

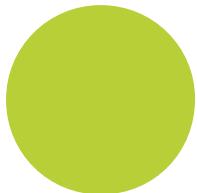
XXIX Congreso Iberoamericano de Catálisis Bilbao

23-27
Septiembre
2024

**LIBRO DE
COMUNICACIONES**



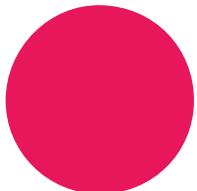
***Innovando para un
mundo cambiante,
tendente al logro de los
Objetivos de Desarrollo
Sostenible***



ISBN: 978-84-09-62998-5

Este libro de comunicaciones ha sido elaborado a partir de trabajos enviados directamente por los autores para el XXIX Congreso Iberoamericano de Catálisis.

Se realizaron pequeños cambios de edición, que no alteraron el contenido científico. Los autores son responsables del contenido científico de su trabajo, por lo que reservados todos los derechos, ninguna parte de este documento puede reproducirse de ninguna forma o en ningún medio sin el consentimiento por escrito de los autores.



ÍNDICE

COMITÉS.....	4
Comité Ejecutivo	4
Comité Científico Nacional.....	4
Comité Científico Internacional	5
Comité Organizador Local	6
PRESENTACIÓN.....	7
PROGRAMA CIENTÍFICO.....	11
ORGANIZACIÓN.....	12
Organizan.....	12
Apoyo Institucional	12
Patrocinadores.....	12
ÍNDICE GLOBAL.....	13
Conferencias Plenarias	13
Ponencias Invitadas.....	13
Comunicaciones Orales	14
Sesión Posteres	34

COMITÉS

Comité Ejecutivo:

- Presidente: Prof. Juan Ramón González Velasco, *Universidad del País Vasco (UPV/EHU)*.
- Vicepresidente: Prof. Miguel Ángel Gutiérrez Ortiz, *Universidad del País Vasco (UPV/EHU)*.
- Tesorero: Prof. Rubén López Fonseca, *Universidad del País Vasco (UPV/EHU)*.
- Secretaria: Prof. María Pilar González Marcos, *Universidad del País Vasco (UPV/EHU)*.
- Vocal, presidenta SECAT: Prof. María Ángeles Larrubia Vargas.
- Vocal, secretario SECAT: Prof. Javier Herguido Huerta.
- Vocal, Presidenta FISOCAT: Prof. Gina Pecchi Sánchez.

Comité Científico Nacional:

- Asier Aranzabal Maiztegui. *Universidad del País Vasco, UPV/EHU*.
- Luis José Alemany Arrebola. *Universidad de Málaga*.
- José María Arandes Esteban. *Universidad del País Vasco, UPV/EHU*.
- Jose Luis Ayastuy Arizti. *Universidad del País Vasco, UPV/EHU*.
- Miguel Ángel Bañares González. *Instituto de Catálisis y Petroleoquímica, CSIC*.
- Felipa M. Bautista Rubio. *Universidad de Córdoba*.
- Carolina Belver Coldeira. *Universidad Autónoma de Madrid*.
- Teresa Blasco Lanzuela. *Instituto de Tecnología Química, UPV-CSIC*.
- Juan Ángel Botas Echevarría. *Universidad Rey Juan Carlos*.
- Zouhair Boukha. *Universidad del País Vasco, UPV/EHU*.
- Agustín Bueno López. *Universidad de Alicante*.
- José Antonio Casas de Pedro. *Universidad Autónoma de Madrid*.
- Miguel Ángel Cauqui López. *Universidad de Cádiz*.
- Miguel Ángel Centeno Gallego. *Universidad de Sevilla*.
- Yolanda Cesteros. *Universidad de la Rovira i Virgili*.
- Vicente Cortés Corberán. *Instituto de Catálisis y Petroleoquímica, CSIC*.
- Unai De La Torre Larrañaga. *Universidad del País Vasco, UPV/EHU*.
- Beatriz De Rivas. *Universidad del País Vasco, UPV/EHU*.
- María Soledad Faraldos Izquierdo. *Instituto de Catálisis y Petroleoquímica, CSIC*.
- Joana Frontela Delgado. *Centro de Investigación, CEPSA*.
- Luis María Gandía Pascual. *Universidad Pública de Navarra*.
- Avelina García García. *Universidad de Alicante*.
- Andoni Gil Bravo. *Universidad Pública de Navarra*.
- José Antonio González Marcos. *Universidad del País Vasco, UPV/EHU*.
- Antonio Guerrero Ruiz. *UNED de Madrid*.
- José Ignacio Gutiérrez Ortiz. *Universidad del País Vasco, UPV/EHU*.
- Javier Herguido Huerta. *Universidad de Zaragoza*.
- Narcís Homs Martí. *Universidad de Barcelona*.
- Antonia Infantes Molina. *Universidad de Málaga*.
- Unai Iriarte Velasco. *Universidad del País Vasco, UPV/EHU*.

- María Ángeles Larrubia. *Universidad de Málaga*.
- María Jesús Lázaro Elorri. *Instituto de Carboquímica, CSIC*.
- Jesús Lázaro Muñoz. *Centro de Investigación, CEPSA*.
- José Manuel López Nieto. *Instituto de Tecnología Química, UPV-CSIC*.
- Antonio de Lucas Consuegra. *Universidad Castilla La Mancha*.
- Alberto Marinas Aramendia. *Universidad de Córdoba*.
- Rosa María Martín Aranda. *Universidad Nacional de Educación a Distancia*.
- Agustín Martínez Feliu. *Instituto de Tecnología Química, CSIC de Valencia*.
- Carlos Márquez Álvarez. *Instituto de Catálisis y Petroleoquímica, CSIC*.
- Juan Antonio Melero Hernández. *Universidad Rey Juan Carlos*.
- Miguel Menéndez Sastre. *Universidad de Zaragoza*.
- Antonio Monzón Bescós. *Universidad de Zaragoza*.
- Salvador Ordóñez García. *Universidad de Oviedo*.
- Antonio Eduardo Palomares Gimeno. *Instituto de Tecnología Química, UPV-CSIC*.
- Beñat Pereda Ayo. *Universidad del País Vasco, UPV/EHU*.
- Patricia Pizarro de Oro. *Universidad Rey Juan Carlos*.
- Pilar Ramírez de la Piscina Millán. *Universitat de Barcelona*.
- Tomás Ramírez Reina. *Universidad de Sevilla*.
- Inmaculada Rodríguez Ramos. *Instituto de Catálisis y Petroleoquímica, CSIC*
- María Carmen Román Martínez. *Universidad de Alicante*.
- Paula Sánchez Paredes. *Universidad de Castilla la Mancha*.
- Oihane Sanz Iturrealde. *Universidad del País Vasco, UPV/EHU*.
- Enrique Sastre de Andrés. *Instituto de Catálisis y Petroleoquímica, CSIC*.
- David Serrano Granados. *Instituto IMDEA Energía*.
- Susana Valencia Valencia. *Instituto de Tecnología Química, UPV-CSIC*.

Comité Científico Internacional:

- Norma E. Amadeo (Argentina).
- Carlos Apesteguía (Argentina).
- Mónica L. Casella (Argentina).
- Miguel Á. Laborde (Argentina).
- M. Karim Sapag (Argentina).
- Dilson Cardoso (Brasil).
- Sibele B. Castellã Pergher (Brasil).
- Katia Bernardo Gusmão (Brasil).
- Hugo de Lasa (Canadá).
- Cristián Campos (Chile).
- Francisco Gracia (Chile).
- Gina Pecchi (Chile).
- Víctor Baldovino (Colombia).
- Alfonso E. Ramírez Sanabria (Colombia).
- Rafael López Cordero (Cuba).
- Víctor Mario Villalba Aguad (Cuba).
- José María Arandes Esteban (España).
- Pedro Ávila García (España).
- Avelino Corma Canós (España).

- M. Pilar González Marcos (España).
- Antonio Sepúlveda Escribano (España).
- Julia Aguilar Pliego (Méjico).
- J. Noé Díaz de León Hernández (Méjico).
- José Antonio de los Reyes Heredia (Méjico).
- Dora Solís Casados (Méjico).
- Gino I. Picasso Escobar (Perú).
- M. Rosario Sun Kou (Perú).
- Helder Teixeira Gomes (Portugal).
- M. Filipa Gomes Ribeiro (Portugal).
- Mário José Ferreira Calvete (Portugal).
- Ana Cantera (Uruguay).
- Jorge Castiglioni (Uruguay).
- Yenner Betancourt (Venezuela).
- Susana Pinto Castilla (Venezuela).

Comité Organizador Local:

- Asier Aranzabal Maiztegi.
- José Luis Ayastuy Arizti.
- Alejandro Bermejo López.
- Zouhair Boukha.
- Andoni Choya Atencia.
- Unai De La Torre Larrañaga.
- Beatriz De Rivas Martín.
- Daniel Gallego García.
- Amaya Gil Barbarín.
- Elena Gómez Bravo.
- José Antonio González Marcos.
- María Pilar González Marcos.
- Juan Ramón González Velasco.
- José Ignacio Gutiérrez Ortiz.
- Miguel Ángel Gutiérrez Ortiz.
- Unai Iriarte Velasco.
- Rubén López Fonseca.
- Jon Ander Onrubia Calvo.
- Beñat Pereda Ayo.
- Alberto Reynoso Estévez.
- Ekaitz Ungo Ruiz.
- Norberto Vera Hincapié.

PRESENTACIÓN

El Congreso Iberoamericano de Catálisis (CICAT) es un congreso de carácter internacional de alto nivel y bien consolidado, que llega a su vigésima novena edición. El congreso se organiza cada dos años, de forma rotativa entre los diferentes países que constituyen la Federación Iberoamericana de Sociedades de Catálisis (FISOCAT).

La FISOCAT se constituyó en 1999, año en que se aprobaron sus Estatutos y se eligieron sus primeras autoridades, con la participación de las Sociedades de Catálisis o las Divisiones de Catálisis de las Sociedades de Química de 11 países iberoamericanos (Argentina, Brasil, Chile, Colombia, Cuba, España, México, Perú, Portugal, Uruguay y Venezuela). Estas sociedades, a su vez, están constituidas por los investigadores y las investigadoras que trabajan tanto en la industria, como en las universidades y los centros de investigación, en esta rama de la Química, Ingeniería Química, Ciencia de Materiales, y otras interdisciplinares afines.

Los CICATs constituyen el marco idóneo para que los integrantes de las diferentes sociedades iberoamericanas, junto con investigadores e investigadoras procedentes de todo el mundo, puedan reunirse e intercambiar información sobre el avance de la catálisis y temas afines, promoviendo el progreso científico y técnico, tanto desde el punto de vista del conocimiento básico como en su aplicación práctica. Se pretende que el congreso sea una fuente de nuevos conocimientos en el campo, y que actúe como punto de unión entre los diversos grupos de investigación internacionales, fomentando la colaboración entre ellos. Los investigadores y las investigadoras en formación, además, pueden establecer contactos, reforzar su aprendizaje y prepararse para su futura actividad profesional.

El Comité Científico está formado por investigadores e investigadoras senior, procedentes de centros de investigación, universidades y empresas del más alto nivel en el área de catálisis. Consta de alrededor de 50 personas procedentes de todos los grupos de investigación nacionales que trabajan en esta área, junto con alrededor de 30 personas de procedencia internacional, no limitada exclusivamente al área iberoamericana. La labor de este comité ha sido evaluar las diferentes contribuciones enviadas, por pares, clasificarlas, y escoger las de mayor repercusión, innovación e importancia, con el fin de elaborar un programa lo más atractivo posible, desde el punto de vista científico, para los asistentes. Nuestro agradecimiento a todos los componentes de este Comité de garantía científico-técnica.

El Programa Científico se ha planteado en torno a 4 Ejes Temáticos: 1) Aspectos fundamentales de la catálisis; 2) Catálisis para mejorar el medio ambiente y la calidad de vida; 3) Catálisis para afrontar desafíos industriales y sociales; y 4) Campos específicos de aplicación de la catálisis. Se han planificado 6 Conferencias Plenarias, para las que se ha invitado a investigadores e investigadoras senior de reconocido prestigio internacional, sobre temas de la mayor relevancia actual en el área de la investigación en catálisis, una de las cuales corresponde al Premio Senior FISOCAT 2024; 8 Keynotes, sobre temas de especial calidad e interés en catálisis, una de las cuales corresponde al Premio Joven FISOCAT 2024; 200 Ponencias Orales, en cuatro sesiones paralelas, y otras 250 comunicaciones en forma de cartel.

