	Asistentes
* Universidad Juárez autónoma de Tabasco	6
* Universidad politécnica del Centro	7
* Instituto Tecnológico de Aguascalientes	8
* Universidad Autónoma del estado de México	9
* Tecnológico de Estudios Superiores de Jocotitlán	10
* Instituto Tecnológico Superior de Monclova	14
* Universidad Veracruzana	15
* Tecnológico Nacional de México	16
* Universidad abierta y a Distancia de México	17
* Benemérita Universidad Autónoma de Puebla	18
* Universidad Autónoma de San Luis de Potosí	19
* Universidad de Guadalajara	20
* Universidad de Texas A&M	1
* Universidad del Bío-Bío	1
* Universidad de Concepción	1
* University of Alberta	1
* The University of British Columbia	1
* Universidad de São Paulo	1
* Centro Politécnico- Universidade Federal do Paraná	1
* Universidad de Oviedo	1
* Universidad Politécnica de Madrid	1
•Universidad Católica de Lovaina UCLouvain	1
* The University of Sydney	1
* Universidad Central del Venezuela	1
* KTH Real Instituto de Tecnología	1
* Instituto de investigaciones en Catálisis y Petroquímica (INCAPE)	2
* Instituto Mexicano del Petróleo	4
* CINEVESTAV del IPN unidad Mérida y unidad Saltillo, México	4
* Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, México	5
* Instituto de Catálisis y Petroquímica (ICP-CSiC), España	1
* Instituto Nacional de Brookhaven, Estados Unidos	1
* CIATEC- Centro de investigación en León Guanajuato, México	2
* Centro de Nanociencias y Nanotecnología, México	3
* ALD Vacuum Technologies GmbH, Alemania	2
* GYM group SA, Colombia	2

# LÍNEAS TEMÁTICAS



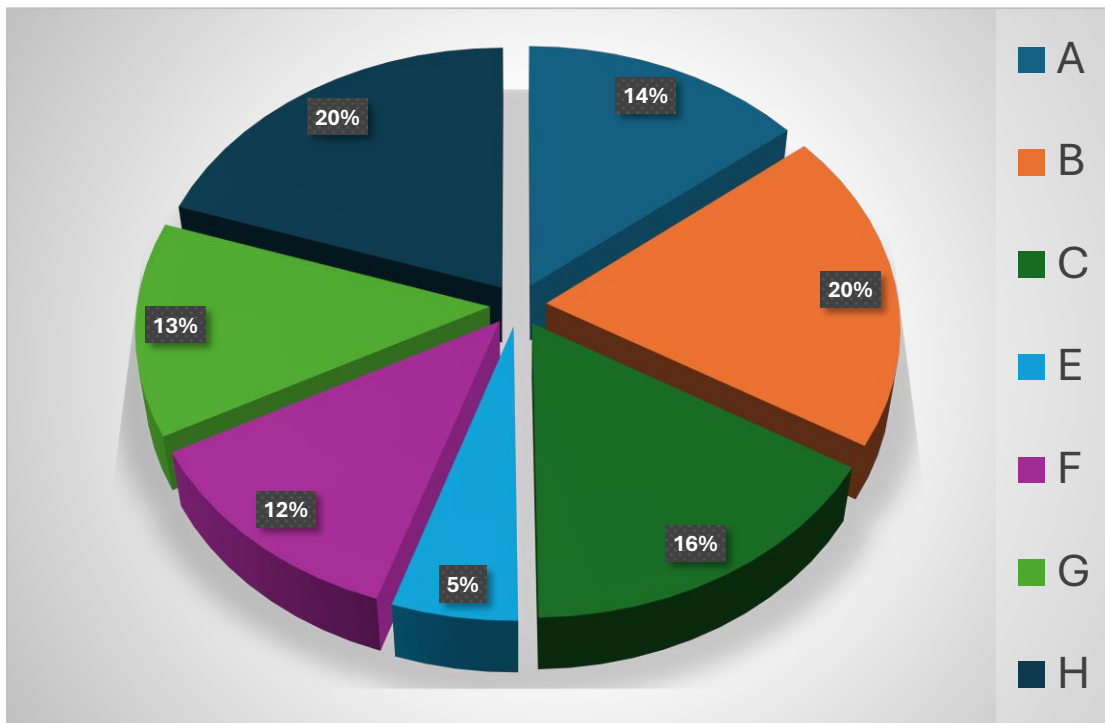
■ CATA ■ DESU ■ ENRE ■ CASA



## 7 Plenarias

<b>Dr. Antonio Capezza, Kungliga Tekniska Högskolan (KTH), Estocolmo, Suecia. “Protein blends enable the production of multipurpose and eco-friendly porous structures in disposable sanitary items”.</b>	<b>A</b>
<b>Dr. Marco Antonio Sánchez Castillo, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, San Luis Potosí, México. “Estrategias Sostenibles para el Reciclaje Químico de Residuos Plásticos Postindustriales”.</b>	<b>B</b>
<b>Dr. Salvador Ordóñez García, Universidad de Oviedo, Oviedo, España. “El aceite de pirólisis como fuente renovable de productos químicos”.</b>	<b>C</b>
<b>Dra. Gina Marcela Hincapié Triviño, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia. “Catálisis heterogénea como una estrategia para la solución de problemas ambientales”.</b>	<b>E</b>
<b>Dra. Yazmin Agamez Pertuz, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia. “Relación Estructura - Propiedades. Una Ruta hacia el Desarrollo Sostenible”.</b>	<b>F</b>
<b>Dr. Alfonso Enrique Ramírez Sanabria, Universidad del Cauca, Popayán, Colombia. “Oxidación de Tolueno: 2 Ejemplos “vividos”.</b>	<b>G</b>
<b>Dr. Víctor Gabriel Baldovino Medrano, Universidad Industrial de Santander, Santander, Colombia. “Diseño de materiales para combustión catalítica combinando principios químicos y análisis de operaciones unitarias: una ruta de trabajo hacia la producción de mejores fases y procesos catalíticos”.</b>	<b>H</b>

## 3 Plenaristas internacionales



## 4 Plenaristas nacionales

### CURSOS

135 Asistentes

Desarrollo Sostenible de Comunidades Rurales: una propuesta basada en tecnología, economía circular y emprendimiento social	A
Materiales Carbonosos – intensamente utilizados en el siglo XXI.	B
Electroquímica aplicada a la recuperación de residuos metálicos	C
Economía circular y minería urbana: Caso de los residuos de baterías.	D
Cálculos isoconversionales con Python como herramienta útil en la predicción y control de procesos térmicamente estimulados	E