Desde la elección de la sede para CICAT2024 en Bilbao, Palacio de Congresos EUSKALDUNA, hemos venido trabajando con ilusión para ofrecer a los participantes un congreso científicamente eficiente, con el lema "Catálisis: Innovando para el cambio", además de un programa social atractivo mostrando la cultura y gastronomía de la ciudad de Bilbao, su ría, la costa vizcaína y la vinicultura de La Rioja.

Como evento satélite del congreso y previo al mismo, se ofrece la Escuela Iberomaricana de Catálisis "Innovando para un mundo mejor a través de la Catálisis", dentro de los cursos de verano de la Universidad del País Vasco UPV/EHU, en su sede en la ciudad de Bilbao, el edificio Bizkaia Aretoa.

Queremos terminar este mensaje agradeciendo las aportaciones recibidas por las distintas entidades y empresas, que han contribuido en buena medida al patrocinio de esta edición del XXIX Congreso Iberoamericano de Catálisis CICAT2024. Muchas gracias también a todos los participantes, verdaderos protagonistas de un evento de estas características.

Ongi etorri CICAT2024ra eta ondo pasatu, Bilbon, Euskal Herrian!



Juan Ramón González Velasco, Presidente
(en representación)
Miguel Ángel Gutiérrez Ortiz, Vicepresidente
María Pilar González Marcos, Secretaria
Rubén López Fonseca, Tesorero

APRESENTAÇÃO

O Congresso Ibero-Americano de Catálise (CICAT) é um congresso internacional de alto nível e bem consolidado, atualmente na sua 29^a edição. O congresso é organizado de dois em dois anos, de forma rotativa entre os diferentes países que compõem a Federação Ibero-Americana de Sociedades de Catálise (FISOCAT).

A FISOCAT foi constituída em 1999, ano em que foram aprovados os seus Estatutos e eleitas as suas primeiras direções, com a participação das Sociedades de Catálise ou das Divisões de Catálise das Sociedades de Química de 11 países ibero-americanos (Argentina, Brasil, Chile, Colômbia, Cuba, Espanha, México, Peru, Portugal, Uruguai e Venezuela). Estas sociedades, por sua vez, são constituídas por investigadores que trabalham na indústria, universidades e centros de investigação neste ramo da Química, Engenharia Química, Ciência dos Materiais e outros domínios interdisciplinares relacionados.

Os CICAT são o quadro ideal para que os membros das diferentes sociedades ibero-americanas, juntamente com investigadores de todo o mundo, se encontrem e troquem informações sobre os progressos da catálise e assuntos relacionados, promovendo o progresso científico e técnico, tanto do ponto de vista dos conhecimentos básicos como da sua aplicação prática. O congresso pretende ser uma fonte de novos conhecimentos na área e atuar como elo de ligação entre os vários grupos de investigação internacionais, incentivando a colaboração entre eles. Os investigadores em formação podem também estabelecer contactos, reforçar a sua aprendizagem e preparar-se para a sua futura atividade profissional.

O Comité Científico é constituído por investigadores seniores dos principais centros de investigação, universidades e empresas no domínio da catálise. É composto por cerca de 50 pessoas de todos os grupos de investigação nacionais que trabalham nesta área, juntamente com cerca de 30 pessoas de origem internacional, não se limitando exclusivamente ao espaço ibero-americano. A tarefa deste comité foi avaliar as diferentes contribuições enviadas, por pares, classificá-las e escolher as de maior impacto, inovação e importância, de modo a elaborar um programa o mais atrativo possível, do ponto de vista científico, para os participantes. Gostaríamos de agradecer a todos os membros do Comité Científico e Técnico Consultivo.

O Programa Científico foi planeado em torno de 4 Eixos Temáticos: 1) Aspetos fundamentais da catálise; 2) Catálise para melhorar o ambiente e a qualidade de vida; 3) Catálise para enfrentar os desafios industriais e sociais; e 4) Domínios específicos de aplicação da catálise. Estão previstas 6 Conferências Plenárias, para as quais foram convidados investigadores seniores de renome internacional, sobre temas da maior relevância atual na área da investigação em catálise, um dos quais corresponde ao Prémio Sénior FISOCAT 2024; 8 Keynotes, sobre temas de especial qualidade e interesse em catálise, um dos quais corresponde ao Prémio Jovem FISOCAT 2024; 200 Apresentações Orais, em quatro sessões paralelas, e mais 250 comunicações sob a forma de posters.

Desde a escolha do local do CICAT2024 em Bilbau, o Palácio de Congressos EUSKALDUNA, temos trabalhado com entusiasmo para oferecer aos participantes um congresso cientificamente eficiente, com o lema "Catálise: Inovar para mudar", bem como um programa social atrativo que mostre a cultura e a gastronomia da cidade de Bilbau, o seu estuário, a costa da Biscaia e a região vinícola de La Rioja.

Como evento satélite do congresso e prévio a ele, a Escola Ibero-americana de Catálise "Inovar para um mundo melhor através da catálise" é oferecida como parte dos cursos de verão da Universidade do País Basco UPV/EHU, em sua sede na cidade de Bilbau, o edifício Bizkaia Aretoa.

Gostaríamos de terminar esta mensagem agradecendo as contribuições recebidas das diferentes entidades e empresas, que contribuíram em grande parte para o patrocínio desta edição do XXIX Congresso Ibero-americano de Catálise CICAT2024. Muito obrigado também a todos os participantes, os verdadeiros protagonistas de um evento com estas características.

Ongi etorri CICAT2024ra eta ondo pasatu, Bilbon, Euskal Herrian!



Juan Ramón González Velasco, Presidente
(em representação)

Miguel Ángel Gutiérrez Ortiz, Vice-Presidente
María Pilar González Marcos, Secretária

Rubén López Fonseca, Tesoureiro

PROGRAMA CIENTÍFICO

El programa científico del XXIX Congreso Iberoamericano de Catálisis se ha estructurado tal como se muestra en el esquema, con 4 sesiones orales paralelas.

Domingo 22 de septiembre		Lunes 23 de septiembre				Martes 24 de septiembre				Miércoles 25 de septiembre				Jueves 26 de septiembre				Viernes 27 de septiembre			
Hora		S1-OB	S2-0D	S3-0A	S4-0C	S1-OB	S2-0D	S3-0A	S4-0C	S1-OB	S2-0D	S3-0A	S4-0C	S1-OB	S2-0D	S3-0A	S4-0C	S1-OB	S2-0D	S3-0A	S4-0C
9:00																					
9:20																					
9:40																					
10:00																					
10:20																					
10:40																					
11:00																					
11:20																					
11:30																					
11:50																					
12:10																					
12:30																					
12:50																					
13:10																					
13:30																					
		Comida				Comida				Actividades Sociales (Excursiones)				Comida				Clausura			
15:00																					
15:20																					
15:40																					
16:00	Recogida de documentación																				
16:20																					
16:40																					
16:50																					
17:10																					
17:30																					
17:50																					
18:10																					
18:30																					
19:00																					
	Cóctel de Bienvenida	Pósteres 1				Pósteres 1				Asamblea General FISOCAT				Cena de Gala y fiesta de los jóvenes científicos							

ORGANIZACIÓN

Organizan



Apoyo Institucional



Patrocinadores



ÍNDICE GLOBAL

CONFERENCIAS PLENARIAS **50**

PL1	DISEÑO DE CATALIZADORES SÓLIDOS PARA UNA QUÍMICA SOSTENIBLE Avelino Corma Canós, Instituto de Tecnología Química UPV-CSIC, Valencia, España.....	51
PL2	ALMACENAMIENTO DE HIDRÓGENO Y TRANSFORMACIÓN A COMBUSTIBLES SINTÉTICOS MEDIANTE LA REUTILIZACIÓN DE DIÓXIDO DE CARBONO Fabiana Gennari, CONICET y CNEA-Instituto Balseiro, Universidad de Cuyo, Argentina	52
PL3	NUEVOS RETOS CATALÍTICOS: UN CAMINO PARA ALCANZAR LOS ODS José Antonio Odriozola Gordon, Universidad de Sevilla, España.....	56
PL4	¿HAY SITIOS ACTIVOS DENTRO DE LOS CARBONES NANOPOROSOS? EJEMPLOS EN REACCIONES FOTOCATALÍTICAS Juan Matos Lale, Instituto Iberoamericano de Desarrollo Sustentable, Universidad Autónoma de Chile, Santiago, Chile.	60
PL5	MEJORANDO LA ELECTROCATÁLISIS IMPULSADA POR ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA AGUAS RESIDUALES MEDIANTE COMBINACIÓN DE LA HIDROGENACIÓN UTILIZANDO HIDRÓGENO VERDE Y LA PRODUCCIÓN DE PRODUCTOS DE ALTO VALOR AÑADIDO Carlos Martínez Huittle, Universidad Federal de Rio Grande do Norte, Natal, Brasil.....	64
PL6	MATERIALES COMPOSITES A BASE DE ÓXIDOS MIXTOS PARA REACCIONES CATALÍTICAS Y PARA REMOCIÓN DE CONTAMINANTES Sónia Carabineiro, Universidade NOVA de Lisboa, Portugal	68

PONENCIAS INVITADAS **70**

KN1	HIDROGENACIÓN DE CO _x SOBRE Ni Y Co: MECANISMO DE REACCIÓN, REQUERIMIENTOS ESTRUCTURALES Y EFECTO DEL SOPORTE Romel Mario Jiménez Concepción, Universidad de Concepción-CARBOCAT, Chile.	71
KN2	UNA VISIÓN INDUSTRIAL: 25 AÑOS PREPARÁNDONOS PARA LA DESCARBONIZACIÓN DE PROCESOS Álvaro Amieiro Fonseca, Johnson Matthey, Reading, Reino Unido.....	73
KN3	CONVERSIÓN DE BIOMASA Y VALORIZACIÓN DE RESIDUOS MEDIANTE CATÁLISIS PARA MEJORAR EL MEDIO AMBIENTE Aída Luz Villa Holguín, Universidad de Antioquia, Colombia	74
KN4	EXPLORING THE IMPACT OF CARBONACEOUS MATERIALS ON METAL-DERIVED COMPOSITES IN ELECTRO- AND PHOTO-CATALYSIS Mirtha A.O. Lourenço, Universidade de Aveiro, Portugal.	76
KN5	UTILIZACIÓN DE IMPRESIÓN 3D EN APLICACIONES CATALÍTICAS Agustín Bueno López, Universidad de Alicante, España.....	78
KN6	CONVERSÃO DE BIOMASSA E RESIDUOS NO CONTEXTO DE UMA REFINARIA VERDE E ELECTRIFICADA João Monnerat Araújo Ribeiro de Almeida, Universidad Federal de Rio de Janeiro (UFRJ), Brasil.	81
KN7	PROCESOS CATALÍTICOS PARA LA UTILIZACIÓN DE LOS ACEITES DE PIRÓLISIS COMO FUENTE DE CARBONO SOSTENIBLE: UN NUEVO PARADIGMA DE LA CIRCULARIDAD Salvador Ordoñez García, Universidad de Oviedo, España.	83
KN8	CATALIZADORES PARA LA PRODUCCIÓN DE DIÉSEL VERDE Aida Gutiérrez Alejandre, Universidad Nacional Autónoma de México, México.....	85

COMUNICACIONES ORALES

86

SESIÓN 1: Captura y utilización de CO₂

87

- 01** SORBENTES BASADOS EN CaO Y ZrO₂ PARA LA CAPTURA DE CO₂ A ALTA TEMPERATURA: EFECTO DE LA COMPOSICIÓN Y MÉTODO DE SÍNTESIS
 Diana Peltzer, Guillermina Pagliaroli, Laura Cornaglia, John Múnera, Instituto de Investigaciones en Catálisis y Petroquímica, Argentina.88
- 02** TRANSITION METAL CARBIDES OF V, Nb AND Ta FOR CO₂ CAPTURE AND ACTIVATION
 Hector Prats, Arturo Pajares, Francesc Viñes, Pilar Ramírez De La Piscina, Ramon Sayós, Francesc Illas, Narcís Homs, Universitat de Barcelona, España.93
- 03** SYNERGISTIC EFFECTS IN Cu-MOF-74@SBA-15 HYBRID MATERIALS FOR CO₂ ADSORPTION AND VALORIZATION
 Elena García-Rojas, Jesús Tapiador, Pedro Leo, Carmen Martos, Gisela Orcajo, Universidad Rey Juan Carlos, España.99

SESIÓN 2: Fotocatálisis

105

- 04** EL IMPACTO DE LA CANTIDAD DE COBRE EN LA EFICIENCIA FOTOCATALÍTICA DE LOS TITANATOS NANOTUBULARES PARA LA PRODUCCIÓN DE HIDRÓGENO
 Melissa Méndez-Galván, Hugo A. Lara-García, Karen Valencia G, Agileo Hernández Gordillo, Sandra E. Rodil, Gabriela Díaz, UNAM, México.106
- 05** REDUCCIÓN FOTOCATALÍTICA DE CO₂ EN UN REACTOR DE FLUJO USANDO CATALIZADORES Cu-P25
 J. Chávez-Caiza, J. Fernández-Catalá, M. Navlani-García, Á. Berenguer-Murcia, D. Cazorla-Amorós, Universidad de Alicante, España.111
- 06** PREPARACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE FOTOCATALIZADORES A BASE DE CuO Y TiO₂
 Uriel Chacón-Argáez, Felipe Campos-Marrufo, Guillermo Ruiz-González, Luis Cedeño-Caero, Facultad de Química. Universidad Nacional Autónoma de México, México.116
- 07** IN SITU IR STUDY OF DIFFERENT Nb-CARBIDES-BASED/TiO₂ PHOTOCATALYSTS FOR H₂ PRODUCTION
 Adrià Sánchez, Margarita Bania, Matthijs Koning, Jarosław Serafin, Guillermo Escolano-Casado, Lorenzo Mino, Pilar Ramírez De La Piscina, Narcís Homs, Universidad de Barcelona-IREC, España.122

SESIÓN 3: Diseño y caracterización de catalizadores

133

- 09** OBTENCIÓN EFICIENTE DE MATERIALES COMPUESTOS g-C₃N₄/METAL-SBA-15 MEDIANTE INCORPORACIÓN DE DIFERENTES METALES EN EL SOPORTE
 María Laura Martínez, Miriam Parreño-Romero, Oscar Anunziata, Marcelo E. Domíne, NANOTEC-FRC-UTN, Argentina.134
- 010** EFECTO DE LAS VARIABLES PREPARATIVAS EN CATALIZADORES DE VO_x SOPORTADOS SOBRE MONOLITOS DE ARCILLA
 Carolina De Los Santos, Hilario Vidal, José Manuel Gatica, Jorge Castiglioni, Facultad de Química, Universidad de la República, Uruguay.140

O11	CATALIZADORES DE MOLIBDENO PARA LA OXIDACIÓN PARCIAL DE METANOL: ROL DE LOS SITIOS ACTIVOS Y MODELO CINÉTICO	Bastián Fuentes, Gabriel Galdames, Alejandro Karelovic, Universidad de Concepción - CARBOCAT, Chile.....146
O12	SYNTHESIS AND CHARACTERIZATION OF Al_2O_3 -MgO SUPPORT MODIFIED WITH DIFFERENT METALIC OXIDES, FOR POTENTIAL APPLICATION AS CATALYSTS IN SELECTIVE DESULFURIZATION PROCESSES	Morales-Vázquez David Germán, Solis-Casados Dora Alicia, Rodríguez-Nava C.E., Escobar-Alarcón L., Universidad Autónoma del Estado de México, México.152
O13	EFFECTO DE LA ACIDEZ DE ZEOLITAS EN LA REACCIÓN METANOL A OLEFINAS	Simón Yunes, Thao Gastaldo, Urim Pearl Kim, Jeffre Kenvin, Antonio Gil, Micromeritics Instrument Corporation, Estados Unidos.157

SESIÓN 4: Purificación de aguas contaminadas.....163

O14	CAPACIDAD BIOCIDA DE FILTROS CATALÍTICOS CERÁMICOS Y CORRELACIÓN DE SU CAPACIDAD OXIDATIVA	P. Llanos, A. Vázquez-Calvo, A. Serrano-Lotina A. Gómez-López, M. García-Castey , A. Alcamí, M.A. Bañares, CSIC-ICP, España.164
O15	DESARROLLO DE REACTORES CATALÍTICOS DE MEMBRANA PARA LA DESCONTAMINACIÓN DE AGUAS MEDIANTE HIDRODECLORACIÓN CATALÍTICA	Raúl B. Del Olmo, María Torres, Julia Nieto-Sandoval, Macarena Muñoz, Zahara M. de Pedro, José A. Casas, Universidad Autonoma de Madrid, España.168
O16	CATALIZADORES BIFUNCIONALES BASADOS EN ESFERAS DE MANGANEZO RECUBIERTAS CON CARBONO APLICADOS EN EL PROCESO ELECTRO-FENTON PARA LA DEGRADACIÓN DE TETRACICLINA	Edgar Fajardo-Puerto, Abdelhakim Elmouwahidi, María Pérez-Cadenas, Juan Amaro-Gahete, Esther Bailón-García, Agustín F. Pérez-Cadenas, Francisco Carrasco-Marín, Universidad de Granada, España.173
O17	ADVANCEMENTS IN FENTON CHEMISTRY: ENHANCING POLLUTANT DEGRADATION THROUGH THE DIHIDROXYBENZENES LIGANDS	David Contreras, Universidad de Concepción, Chile.179
O18	HIGHLY POROUS PHOTOPOLYMER-DERIVED CARBONS AND THEIR APPLICATION IN THE ADSORPTION AND CATALYTIC WET PEROXIDE OXIDATION (CWPO) OF PHENOLIC WASTEWATERS	N. Corrochano, M.I. Pariente, Y. Segura, R. Molina, F. Martínez, J.L. Diaz De Tuesta, Universidad Rey Juan Carlos, España.182

SESIÓN 5: Captura y utilización de CO_2188

O19	EFFECTO DE LA ADICIÓN DE Co SOBRE LA ESTABILIDAD DE CATALIZADORES DE Ni SOPORTADOS SOBRE UNA ARCILLA DELAMINADA PARA EL REFORMADO DE BIOGÁS	Natalia Liberato-López, Carlos Daza, Universidad Nacional de Colombia, Colombia.....189
O20	INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE Ca Y Ru EN EL MECANISMO DE REACCIÓN Y EN EL RENDIMIENTO CATALÍTICO DE Ni/ SiO_2	Francisco Villagra-Soza, Sebastián Briones, María A. Paviotti, Carlos A. López-Vargas, Laura Cornaglia, Betina Faroldi, Romel Jiménez, Instituto de Investigaciones en Catálisis y Petroquímica, INCAPe, Universidad Nacional del Litoral, CONICET, Facultad de Ingeniería Química, Santa Fe, Argentina.195
O21	MATERIALES DE DOBLE FUNCIÓN SOPORTADOS EN ALÚMINA PARA LA CAPTURA DE CO_2 DE GASES DE CHIMENEA O DE LA ATMÓSFERA Y SU CONVERSIÓN A METANO	Enrique García-Bordejé, Jorge Moral, Antonio Guerrero-Ruiz, Inmaculada Rodríguez-Ramos, Instituto de Carboquímica (CSIC), Chile.201

SESIÓN 6: Captura y utilización de CO₂ 207

- 022** DOPAJE CON Ru PARA LA MEJORA DE LA ACTIVIDAD Y ESTABILIDAD EN LA CAPTURA Y METANACIÓN DE CO₂ DE MATERIALES DE DOBLE FUNCIÓN DERIVADOS DE PRECURSORES PEROVSKÍTICOS
 Jon A. Onrubia-Calvo, Beñat Pereda-Ayo, José A. González-Marcos, Juan R. González-Velasco,
 Universidad del País Vasco UPV/EHU, España 208
- 023** HACIA LA VALORIZACIÓN DEL CO₂ A TRAVÉS DE SU CAPTURA MEDIANTE MONOLITOS HONEYCOMB DE CARBÓN DE ALTA DENSIDAD OBTENIDOS POR SIMPLE EXTRUSIÓN
 María Del Pilar Yeste, Mohammadi Ahrouch, Daniel Goma, Rosa María García, Hilario Vidal, José
 Manuel Gatica, Universidad de Cádiz, España 214
- 024** SÍNTESIS CONTROLADA DE CeO₂ CON DISTINTAS MORFOLOGÍAS COMO SOPORTE EN CATALIZADORES DE NÍQUEL PARA METANACIÓN DE CO₂
 Adriana Blanco-Leal, Maibelin Rosales, Francisco Gracia, Universidad de Chile, Chile 219

SESIÓN 7: Refino y petroquímica 225

- 025** COMPORTAMIENTO CATALÍTICO DE LA ZEOLITA ITQ-13 EN PROCESOS DE ETILACIÓN DE BENCENO Y TOLUENO
 M. Teresa Portilla, Avelino Corma, Cristina Martínez, Susana Valencia, Francisco J. Llopis, Universidad
 de Valencia, España 226
- 026** BIMETALLIC Ni/Zn PILLARED-LAYERED MOFS APPLIED AS CATALYTIC PRECURSORS ON THE OLIGOMERIZATION OF ETHYLENE
 Tatiana Zanette, Yuri Miguel Variani, Bruna Pes Nicola, Silvia Gutierrez-Tarriño, Giovanni Agostini,
 Pascual Oña-Burgos, Christian Withee Lopes, Katia Bernardo-Gusmão, Universidade Federal do Rio
 Grande do Sul, Brasil 232
- 027** DESPOLIMERIZACIÓN DE LIGNINA MEDIANTE PIRÓLISIS CATALÍTICA: EFECTO DEL SOPORTE EN LA SELECTIVIDAD HACIA MONOAROMÁTICOS
 José R. Colina, Maray Ortega, Cristina Segura, Luis E. Arteaga-Pérez, Facultad de Medicina y Ciencia,
 Universidad San Sebastián, Chile 237

SESIÓN 8: Refino y petroquímica 243

- 028** SÍNTESIS Y EVALUACIÓN DE LA REACTIVIDAD DE CATALIZADORES DE HIERRO SOPORTADOS EN SUSTRATOS ARCILLO-CARBONOSOS PARA REACCIONES DE HIDRODESULFURACIÓN
 Susana Pinto-Castilla, Lisseta D'onofrio, Paulino Betancourt, Joaquín L. Brito, Instituto Venezolano de
 Investigaciones Científicas, IVIC, Venezuela 244
- 029** EVALUACIÓN CATALÍTICA DE SISTEMAS Pd-Pt/Al₂O₃-TiO₂ EN LA HIDRODESULFURACIÓN DEL 4,6-DIMETILDIBENZOTIOFENO E HIDROGENACIÓN DE BIFENILO: EFECTO DE INHIBICIÓN
 Sara Núñez-Correa, Hugo Pérez-Pastenes, José Antonio Colin Luna, José Antonio de los Reyes, José
 Escobar Aguilar, Universidad Veracruzana, México 250
- 030** ANÁLISIS DE LA CONTRIBUCIÓN DE LA ACIDEZ DE BRØNSTED A LA ACTIVIDAD GLOBAL EN LA HDS DE 4,6-DMDBT DE CATALIZADORES CoMo/Al₂O₃ PREPARADOS POR IMPREGNACIÓN SIMULTÁNEA
 Perla Castillo-Villalón, Rogelio Cuevas García, Aída Gutiérrez-Alejandre, Jorge Ramírez Solis, Juan
 Delgado Narváez, Alejandro Segura García, Diego Mangino Fernández del Valle, UNICAT, UNAM,
 México 256

SESIÓN 9: Diseño y caracterización de catalizadores 260

- 031** APROVECHAMIENTO DE CARBONES OXIDADOS COMO CATALIZADOR LIBRE DE METALES EN LA OBTENCIÓN DE ANILINAS SUBSTITUIDAS
 Edgar Stiven Duran Uribe, Enrique Vicente Ramos Fernández, Antonio Sepúlveda Escribano, Universidad de Alicante, España. 261
- 032** INUSUAL COMPORTAMIENTO DEL MOF UIO-66 MODIFICADO POR SULFATOS EN LA DESHIDRATACIÓN DE BUTANOL
 J.M. Conesa, M.V. Morales, D.G. Trabada, L.A. Lozano, A. Guerrero-Ruiz, J.M. Zamaro, I. Rodríguez-Ramos, ICP-CSIC, España. 266
- 033** FORMIC ACID-TO-HYDROGEN ON Pd/Ac CATALYSTS: EFFECT OF THE PRECURSOR
 Celia Martín y cols., Universidad Autónoma de Madrid, España. 272
- 034** SÍNTESIS Y CARACTERIZACIÓN DE CATALIZADORES A BASE DE WO_3
 Lisbeth Mendoza, María G. Herrera, Francisco Tovar, Jason Ojeda, Raquel del Toro, Susana Pinto-Castilla, Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas (IVIC), Venezuela. 277
- 035** ESTRATEGIA PARA LA FORMACIÓN DE LAMINILLAS CURVAS DE WS_2 y NiWS PARA LA HIDRODESULFURACIÓN DEL 3-METILTIOFENO
 E.D.A. Gutiérrez-López, D. Domínguez, Y. Esqueda-Barrón, L. Morales, S. Fuentes-Moyado, J.N. Díaz De León, UNAM, México. 283

SESIÓN 10: Diseño y caracterización de catalizadores 289

- 036** Ni/LaAlO₃ PEROVSKITE CATALYSTS OBTAINED FROM ALUMINUM SALINE SLAGS USING VARIOUS SYNTHESIS STRATEGIES FOR THE DRY REFORMING OF METHANE
 Helir Joseph Muñoz, Sophia A. Korili, Antonio Gil, Universidad Pública de Navarra, España. 290
- 037** SÍNTESIS DE CATALIZADORES Ni/Al₂O₃ POR DEPOSICIÓN DE LÁSER PULSADO PARA LA HIDROGENACIÓN DE DIÓXIDO DE CARBONO
 Sergio Andrés Rincón-Ortiza, Julieth Tatiana García-Sánchez, Carlos Eduardo Ostos-Ortiz, Víctor Baldovino-Medrano, Rogelio Ospina-Ospina, Universidad Industrial de Santander, Colombia. 296
- 038** MOF TIPO UIO-66 DOPADO CON NiO-CeO₂ COMO CATALIZADOR DE METANACIÓN DE CO₂: ESTUDIO DE ESTABILIDAD Y EVOLUCIÓN ESTRUCTURAL
 A. Davó-Quiñonero, I. Martínez-López, J. Berenguer-López, I. Martín-García, E. Guillén-Bas, D. Lozano-Castelló, A. Bueno-López, Universidad de Alicante, España. 302

SESIÓN 11: Descontaminación de aguas 308

- 039** WET PEROXIDE OXIDATION OF PARACETAMOL USING STRUCTURED 3D PRINTED CARBON CATALYSTS PREPARED FROM A TAILORED PHOTORESIN
 Adriano S. Silva, Adriano Henrique, Fernanda F. Roman, Daria Ormalinov, Hendryk Steldinger, Jan Gläsel, Bastian J. M. Etzold, Jose A. C. Silva, Helder T. Gomes, Jose L. Diaz de Tuesta, Universidad Rey Juan Carlos, España. 309
- 040** BATCH AND CONTINUOUS FLOW ELIMINATION OF BPA WITH ONE-POT SYNTHETIZED LACCASE@NH₂-MIL-53(Al)
 M. Asunción Molina, Rosa M. Blanco, Manuel Sánchez-Sánchez, Alexander Meneses-Jácome, UCL, Reino Unido. 315

041	PHOTOCATALYTIC ACTIVITY OF HYDROTALCITES/C ₃ N ₄ HETEROJUNCTIONS FOR THE DEGRADATION OF METHYLPARABEN	
	Tingwei Sun, Maximiliano González, German Benedictto, Elena Basaldella, Conchi Ania, CEMHTI (UPR 3079) CNRS, Francia	320
042	ELIMINACIÓN DE CONTAMINANTES CLORADOS DEL AGUA MEDIANTE TÉCNICAS DE HIDROGENACIÓN CATALÍTICA	
	A. Plá-Hernández, A. Eduardo Palomares, Instituto de Tecnología Química (UPV-CSIC), España.	324
043	DEVELOPMENT OF HOMOGENEOUS PHOTOASSISTED PROCESSES FOR NITRATE REMOVAL	
	Hahn, V.A., García-Costa, A.L., Casas, J.A., Universidad Autónoma de Madrid, España.	329

SESIÓN 12: Descontaminación de aguas y aire 335

044	DUAL-EFFECT PHOTO-THERMO CATALYTIC NANOSTRUCTURES FOR WATER REMEDIATION AND HYDROGEN GENERATION	
	Maibelin Rosales y cols., BCMaterials, Basque Center for Materials, Applications and Nanostructures, España..	336
045	SHAPE-DEPENDENT ACTIVITY OF Pd/CeO ₂ NANORODS, NANOCUBES, AND NANO-OCTAHEDRONS ON LEAN METHANE OXIDATION	
	Martim C. Policano, Leon Lefferts, Jimmy A. F. Albanese, University of Twente, Países Bajos.....	342

SESIÓN 13: Captura y utilización de CO₂ 346

047	CNF-SUPPORTED CeO ₂ CATALYSTS FOR CO ₂ METHANATION	
	Christian Di Stasi, Jaime López-De Los Ríos, Alejandro Ayala-Cortés, Daniel Torres, José Luis Pinilla, Isabel Suelves, Instituto de Carboquímica - CSIC, España.....	347
048	EFFECTO DE LA ESTRUCTURACIÓN DE CATALIZADORES Ni-Ce-Mg/CARBÓN DERIVADO DE CELULOSA (CDC) PARA LA METANACIÓN DE CO ₂	
	F. Cazaña, P. Tarifa, E. Romeo, M.A. Centeno, L.M. Martínez, M.I. Domínguez, S. Ivanova, A. Monzón, INMA-Universidad de Zaragoza, España.....	352
049	BIOGÁS UPGRADING VÍA METANACIÓN DE CO ₂ EN REACTOR DE LECHO FIJO CON CATALIZADOR DE NI Y ALIMENTACIÓN DISTRIBUIDA: ANÁLISIS PARAMÉTRICO	
	P. Aragüés-Aldea, P. Durán, V. D. Mercader, E. Francés, J. Á. Peña, J. Herguido, Instituto de Investigación en Ingeniería de Aragón (I3A), Universidad de Zaragoza, España.	358

SESIÓN 14: Captura y utilización de CO₂ 366

050	TIME-RESOLVED OPERANDO MECHANISTIC STUDIES ON NICKEL-CERIA SEPIOLITE-BASED CATALYSTS FOR THE CO ₂ METHANATION REACTION	
	Raul B. Machado-Silva, Nikolay Kosinov, Emiel Hensen, Antonio Chica, Instituto de Tecnología Química - CSIC, España.	367
051	OPTIMIZATION OF THE PREPARATION CONDITIONS OF HAP-GRAFTED Ni(acac)2: IMPACT ON THE CATALYTIC PERFORMANCE IN THE CO ₂ METHANATION	
	Nassima Berroug y cols., Universidad del País Vasco UPV/EHU, España.....	373
052	ESTUDOS IN SITU DE CATALISADORES NiCeO ₂ NA METANAÇÃO DE CO ₂	
	Matheus Silva De Assis, Luiz Gustavo Possato, Valérie Briois, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Brasil.	379

SESIÓN 15: Diseño y relación estructura-actividad.....384

- 053** INSIGHTS INTO THE REACTIVITY OF Ni-La CATALYSTS FOR CO₂ METHANATION
 Luca Consentino, Miriam González-Castaño, Luis F. Bobadilla, Michelangelo Gruttaduria, Leonarda Francesca Liotta, José Antonio Odriozola, ISMN and University of Palermo, Italia.385
- 054** HIGHLY EFFICIENT LOW METAL CONTENT Ni/CeO₂ CATALYSTS PREPARED BY MAGNETRON SPUTTERING DEPOSITION FOR ETHANOL STEAM REFORMING REACTION
 Letícia F. Sosa, Marco Aurélio Suller Garcia, Adriano Friedrich Feil, Dario Eberhardt, Santiago José Alejandro Figueroa, João Monnerat Araújo Ribeiro De Almeida, Pedro Nothaft Romanoe, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brasil.390
- 055** MULTIFUNCTIONAL NICKEL METAL-ORGANIC FRAMEWORK: H₂/CO₂ ADSORBENT AND HETEROGENEOUS CATALYST FOR CO₂ VALORIZACIÓN
 Jesús Tapiador, Elena García-Rojas, Helena Montes-Ándres, Pedro Leo, Carmen Martos, Gisela Orcajo, Universidad Rey Juan Carlos, España.396

SESIÓN 16: Diseño y relación estructura-actividad.....402

- 056** NOVEL Ni-Cu-Mg-Al-Y OXIDE CATALYST FOR BIOETHANOL UPGRADING TO HIGHER ALCOHOLS
 K.V. Valihura, O.V. Larina, A.L. Villanueva Perales, J.F. Vidal Barrero, S.O. Soloviev, L.V. Pisarzhevskii Institute of Physical Chemistry of the National Academy of Sciences of Ukraine, Ucrania.403
- 057** OPTIMIZACIÓN DE RECUBRIMIENTOS DE NÍQUEL NO ELECTROLÍTICO COMO CATALIZADORES PARA REACCIONES DE HIDRODECLORACIÓN CATALÍTICA
 Nelson Gomes, Susana Pinto-Castilla, Joaquín L. Brito, Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas, Venezuela.409
- 058** DIMERIZACIÓN DE ACETILENO SOBRE NANOPARTÍCULAS DE COBRE SOPORTADAS EN GRAFITO
 Eduardo Campos Castellanos, María Virtudes Morales Vargas, Inmaculada Rodríguez Ramos, Antonio Guerrero Ruiz, UNED, España.415
- 059** SOBRE EL ROL DEL NH₃ ADSORBIDO PARA LA RCS-NO_x EN Cu/SSZ-13 Y Cu/SSZ-39
 G. I. Hernández-Salgado, A. Romero-Limones, G. A. Fuentes, UAM-Iztapalapa, México.421
- 060** FROM ACTIVE SITES TO THE REACTION MECHANISM: HOW ZrO₂ BREAKS THE STRUCTURE SENSITIVITY OF CO₂ HYDROGENATION OVER Cu NANOPARTICLES
 Tomás Vergara, Davel Gómez, Lucas Warmuth, Patricia Concepción, Romel Jiménez, Alejandro Karelovic, Karlsruhe Institut Für Technologie, Alemania.427

SESIÓN 17: Fotocatálisis.....433

- 061** PHOTOCATALYTIC AIR FILTERS BASED ON ZnO-CeO₂ NANOCOMPOSITES WITH ANTIMICROBIAL PROPERTIES
 G. Sánchez-Domínguez, G. Luna-López, A. Vázquez-Calvo, M. García-Castey, C. Jarne, A. Martínez-Arias, B. Bachiller-Baeza, F. Fresno, A. Alcamí, A. Iglesias-Juez, Instituto de Catálisis y Petroleoquímica, CSIC, España.434
- 062** PHOTOCATALYTIC OXIDATION OF GLYCEROL USING x/TiO₂ (x= Cu, Ag, AND Cu-Ag) UNDER LOW-WATTAGE VISIBLE IRRADIATION
 Laura C. Paredes-Quevedo, Gina Hincapié-Triviño, Mauricio Velasquez, Universidad Nacional de Colombia, Colombia.439

- 063** IMPROVED PHOTOACTIVITY OF TiO_2 PHASES BY DOPING WITH NON-METALLIC HETEROATOMS FROM DOPED-CARBON SUPPORTS. THE SYNERGETIC EFFECTS BETWEEN PHASES ON THE ETHYLENE REMOVAL
 Lorena T. Pérez-Poyatos, Luisa M. Pastrana-Martínez, Sergio Morales-Torres, Francisco J. Maldonado-Hódar, Universidad de Granada, España.....445

SESIÓN 18: Fotocatálisis.....449

- 064** CATALIZADORES DE Au SOPORTADOS EN NANOESTRUCTURAS DE TiO_2 PARA VALORIZACIÓN DE DERIVADOS DE BIOMASA VÍA FOTO-OXIDACIÓN SELECTIVA
 Henry Martínez Quiñonez, Cecilia C. Torres, Cristian H. Campos, Universidad de Concepción, Colombia.450
- 065** DESCOMPOSICIÓN FOTOCATALÍTICA DEL AGUA MEDIANTE PELÍCULAS FINAS DE TiO_2 OBTENIDAS POR IMPRESIÓN POR INYECCIÓN DE TINTA
 J. Chávez Caiza, M. Navlani García, A. Bhardwaj, L. Belova, C. M. Lousada, J. Fernández Catalá, Á. Berenguer Murcia, D. Cazorla Amorós, Universidad de Alicante, España.455
- 066** PHOTOOXIDATION OF ETHYLENE BY TiO_2 -BEA COMPOSITES: EFFECTS OF OPERATIONAL CONDITIONS AND Ag INTRODUCTION
 Ricardo Ferreira, Auguste Fernandes, Sérgio Morales-Torres, Luísa Pastrana-Martínez, Francisco Maldonado-Hódar, João P. Lourenço, João M. Silva, Isabel M. João, M. Filipa Ribeiro, Instituto Superior Técnico, Lisboa, Portugal.....460
- 067** FOTORREDUCCIÓN DE CO_2 UTILIZANDO MATERIALES DE TiO_2 DOPADO CON COBALTO PARA LA OBTENCIÓN DE METANO Y ETANO
 Israel Rangel-Vázquez, E. Ramos-Ramírez, G. Del Angel, L. Huerta, F. González, D. Nolasco, C. Martínez Gómez, Ariadna Morales-Pérez, Próspero Acevedo-Peña, Universidad de Guanajuato, México.466
- 068** SÍNTESIS DE PUNTOS CUÁNTICOS DE CARBONO ASISTIDO POR MICROONDAS PARA LA DEGRADACIÓN DE COLORANTES
 Laura Medina, Daniel Llamosa, Jahziel Amaya, Universidad Antonio Nariño, Colombia.....471

SESIÓN 19: Descontaminación de aire.....477

- 069** EFECTO DE LA IMPREGNACIÓN DE Pt A MATERIALES DE $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-TiO}_2$ PARA LA COMBUSTIÓN CATALÍTICA DE BENCENO
 Claudia M. Gómez, Gloria Del Ángel, Beatriz Ruíz, E. Ramos Ramírez, Alejandro Pérez Larios, Universidad de Guanajuato, México.....478
- 070** EFECTO DEL COBRE Y DEL MANGANESO COMO FASES ACTIVAS EN CATALIZADORES DE CERIA Y CERIA-PRASEODIMIA PARA LA COMBUSTIÓN DE CARBONILLA EN EL ESCAPE DE VEHÍCULOS GDI
 Amalia García Cuenca, Imene Mekki, Avelina García García, Universidad de Alicante, España.....484
- 071** MIXED OXIDES CATALYSTS FOR CATALYTIC TREATMENT OF WOOD COMBUSTION EMISSIONS
 Caroline Paris, Charf Eddine Bounoukta, Eric Genty, Christophe Poupin, Stéphane Siffert, Renaud Cousin, ULCO, Francia.....490

SESIÓN 20: Descontaminación y valorización de residuos 496

- 072** APLICAÇÃO DO ARGILOMINERAL PALIGORSQUITA NA DESSULFURAÇÃO DO DIESEL - UMA AVALIAÇÃO CINÉTICA E TERMODINÂMICA
 Anne Beatriz Filgueira Câmara, Mariana Raquel Lima Silva, Aisha Victória Silva Pereira, Leila María Aguilera Campos, Enrique Rodríguez-Castellón, Luciene Santos De Carvalho, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Brasil. 497
- 073** CATALIZADORES ESTRUCTURADOS BIMETÁLICOS DE PtAg DEPOSITADOS EN MONOLITOS DE CORDIERITA PARA LA REDUCCION DE NO
 Naomi González-Hernández, José Luis Contreras-Larios, José Salmones, Beatriz Zeifert, Gustavo A. Fuentes-Zurita, María Eugenia Hernández-Terán, Ricardo López-Medina, Arturo Pallares-García, Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco, México. 501
- 074** REDUÇÃO DO NO PELO CO UTILIZANDO CATALISADORES Cu-SAPO-34 e Cu-ZSM-5 PREPARADOS PELO MÉTODO DE REAÇÃO EM ESTADO SÓLIDO
 Geovani Aristeu Lima Silva, Fatima María Zanon Zotin, Zilacleide Da Silva Barros Sousa, Cristiane Assumpção Henriques, Universidade do Estado do Rio De Janeiro, Brasil..... 507
- 075** VALORIZATION OF HUMINS BY SELECTIVE CATALYTIC OXIDATION USING POLYOXOMETALATE CATALYSTS
 Tobias Esser, Andre Wassenberg, Maximilian J. Poller, Dorothea Voß, Jakob Albert, Universitaet Hamburg, Alemania..... 512
- 076** FOTOACETALIZACIÓN DE GLICEROL CON ACETONA SOBRE SISTEMAS WO₃-TiO₂
 A. Ariza-Pérez, J. Martín-Gómez, F.J. López-Tenllado, M.C. Herrera-Beurnio, J. Hidalgo-Carrillo, A. Marinas, F.J. Urbano, Universidad de Córdoba, España..... 517

SESIÓN 21: Captura y utilización de CO₂ 522

- 077** ENHANCEMENT OF METHANE PRODUCTION OVER LOW Ru CONTENT CATALYSTS: MgO PROMOTION
 L. Santa-Taborda, S. Cisneros, L. Martínez Quintana, A. Ahmed, H. Abed, N. Rockstroh, S. Bartling, H. Atia, A. Brückner, A.B. Dongil, J. Rabieah, M. Romero-Sáez, Instituto Tecnológico Metropolitano, Colombia. 523
- 078** CATALIZADORES PARA LA TECNOLOGÍA CO₂-SR. ESTUDIO DE LA MOVILIDAD DEL OXÍGENO EN SISTEMAS NO SOPORTADOS CON BASE NÍQUEL
 S. Essounani-Mérida, S. Molina-Ramírez, M. Cortés-Reyes, C. Herrera, M.A. Larrubia, L.J. Alemany, Universidad de Málaga, España. 529

SESIÓN 22: Captura y utilización de CO₂ 535

- 079** ÓXIDOS DE ALTA ENTROPÍA BASADOS EN CeO₂ PREPARADOS POR DIFERENTES MÉTODOS: NUEVOS Y PROMETEDORES CATALIZADORES PARA LA HIDROGENACIÓN DE CO₂
 Marta Lafuente, María Cortazar, Andrea Navarro-Puyuelo, Ismael Pellejero, Inés Reyero, Fernando Bimbela, Luis M. Gandía, Universidad de Zaragoza, España..... 536
- 080** TUNING NANO-SIZED ZEOLITE ACIDITY FOR ENHANCED CO₂ TO HYDROCARBON PROCESS
 Onintze Parra, Ander Portillo, Andrés T. Aguayo, Javier Ereña, Ainara Ateka, Universidad del País Vasco UPV/EHU, España. 541

- 081** INFLUENCE OF THE NATURE OF ACTIVE PHASES SUPPORTED OVER PRASEODYMIA TOWARDS CHEMICAL LOOPING SYNGAS PRODUCTION
 Lucía Herráez Santos, María Murcia Caracena, Daniel Sanchiz Marhuenda, María Pilar Yeste Sigüenza, Avelina García García, Universidad de Alicante, España 546

SESIÓN 23: Reactores y procesos 552

- 082** COMPOSITOS DE CARBURO (FOSFURO)-SULFURO DE NiMo PARA EL HIDROPROCESAMIENTO DE ÁCIDOS OLEICO Y ESTEÁRICO
 Esneyder Puello Polo, Franklin J. Méndez, Roiner Rey Chimá Zarco, Universidad del Atlántico, Colombia 553
- 083** Co-Mg-Al LAYERED DOUBLE HYDROXIDES AS CATALYST PRECURSORS FOR GREEN DIESEL PRODUCTION. EFFECT OF THERMAL TREATMENT ON HYDRODEOXYGENATION OF STEARIC ACID
 Jesús A. Aguirre y Aida Gutiérrez-Alejandre, Universidad Nacional Autónoma de México, México 559

SESIÓN 24: Reactores y procesos 564

- 084** MODELOS BIDIMENSIONALES PARA LA SIMULACIÓN DE UN REACTOR DE LECHO FIJO PARA LA HIDROGENACIÓN DE CO₂ A CH₄
 Elena Gómez-Bravo, José Antonio González-Marcos, Juan Ramón González-Velasco, Beñat Pereda-Ayo, Universidad del País Vasco UPV/EHU, España 565
- 085** UNRAVELLING VACUUM GAS OIL (VGO) CATALYTIC CRACKING IN A CREC FLUIDIZED RISER SIMULATOR
 Hugo De Lasa, University of Western Ontario, Canadá 571
- 086** UN REACTOR MEJORADO CON ADSORCIÓN OPERANDO EN ESTADO ESTACIONARIO: APLICACIÓN A LA PRODUCCIÓN DE E-METANOL
 Raúl Ciércoles, Javier Lasobras, Jaime Soler, Javier Herguido, Miguel Menéndez, Universidad de Zaragoza, España 576

SESIÓN 25: Fotocatálisis 581

- 087** SYNTHESIS OF ZnO NANORODS WITH SPECIFIC MORPHOLOGIES: THE IMPORTANCE OF TUNNING SYNTHESIS CONDITIONS TO CREATE ADVANCED NOVEL MATERIALS FOR ENVIRONMENTAL REMEDIATION
 Carlos Sotelo-Vázquez, Clara Sánchez-Pérez, Javier Marugán, Universidad Rey Juan Carlos, España 582
- 088** USO DE CO₂ SUPERCRÍTICO EN LA OXIDACIÓN SELECTIVA DE (R)-LIMONENO CON COMPLEJOS DE DIOXO-Mo/TiO₂, O₂, Y LUZ UV-VIS
 Henry Martínez, Estefany Pájaro, Edgar Páez-Mozo, Fernando Martínez O., Universidad Industrial de Santander, Colombia 588

SESIÓN 26: Fotocatálisis 593

- 089** PRODUCCIÓN DE H₂ UTILIZANDO NANOCOMPOSITOS DE MnCo₂S₄/B-g-C₃N₄ COMO FOTOCATALIZADORES
 Yilmair Rodríguez-Santillana, Uriel Caudillo-Floresa, Anna Kubackab, Marcos Fernández-García, Centro de Nanociencias y Nanotecnología, CNYN-UNAM, México.....594
- 090** ONE-STEP CuO-TIO₂ HYBRID NANOSTRUCTURES SYNTHESIS: ENHANCED SOLAR PHOTOCATALYTIC ACTIVITY FOR DYE REMOVAL
 Vanessa N. Lima; Carine E. M. Lagrange; Arlete Apolinário; Giovanna Machado, Centro de Tecnologias Estratégicas do Nordeste - CETENE, Brasil.....600
- 091** EFFICIENT CO₂ PHOTOREDUCTION SYSTEMS BASED ON MICRO-OPTOFLUIDIC REACTORS AND METAL-ORGANIC-AEROGELS
 Iván Merino-García, Maite Perfecto-Irigaray, Sonia Pérez-Yáñez, Garikoitz Beobide, Jonathan Albo, Universidad de Cantabria, España.....605

SESIÓN 27: Conversión de biomasa y valorización de residuos 608

- 092** ESTUDIO DE LA GENERACIÓN DE p-CIMENO A PARTIR DE LA PIRÓLISIS CATALÍTICA EX SITU DEL CAUCHO NATURAL CON CATALIZADORES BIFUNCIONALES ÁCIDO-METÁLICOS
 Jorge Poblete, Romel Jiménez, Luis E. Arteaga-Pérez, Universidad de Concepción, Chile.....609
- 093** EFECTO PROMOTOR DEL NÍQUEL EN CATALIZADORES DE RENIO PARA LA VALORIZACIÓN DE MOLÉCULA MODELO DE BIO-OIL
 N. Mora, J. Seguel, J. N. Díaz De León, E. Blanco, N. Escalona, Pontificia Universidad Católica de Chile, Chile.615

SESIÓN 28: Conversión de biomasa y valorización de residuos 621

- 094** ESTABILIDAD DEL CATALIZADOR Ni/MgAl₂O₄ EN EL REFORMADO COMBINADO CON H₂O Y CO₂ DE BIO-OIL
 Aingeru Remiro, Leire Landa, José Valecillos, Sergio Iglesias-Vázquez, Javier Bilbao, Ana G. Gayubo, UPV/EHU, España.622
- 095** DERIVADOS FURÁNICOS DE LA BIOMASA COMO LOHCS: DESHIDROGENACIÓN CATALÍTICA DE TETRAHIDROFURANO
 Isabel Prieto y cols., Universidad de Oviedo, España.628
- 096** VALORIZACIÓN DE LIGNINA MEDIANTE PIRÓLISIS CATALÍTICA EMPLEANDO ZEOLITAS ZSM-5 DE POROSIDAD JERARQUIZADA MODIFICADAS MEDIANTE INTERCAMBIO IÓNICO
 María Inés Ávila, Laura Briones, Gema Gómez-Pozuelo, José María Escola, David Pedro Serrano, Ángel Peral, Juan Ángel Botas, Universidad Rey Juan Carlos, España.634

SESIÓN 29: Captura y utilización de CO₂ 639

- 097** IRON-BASED CATALYSTS SUPPORTED ON TITANIA FOR CO₂ HYDROGENATION TO LIQUID FUELS IN THE GASOLINE-RANGE
 Anna D. F. F. Monsores, Camila P. Ferraz, João M. A. R. De Almeida, Eduardo F. Sousa-Aguiar, Pedro N. Romano, UFRJ, Brasil.....640
- 098** HIDROGENAÇÃO DIRETA DE CO₂ A HIDROCARBONETOS SOBRE CATALISADORES METÁLICOS SUPORTADOS EM CeO₂
 Hugo C. Reis, Aryane A. Marciak, Odivaldo C. Alves, Claudio J. A. Mota, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brasil.....646
- 099** ASPECTOS MECANÍSTICOS Y REQUERIMIENTOS CINÉTICOS EN LA SÍNTESIS DE METANOL SOBRE CATALIZADORES In₂O₃ E In₂O₃/ZrO₂
 Francisco Villagra-Soza, Ignacio Tapia, Samuel Pavez, Alejandro Karelovic, Romel Jiménez, Universidad de Concepción, Chile.650

SESIÓN 30: Captura y utilización de CO₂ 656

- 0100** TRANSFORMATION OF CO₂ TO METHANOL: EXPLORING THE SYNERGISTIC EFFECTS OF ACIDIC-BASIC SITES IN CATALYSTS DERIVED FROM Cu-Zn-Al LAYERED DOUBLE HYDROXIDE
 Marcela L. Espinoza-Almeraya, Aída Gutiérrez-Alejandro, Rogelio Cuevas-García, Jorge Ramírez, Universidad Nacional Autónoma de México, México.657
- 0101** ESPINELAS SUBESTEQUIOMÉTRICAS MIXTAS DE Ni-Co COMO PRECURSORES CATALÍTICOS PARA EL REFORMADO SECO DE METANO
 Andoni Choya, Beatriz De Rivas, José Ignacio Gutiérrez-Ortiz, Rubén López-Fonseca, Universidad del País Vasco UPV/EHU, España.662
- 0102** FIRST EXPLORATION ON THE CO₂ TRANSFER HYDROGENATION WITH ISOPROPANOL: EFFECT OF THE NICKEL LOADING ON THE CATALYTIC PERFORMANCE OF Ni/ZrO₂ CATALYSTS
 Julieth García-Sánchez, Heidy Rodríguez, Daniela Velasco, Luz Marina Ballesteros-Rueda, Alejandro Karelovic, Víctor Baldovino-Medrano, Universidad Industrial de Santander, Colombia.668

SESIÓN 31: Diseño y relación estructura-actividad 674

- 0103** EFECTO DE CARGA DE Zn Y Ga EN SITIOS DE Cu DURANTE LA HIDROGENACIÓN DE CO₂: RELACIÓN SITIO ACTIVO - MECANISMO DE REACCIÓN
 David Gómez, Maray Ortega, Tomás Vergara, Patricia Concepción, Romel Jiménez, Alejandro Karelovic, Instituto de Tecnología Química, UPV-CSIC, España.675
- 0104** CATALIZADORES INVERSOS BASADOS EN CeO₂/ CuO_x /Cu PARA LA REACCIÓN CO-PROX: EFECTO DE LA CARGA Y DE LA MORFOLOGÍA DE CeO₂
 K. Gómez-Villegas, J. Martínez-Fuentes, I. Martínez-López, E. Guillén-Bas, A. Davó-Quiñonero, D. Lozano-Castellón, A. Bueno-López, Universidad de Alicante, España.....681
- 0105** ÓXIDOS METÁLICOS MIXTOS A BASE DE COBALTO PARA LA PRODUCCIÓN SELECTIVA DE 1,5-PENTANODIOL
 Asier Barredo, Iñaki Gandarias, Nerea Viar, Jesús M. Requies, Universidad del País Vasco UPV/EHU, España.686

SESIÓN 32: Diseño y relación estructura-actividad..... 692

- O106** EFFECT OF CALCINATION TEMPERATURE ON SUPPORTED CuCo_2O_4 CATALYSTS FOR GLYCEROL OXIDATION
 Laura Camila Paredes Quevedo, Catherine Batiot-Dupeyrat, Mauricio Velasquez, Universidad Nacional de Colombia, Colombia. 693
- O107** EFECTO DEL Cu EN EL CATALIZADOR DE Au SOPORTADO EN Al_2O_3 EN LA OXIDACIÓN DE CO
 Karla López, Alvaro Sampieri, Rodolfo Zanella, Gamaliel Che-Galicia, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, México. 699
- O108** OXIDACIÓN TOTAL DE PROPANO: EFECTO DE LA REDUCIBILIDAD DEL SOPORTE EN LA FORMACIÓN DE SITIOS ACTIVOS EN CATALIZADORES DE $\text{Au-Co}_3\text{O}_4/\text{TiO}_2$ Y $\text{Au-Co}_3\text{O}_4/\text{Al}_2\text{O}_3$
 Alexis Hellmer, Rubén Mendoza-Cruz, Rodolfo Zanella, ICAT-UNAM, México. 706

SESIÓN 33: Fotocatálisis..... 712

- O109** FOTODEGRADAÇÃO DO CORANTE ÍNDIGO CARMIM UTILIZANDO CATALISADORES A BASE DE ÓXIDO DE GRAFENO REDUZIDO E $\text{g-C}_3\text{N}_4$ OU Fe_3O_4
 Erika Batista Silveira, Alice Vanderlei Andrade, Winny Ribeiro De Queiroz, André Von-Held Soares, Alexandre Barros Gaspar, Instituto Nacional de Tecnologia, Brasil. 713
- O110** FOTODEGRADACIÓN DEL 2,4,6-TRICLOROFENOL UTILIZANDO CATALIZADORES DERIVADOS DE HIDROTALCITAS ACTIVADAS
 Esthela Ramos-Ramírez, Norma L. Gutiérrez-Ortega, Julio Castillo-Rodríguez, Claudia Martínez Gómez, Israel Rangel Vázquez, Francisco Tzompantzi-Morales, Raúl Pérez Hernández, Universidad de Guanajuato, México. 719
- O111** 3D CARBON-BASED STRUCTURES FOR CATALYTIC WATER TREATMENT ASSISTED BY VISIBLE-LEDS AND ELECTROCHEMICAL ACTIVATION
 André Torres-Pinto, Ana María Chávez, Cláudia G. Silva, Joaquim L. Faria, Adrián M.T. Silva, LSRE-LCM/Universidade de Porto, Portugal. 725

SESIÓN 34: Fotocatálisis..... 728

- O112** FOTOCATALIZADORES DE PELÍCULAS DELGADAS DE ÓXIDO DE TITANIO MODIFICADO CON COBALTO
 F. González-Zavala, D. A. Solís-Casados, L. Escobar-Alarcón, Centro Conjunto de Investigación en Química Sustentable UAEM-UNAM, México. 729
- O113** FOTODEGRADACIÓN CATALÍTICA DE ÁCIDO 2,4-DICLOROFENOXIACÉTICO CON MATERIALES DE CeO_2 - ZnO
 Karla G. Fuentes, José M. Solís, Arely X. Villalpando, Claudia M. Gómez, Universidad de Guanajuato, México 734
- O114** PRODUCCIÓN DE COMPUESTOS DE ALTO VALOR AÑADIDO A PARTIR DE LA FOTO-REDUCCIÓN Y FOTO-ELECTRO-REDUCCIÓN DEL CO_2
 Sanaz Merci, Adrián Sánchez Sicilia, Iris Cuesta Mayorga, Antonio López De Lacey, José María Abad Pastor, Marcos Pita Martínez, María Soledad Faraldos Izquierdo, Elvira Moreno Fortes, Instituto de Catálisis y Petroleoquímica, España. 739

SESIÓN 35: Conversión de biomasa y valorización de residuos 744

- O115** OPTIMIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE HIDROCARBUROS AROMÁTICOS MEDIANTE PIRÓLISIS CATALÍTICA DE RESIDUOS LIGNOCELULÓSICOS
 Maurizio Pagano, Héctor Hernando, Jennifer Cueto, Inés Moreno, David P. Serrano, IMDEA Energía, España. 745
- O116** SÍNTESIS DE ÉSTER LEVULÍNICO A PARTIR DE FURFURAL CATALISADA POR ZEÓLITAS HIERÁRQUICAS
 Sancler C. Vasconcelos, Vinicius G. C. Madriaga, Rodrigo D. Dos Santos, André V. H. Soares, Ernesto A. Urquieta-González, Fabio Barboza Passos, Thiago M. Lima, Universidade Federal Fluminense, Brasil. 751
- O117** SELECTIVE DEHYDRATION OF XYLOSE CATALYZED BY WNb-O MIXED OXIDES
 Francisco Cernicharo, Agustín De Arriba, José M. López-Nieto, Marcelo E. Domínguez, Instituto de Tecnología Química (ITQ, UPV - CSIC), España. 757

SESIÓN 36: Conversión de biomasa y valorización de residuos 763

- O118** HIDROPIRÓLISIS ANALÍTICA DE BIOMASA: SELECTIVIDAD A FURANOS Y FENOLES UTILIZANDO Ga Y Zn SOPORTADOS EN ZEOLITA NATURAL CHILENA
 Kevin J. Fernández Andrade, María Graciela Aguayo, Joan M. Rodríguez Díaz, Serguei Alejandro-Martín, Universidad del Bío-Bío, Chile. 764
- O119** HIDROGENÓLISIS DE GLICEROL CON H₂ PRODUCIDO IN-SITU: EFECTO DE W COMO DOPANTE
 D. Gallego-García, U. Iriarte-Velasco, M.A. Gutiérrez-Ortiz, J.L. Ayastuy, Universidad del País Vasco UPV/EHU, España. 770
- O120** ACETALIZACIÓN DE FURFURAL CON GLICEROL EN PRESENCIA DE LÍQUIDOS IÓNICOS LIBRES Y SOPORTADOS SOBRE SILICA GEL y SBA-15
 Leticia J. Méndez, Maia Montaña, Elena Rodríguez-Aguado, Juan A. Cecilia, Enrique Rodríguez-Castellón, Mónica L. Casella, Ileana D. Lick, CINDECA (CCT La Plata-CONICET, UNLP, CIC), Argentina. 776

SESIÓN 37: Captura y utilización de CO₂ 782

- O121** ADVANCES IN THE DEVELOPMENT OF INNOVATIVE Bi-Sn-Sb BASED ELECTROCATALYSTS FOR CONTINUOUS CO₂ ELECTROREDUCTION TO FORMATE
 Guillermo Díaz-Sainz, Kevin Fernández-Caso, Beatriz Avila-Bolívar, Vicente Montiel, José Solla-Gullón, Manuel Álvarez-Guerra, Ángel Irabien, Universidad de Cantabria, España. 783

SESIÓN 38: Captura y utilización de CO₂ 789

- O122** DESHIDROGENACIÓN OXIDATIVA DE ETANO EN PRESENCIA DE CO₂ CON CATALIZADORES CrO_x/MeO_x/Al₂O₃ (Me = Ni, Co, Ce, Pr)
 B.M. Moreno-Torralbo, P. Concepción, J. Martínez-Triguero, J.M. López Nieto, Instituto de Tecnología Química, UPV-CSIC, España. 790
- O123** PRODUÇÃO DE CARBONATO DE ESTIRENO PELA REAÇÃO DE CO₂ E ÓXIDO DE ESTIRENO NA PRESENÇA DE SÍLICA-ALUMINA MESOPOROSA FUNCIONALIZADA COM AMINAS
 Rebecca P. R. Dos Anjos, Raissa E. Da Cruz, Ana Lúcia De Lima, Claudio J. A. Mota, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brasil. 795

ACETALIZACIÓN DE FURFURAL CON GLICEROL EN PRESENCIA DE LÍQUIDOS IÓNICOS LIBRES Y SOPORTADOS SOBRE SILICA GEL Y SBA-15

Leticia J. Méndez¹, Maia Montaña², Elena Rodriguez-Aguado², Juan A. Cecilia², Enrique Rodriguez-Castellón², Mónica L. Casella^{1*}, Ileana D. Lick^{1*}

¹Centro de Investigación y Desarrollo en Ciencias Aplicadas “Dr. Jorge J. Ronco” (CINDECA), (CCT La Plata-CONICET, UNLP, CIC), 47 N° 257, 1900, La Plata, Buenos Aires, Argentina.

² Departamento de Química Inorgánica, Cristalografía y Mineralogía, Facultad de Ciencias, Universidad de Málaga, Campus de Teatinos, Málaga, 29071, España.

*E-mail: ilick@quimica.unlp.edu.ar (IDL), casella@quimica.unlp.edu.ar (MLC)

Resumen

En este trabajo se presentan resultados de la reacción de acetalización entre furfural y glicerol, empleando como catalizador un líquido iónico (LI) sintetizado en nuestro laboratorio, el $[C_4SO_3Hmin][HSO_4]$. Además se sintetizaron catalizadores soportando el LI sobre Silicagel 60 y una sílice mesoporosa SBA-15. Se prepararon y caracterizaron dos series de catalizadores soportados con carga variable de LI (10, 20 y 30 %, en peso). Estos catalizadores presentaron buena actividad para la formación de los éteres cílicos buscados, es más, algunos de ellos presentaron mejor actividad que el LI sin soportar. El catalizador con un 30 % en peso de LI soportado sobre SBA-15 (SBALI₃₀) fue el más activo y con el mismo se alcanzó un rendimiento de acetales cílicos del 51%. Esta muestra es la que presenta el mayor número de sitios ácidos fuertes, los cuales según los resultados de XPS provendrían de los grupos sulfónicos presentes en el LI. Por otro lado, con ambas series de catalizadores se obtuvieron los isómeros cis-trans (2-(furan-2-il)1,3-dioxolan-4-il) metano y los cis-trans (2-(furan-2-il)1,3-dioxan-5-ol metanol con una mayor proporción de los primeros de ellos debido a su mayor estabilidad conformacional.

Palabras clave: Acetales cílicos, Líquidos iónicos soportados, glicerol, Furfural, SBA-15.

Abstract

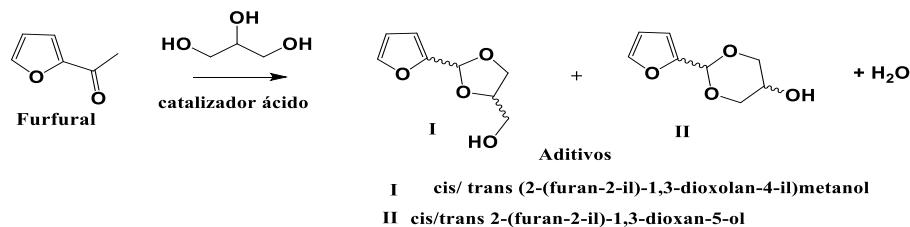
This work presents the results of the acetalization reaction between furfural and glycerol, using as a catalyst an ionic liquid (IL), $[C_4SO_3Hmin][HSO_4]$, synthesised in our laboratory. In addition, catalysts supported on silica gel 60 and on a mesoporous silica SBA-15 have been synthesised. Two series of catalysts with variable IL loading (10, 20 and 30 wt%) were prepared and characterized. These catalysts showed good activity for forming the desired cyclic ethers. Moreover, some of them showed higher activity than the unsupported IL. The catalyst with 30 wt% IL supported on SBA-15 (SBALI₃₀) was the most active, with a cyclic acetal yield of 51%. This sample is the one with the highest number of strong acid sites, which according to the XPS results would come from the sulphonate groups present in the IL. On the other hand, the isomers cis-trans (2-(furan-2-yl)-1,3-dioxolan-4-yl) methanol and cis-trans (2-(furan-2-yl)-1,3-dioxan-5-ol) are obtained with both series of catalysts, with a higher proportion of the former due to its higher conformational stability.

Keywords: Cyclic acetal, Supported ionic liquid, Glycerol, Furfural, SBA-15.

1. Introducción

El furfural, aldehído cíclico de fácil obtención a partir de biomasa lignocelulósica, se produce por el tratamiento ácido de residuos agrícolas. La reacción consiste en la hidrólisis de pentosanos (polímeros constituidos por azúcares de 5 miembros) a pentosas, principalmente xilosa, que a altas temperaturas y en presencia de catalizadores ácidos homogéneos o heterogéneos, se deshidratan a furfural. Además de ser un solvente, el furfural se considera como molécula plataforma para la producción de compuestos sustentables.

La industria del biodiesel ha sido una de las actividades económicas con mejor desempeño relativo durante los últimos años en Argentina, ya que a partir del año 2007 surge como un sector totalmente nuevo [1]. Sin embargo, el uso extendido de biodiesel se ve obstaculizado por dos inconvenientes principales: (1) la gran cantidad de glicerol generada como subproducto en el proceso de transesterificación [2] y (2) el biodiesel exhibe pobres propiedades a bajas temperaturas [3]. Por lo tanto, para expandir aún más el uso del biodiesel, es necesario plantear soluciones para ambos inconvenientes y para esto aparecen algunos compuestos oxigenados que se usan como bio-aditivos de este combustible, así como de los combustibles convencionales, como el diesel y la nafta. Los aditivos son sustancias químicas que realzan las propiedades del combustible, mejorando el índice de octano-cetano, reduciendo su densidad y viscosidad. Los compuestos más utilizados en la actualidad son los alcoholes (etanol y metanol), o los alquil éteres (MTBE y ETBE), que se producen a partir de isobutileno y bioetanol [4]. Estos compuestos son tóxicos, volátiles e inflamables. Una alternativa viable es la sustitución de esos aditivos por éteres furánicos, generados a partir de glicerol, los cuales pueden cumplir con los requerimientos normalizados [5,6]. La obtención catalítica de acetales a partir de moléculas derivadas de biomasa permitiría la obtención de aditivos menos tóxicos y sostenibles mediante reacciones de acetalización. Esta reacción, que generalmente se usa para la protección del grupo carbonílico presente en moléculas orgánicas multifuncionales, consiste en la adición de un alcohol al grupo carbonilo del aldehído para obtener los correspondientes acetales que tienen estructura de éteres. Normalmente, la reacción requiere de la activación del grupo carbonilo mediante un catalizador ácido (tal como H_2SO_4 , HCl , ácido p-toluenosulfónico) para que el alcohol, que es un débil nucleófilo, pueda atacar al grupo carbonílico de los aldehídos [7]. El interés de este trabajo es obtener aditivos oxigenados a base de glicerol y compuestos derivados de biomasa que presentan las ventajas de ser biodegradables, no tóxicos y renovables [8]. Particularmente, en este trabajo se propone estudiar la reacción de acetalización entre furfural y glicerol (Esquema 1).



Esquema 1. Acetalización de furfural con glicerol

Para realizar la reacción de acetalización se utilizó como catalizador un líquido iónico (LI), el sulfato ácido de 1-(4-sulfobutil)-3-metilimidazonio, $[C_4SO_3Hmin][HSO_4]$ sintetizado en nuestro Laboratorio. Además, se estudió la actividad y selectividad de este LI soportado sobre sílice gel y una sílice mesoporosa, la SBA-15.

2. Experimental

La preparación del líquido iónico se realizó siguiendo el procedimiento descripto en la literatura [9]. Como soporte se utilizó Silica gel 60 (60-200 mesh, Fluka) y una sílice mesoporosa del tipo SBA-15 sintetizada a temperatura ambiente. Para la preparación de los catalizadores de LI soportados sobre Sílice gel 60 y SBA-15 se siguió el siguiente procedimiento: en un balón de 25 mL se pusieron en contacto 1 g de sílice y una solución del LI en 5 mL de acetona, cuya concentración se varió para que contenga la masa de LI deseada. La mezcla se agitó durante 24 h y luego se evaporó el solvente y se secó en estufa a 90°C hasta peso constante. Se prepararon 3 muestras con distintos porcentajes máscicos de LI, 10, 20 y 30%, las cuales fueron denominadas SLI₁₀, SLI₂₀ y SLI₃₀, respectivamente. Por otro lado, siguiendo un procedimiento análogo se prepararon 3 muestras usando el material SBA-15 denominadas SBALI₁₀, SBALI₂₀ y SBALI₃₀, respectivamente.

Los catalizadores se caracterizaron usando diversas técnicas. Para corroborar la obtención del LI se realizó el análisis de resonancia magnética nuclear, ¹H NMR y ¹³C NMR. La determinación cualitativa de los grupos funcionales del LI se realizó mediante espectroscopía FTIR. La fortaleza de los centros ácidos y la cuantificación de centros ácidos de los catalizadores se determinó mediante valoración potenciométrica ácido-base. La presencia de especies superficiales se analizó mediante espectroscopía fotoelectrónica de rayos X (XPS).

Para analizar la actividad catalítica para la acetalización de furfural con glicerol usando el LI se siguió el procedimiento que se detalla a continuación: en un balón de reacción de 25 mL, se colocaron 3 mL de furfural (36 mmoles) y 2,9 mL (39 mmoles) de glicerol en 5 mL de acetonitrilo con una cantidad dada del líquido iónico previamente secado a presión reducida. Al sistema se le adaptó un refrigerante y se lo llevó a reflujo con agitación (500 rpm) durante 3 h a 90°C. El

control de reacción se realizó por CG, tomando muestras cada 30 min de reacción, usando un equipo Shimadzu GC-2014 provisto de un detector de ionización de llama (FID) y para la identificación de los productos se usó un cromatógrafo gaseoso acoplado a un espectrómetro de masas Shimadzu CG-MS QP2010 SE. En ambos equipos se usó una columna capilar de sílice Supelco SPBTM-5 (30 m × 0,25 mm × 0,25 µm). Finalizada la reacción, la mezcla se dejó enfriar y se diluyó con 10 mL de ciclohexano, luego se lavó la fase orgánica con agua (3 porciones de 5 mL). El extracto orgánico se secó y se concentró en un evaporador rotatorio a presión reducida (0,1 torr) hasta peso constante. Finalmente, la mezcla de acetales crudos se purificó por destilación a presión reducida. Para analizar la actividad catalítica para la acetalización de furfural con glicerol usando el LI soportado se siguió el procedimiento que se describe a continuación: en un balón de reacción de 25 mL, se colocaron 3 mL de furfural (36 mmoles) y 2,9 mL (39 mmoles) de glicerol en 5 mL de acetonitrilo con una cantidad dada del SLI o SBALI. Al sistema se le adaptó un refrigerante y se lo llevó a reflujo con agitación (500 rpm) durante 3 h a 90°C. Finalizada la reacción, se dejó enfriar, se centrifugó y se separó el catalizador. La mezcla de reacción resultante se concentró en un evaporador rotatorio hasta peso constante.

3. Resultados y discusión

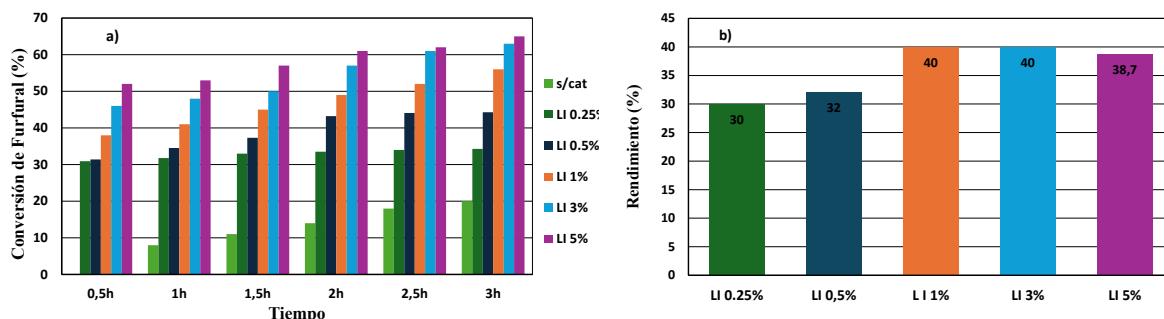
Los espectros de ^1H NMR y ^{13}C NMR del líquido iónico (no mostrados) presentan las señales correspondientes a los grupos alquílicos y a los H ácidos [9]. Con el objetivo de corroborar la presencia de grupos funcionales en el LI sintetizado, así como en los catalizadores soportados, se realizaron los análisis por espectroscopía vibracional FTIR. En el espectro del LI se observó la banda correspondiente al estiramiento -OH del $-\text{SO}_3\text{H}$ a 3400 cm^{-1} . El estiramiento antisimétrico S=O del grupo sulfónico se localizó a 1169 cm^{-1} , mientras que el modo vibracional del SO_3 se observó a 1040 cm^{-1} . La absorción a 1058 cm^{-1} se atribuyó a la vibración del grupo $-\text{HSO}_4$ mientras que a 880 cm^{-1} se observó el enlace S-O. La señal a 595 cm^{-1} se asignó a la vibración del enlace C-S. El pico de absorción del $-\text{CH}_3$ en el anillo de imidazol se localizó a 3114 cm^{-1} y la banda correspondiente al estiramiento de C-H aromático se observó a 3158 cm^{-1} . El estiramiento C-H de la cadena alquílica se observó a 2960 cm^{-1} y 2884 cm^{-1} . Además, las bandas del estiramiento de los enlaces C=C y C=N del anillo de imidazol se observaron a 1640 y 1461 cm^{-1} y 1570 cm^{-1} , respectivamente [10]. Los espectros de las muestras soportadas (no mostrados) están dominados por la intensa banda de los tetrámeros de silicio ubicada entre los 1400 - 1000 cm^{-1} y la presencia del LI soportado sólo se evidencia a partir de la aparición de las bandas ubicadas a 1640 , 880 y 595 cm^{-1} .

Los resultados de las titulaciones ácido-base potenciométricas, presentados en la Tabla 1, indicaron que tanto el LI puro como los catalizadores soportados contienen sitios ácidos. A partir del potencial inicial, E°_{ini} se deduce que los catalizadores contienen centros ácidos de gran fortaleza, tal como son los grupos sulfónicos. El LI mostró un valor de potencial inicial de $626,2\text{ mV}$ mientras que los catalizadores SLI₂₀, SBALI₂₀ y SBALI₃₀ mostraron una fuerza ácida comparable a la del LI sin soportar. En la tabla también se muestra la distribución de los sitios ácidos que conforman la acidez total. El análisis de estos resultados sugiere que los sistemas soportados exhiben sitios ácidos que provienen del LI y del soporte porque a pesar de contener una menor cantidad de LI por gramo de catalizador presentan un alto número de sitios ácidos totales, con un alto aporte de sitios débiles. En la serie soportada en SBA-15, el número de sitios ácidos totales aumenta con la carga de LI, en cambio, esta tendencia no se observa en la serie soportada en Silica gel. En la serie preparada sobre Silica gel, el catalizador que presentó mayor proporción de sitios ácidos de gran fortaleza fue el SLI₂₀ y en la serie soportada en SBA-15 la muestra SBALI₃₀ es la que contiene el mayor número de sitios ácidos muy fuertes. Por otro lado, los resultados obtenidos de los análisis superficiales realizados mediante espectroscopía fotoelectrónica de rayos X (XPS) indicaron que en la superficie de los catalizadores están presentes grupos que contienen azufre (Tabla 1). La señal hallada en la región espectral del nivel S 2p se deconvolucionó en dos picos, correspondientes a los niveles S 2p_{3/2} y S 2p_{1/2} ubicados a $\sim 167,7$ - $168,4\text{ eV}$ y $\sim 169,0$ - $169,4\text{ eV}$, respectivamente. Esta energía de enlace puede asociarse a la presencia de grupos sulfónicos. Además, aparecen señales de baja intensidad a 171 - 173 eV , que pueden atribuirse a la presencia de HSO_4^- . En la zona del N 1s se evidencian fotoemisiones debido a la presencia de este heteroelemento en el anillo. Los resultados cuantitativos indicaron que todos los catalizadores presentan relaciones atómicas S/Si y N/Si similares, debido al depósito del LI en la superficie, aunque cabe aclarar que la relación S/Si es ligeramente superior para los catalizadores SLI₂₀ y SBALI₃₀.

Tabla 3. Resultados de las medidas de acidez y de XPS de los catalizadores.

Muestra	Fuerza ácida E°_{ini} (mV)	Nº y distribución de tipo de sitios (meq /g de catalizador)				XPS	
		$E > 100$ mV Muy fuertes	$0 < E < 100$ Fuertes	$100 < E < 0$ Débiles y muy débiles	Sitios ácidos totales	S/Si	N/Si
LI	626,2	4,45	0,15	3,95	8,55	-	-
SLI ₁₀	447,4	0,90	0,70	5,35	6,95	0,06	0,06
SLI ₂₀	612,7	3,40	0,35	2,40	6,15	0,16	0,15
SLI ₃₀	582,0	1,90	0,50	3,85	6,25	0,08	0,10
SBALI ₁₀	478,5	0,95	2,05	3,95	6,95	0,12	0,08
SBALI ₂₀	613,2	2,45	0,25	4,30	7,00	0,12	0,09
SBALI ₃₀	609,4	4,30	0,20	3,10	7,60	0,14	0,11

La reacción se llevó a cabo con un ligero exceso estequiométrico de glicerol y utilizando como catalizadores los LI. Los ensayos se realizaron durante 3 h y las concentraciones de catalizador usadas fueron de 0,25, 0,5, 1, 3 y 5% (mmoles de LI cada 100 mmoles de furfural), lo que corresponde a 30, 60, 120, 360 y 600 mg de LI cargados, respectivamente. En todos los casos, la conversión de furfural aumentó con el tiempo de reacción (Figura 1a) y el valor de conversión final alcanzada aumentó con el aumento de la concentración de catalizador. La mayor conversión de furfural alcanzada fue de 65 % con un 5% del LI. Mientras que al utilizar un 3% se obtuvo una conversión ligeramente menor (63%). Sin embargo, no todo el furfural se transformó en acetal, dado que los máximos rendimientos de acetales alcanzados fueron del 40% cuando se usaron un 1% y un 3% de catalizador (Figura 1b) luego de 3 h de reacción. Este resultado podría deberse a una degradación oxidativa del furfural, promovida por una alta concentración de catalizador. Este comportamiento se reflejó en la coloración de la reacción. Cuando se usó un 1% de LI la reacción presentó una coloración caramelada durante todo el experimento, mientras que al usar 5% de LI la solución se tornó negra a los 30 min de reacción. De lo expuesto se extrae que con un 1% y un 3% de LI se alcanzan los mejores rendimientos de los éteres furánicos.


Figura 1. Efecto de la concentración del catalizador en la conversión de furfural en función del tiempo (a) y en el rendimiento obtenido de los acetales luego de 3 h de reacción (b).

Con el objetivo de obtener un sistema catalítico heterogéneo, que pueda ser extraído luego de la reacción para una posterior reutilización, se prepararon los catalizadores soportados (SLI y SBALI). Los ensayos con los LI soportados se realizaron con las mejores condiciones encontradas en la reacción homogénea (1% de catalizador que representa 120 mg del LI, 90°C y 3 h de reacción). Los rendimientos alcanzados son muy promisorios, debido que los sistemas heterogéneos SLI₂₀ SLI₃₀, SBALI₂₀ y SBALI₃₀, presentaron rendimientos de los dioxolanos iguales o mayores a los alcanzados con el LI (Figura 2). El mayor rendimiento (51%) fue alcanzado con el catalizador SBALI₃₀, con un 60% de conversión de furfural. Cabe mencionar que con los catalizadores SBALI, la conversión de furfural fue menor a la obtenida con el LI, sugiriendo que en los sistemas heterogéneos hay un menor grado de avance de reacciones secundarias indeseadas.

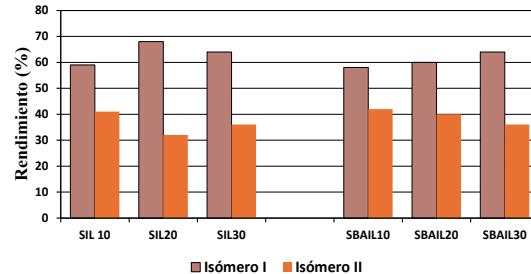
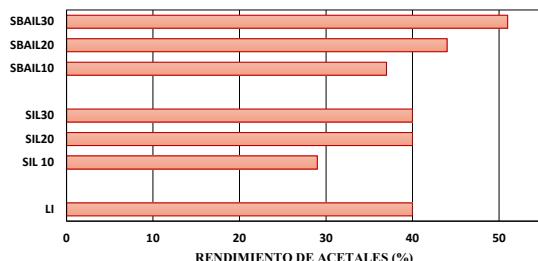
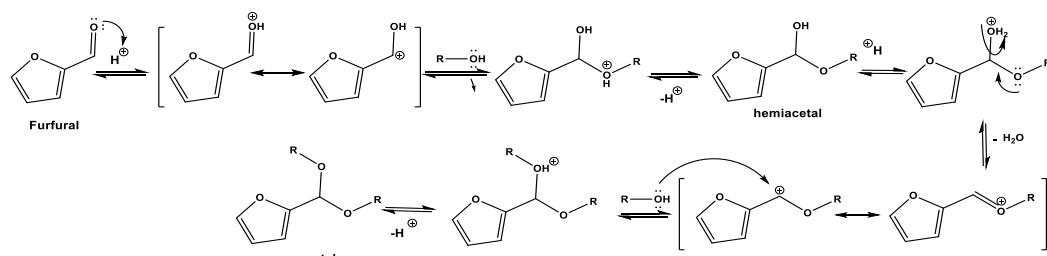


Figura 2. (a) Rendimiento de los productos reacción usando la misma masa de catalizador y (b) distribución de los isómeros obtenidos luego de 3 h de reacción.

La reacción de acetalización es una adición del nucleófilo alcohol a un grupo carbonilo de un aldehído y se promueve por ácidos (Esquema 2). Específicamente, en este trabajo se trata de un ataque del triol (glicerol) al furfural catalizado por los sitios ácidos de los catalizadores. En una primera y reversible etapa se forma un intermediario llamado hemiacetal, el cual rápidamente pierde una molécula de agua para generar un nuevo catión y así, en una segunda etapa reversible, se adiciona nuevamente el nucleófilo para formar el acetal correspondiente. Resulta evidente que el rol de los sitios ácidos presentes en los catalizadores ensayados en este trabajo es fundamental en el mecanismo de reacción. En este contexto, resulta interesante mostrar que el aumento de la carga de LI de un 20 al 30% en peso sobre la Silica gel no conduce a un aumento del rendimiento, lo que concuerda con una menor disponibilidad de centros ácidos de gran fortaleza y de especies de azufre en la superficie del catalizador más concentrado. Por otro lado, para los catalizadores preparados sobre la sílice mesoporosa SBA-15 se encontró que a medida que aumenta el porcentaje de LI el rendimiento de los productos aumenta. Los resultados de caracterización mostraron que el catalizador más activo fue el que contiene el mayor número de sitios ácidos fuertes y disponibles, probablemente provenientes de grupos sulfónicos. Resulta evidente que la mesoporosidad del soporte y su mayor área favorece la disponibilidad de las especies activas.



Esquema 2: Mecanismo de reacción

Por otro lado, como se esperaba, con ambas series se obtuvieron como isómeros mayoritarios los cis-trans (2-(furan-2-il)1,3-dioxolan-4-il) metanol dado que, si bien esta estructura contiene un anillo de 5 miembros, este anillo se encuentra estabilizado por los dos puentes de hidrógeno que forman los átomos de H ubicados en la posición 1,3 del anillo con los O del éter cíclico, con el llamado efecto 1,3 diaxial.

4. Conclusiones

Los resultados obtenidos mostraron que es posible obtener acetales de dos moléculas provenientes de la biomasa, el glicerol y el furfural utilizando el LI [$\text{C}_4\text{SO}_3\text{Hmim}][\text{HSO}_4]$ como catalizador. Con el catalizador SBAL130 se alcanzó un rendimiento de 51% de los dioxolanos usando solamente un 30% de LI con respecto al ensayo realizado con el mismo sin soportar, probablemente por la mayor disponibilidad de los sitios ácidos. Los éteres de furfural que se forman preferentemente son los 1,3- cis-trans (2-(furan-2-il)1,3-dioxolan-4-il) metanol. Además, el uso de los catalizadores SLI y SBALI ofrece ventajas como lo son la simplicidad operativa y menor degradación de furfural por la generación de residuos de oxidación.

5. Agradecimientos

Los autores agradecen la financiación por parte de ANPCyT, CONICET y UNLP y a la Dra. M.L. Barbelli y al Dr. A. Sosa por su colaboración en la realización de ensayos. También se agradece la financiación de los proyectos TED2021-130756B-C31 de MCIN/AEI/10.1309/501100011033.

6. Referencias

- [1] R. Rozemberg, M. Affranchino. La economía política del desarrollo de los biocombustibles en Argentina. Documento de Trabajo, Centro de iDeAS, UNSAM. Seminario de discusión "Biocombustibles y Desarrollo Sustentable", (2011), Buenos Aires, Argentina.
- [2] M.B. Navas, I.D. Lick, P.A. Bolla, M.L. Casella, J.F. Ruggera, *Chemical Engineering Science*, 187, (2018) 444-454.
- [3] P.C. Smith, Y. Ngothai, Q.D. Nguyen, B.K. O'Neill, *Renewable Energy* 35 (2010) 1145.
- [4] I. Agirre, M.B. Güemez, A. Ugarte, J. Requies, V.L. Barrio, J.F. Cambra, P.L. Arias, *Fuel Processing Technology*, 116 (2013) 182.
- [5] K. S. Arias, A. Garcia-Ortiz, J. Climent, A. Corma, S. Iborra, *Sustainable Chemistry & Engineering*, 6 (2018) 4239.
- [6] F. Zaccheria, N. Scotti, N. Ravasio, D.E.E. Dbe, *Catalysis* 9 (2019) 172.
- [7] R. Bruckner, Org. Mec.: Reac.: Stereochem. and Synth. 2010, Springer, Berlin Heidelberg, 373-376.
- [8] J. Farinha, M. Caiado, J. Castanheiro, Valorization of glycerol into biofuel additives over heterogeneous catalysts. In *Materials and Processes for Energy*, Spain, 2013; 422–429, ISBN 978-84-939843-7-3. <http://hdl.handle.net/10174/10317>.
- [9] A. C. Cole, J. Jen Sen, *Journal of the American Chemical Society*, 124 (2002) 5962.
- [10] L. Méndez, M.L Casella, D.I. Lick, *Actas del XXIII CAC y XI MERCOCAT* (2023) Argentina.

SESIÓN 37:

Captura y utilización de CO₂