

---

## Influencia de los componentes de catalizadores de FCC en la desoxigenación de bio-oil

**Bertero, Melisa\*;** García, Juan Rafael; Falco, Marisa; Sedran, Ulises

*Instituto de Investigaciones en Catálisis y Petroquímica "José Miguel Parera" INCAPE (UNL - CONICET). Colectora Ruta Nac. N° 168 Km 0, S3000AOJ, Santa Fe, Argentina 3000) Santa Fe, Argentina. mbertero@fiq.unl.edu.ar*

**Palabras Claves:** bio-oil; catalizadores de FCC; zeolita Y; hidrocarburos; desoxigenación

---

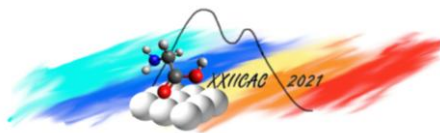
### Resumen

Se estudió la conversión catalítica de bio-oil de aserrín de pino sobre componentes de catalizadores de FCC: matrices mesoporosas (sílice, alúmina y sílice-alúmina) y sus combinaciones con zeolita Y. Se investigó el efecto de la mesoporosidad y la acidez sobre el grado de desoxigenación y la conversión en hidrocarburos de los componentes del bio-oil. Los experimentos fueron combinados, de pirólisis y conversión catalítica inmediata de bio-oil, y se realizaron en un reactor integrado durante 7 min bajo un flujo de nitrógeno de 30 ml min<sup>-1</sup> a 550 °C. Los catalizadores compuestos fueron más selectivos a gasolina, con mayor contenido de olefinas y menor de aromáticos, que los mesoporosos. Las mayores producciones de coque se obtuvieron sobre Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> y Y/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, debido a la alta disponibilidad de poros más grandes que alojan moléculas voluminosas, que reaccionan al entrar en contacto con los sitios ácidos fuertes de la zeolita. Las mejores performances (mayor conversión y desoxigenación) se obtuvieron sobre el catalizador mesoporoso más ácido (SiO<sub>2</sub>-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) y sobre el catalizador compuesto con mayor mesoporosidad (Y/SiO<sub>2</sub>).

---

### Abstract

The catalytic conversion of bio-oil from pine sawdust on various FCC catalyst components was studied: mesoporous matrices (silica, alumina and silica-alumina) and their combinations with zeolite Y. The effect of mesoporosity and acidity on the degree of deoxygenation and conversion into hydrocarbons of the bio-oil components was investigated. The experiments consisted in pyrolysis and immediate catalytic conversion of the bio-oil produced, which were carried out in an integrated reactor during 7 min under a nitrogen flow of 30 ml min<sup>-1</sup> at 550 °C. The compound catalysts were more selective to gasoline, with higher olefin content and lower aromatics, than the mesoporous catalysts. The highest coke yields were obtained on Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> and Y/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, due to the high availability of large pores which can host bulky molecules, further reacting on the strong acid sites of the zeolite. The best performances (higher conversion and deoxygenation) were obtained on the most acid mesoporous catalyst (SiO<sub>2</sub>-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) and on the compound catalyst with the highest mesoporosity (Y/SiO<sub>2</sub>).



## Introducción

Los combustibles fósiles son la principal fuente de energía en la actualidad, pero considerando las limitaciones en su disponibilidad y el hecho de que no sean renovables, así como el impacto negativo derivado de su consumo, existe una necesidad creciente de desarrollar nuevas fuentes renovables. La biomasa lignocelulósica, particularmente la de origen residual, es el material más abundante y de menor costo que puede transformarse en energía y combustibles vía procesos biológicos y termoquímicos; dentro de estos últimos, la pirólisis y la gasificación son los más viables técnica y económicamente.

Los bio-oils derivados de pirólisis pueden transformarse en combustibles de transporte y materias primas para la industria química mediante procesos catalíticos, por hidrotratamiento o conversión sobre catalizadores ácidos. Ambos enfoques fueron objeto de numerosas investigaciones [1, 2], pero resultan necesarios más estudios para reformular procesos y catalizadores y para desarrollar nuevos enfoques utilizando procesos consolidados, como el craqueo catalítico de hidrocarburos (FCC). En este último proceso los bio-oils podrían co-procesarse en reemplazo parcial del gasoil de vacío (VGO), que es su carga habitual, opción que ha mostrado resultados promisorios [3, 4]. Los catalizadores de FCC están compuestos por zeolita Y soportada sobre una matriz (activa o inactiva, como sílice, alúmina y sílice-alúmina), ligantes y diversos aditivos. La matriz proporciona tamaño, forma y densidad a las partículas para que puedan circular adecuadamente entre el reactor y la unidad regeneradora y puede facilitar el pre-craqueo de la mayoría de las moléculas voluminosas y su difusión hacia los sitios activos [5]; por su parte la zeolita proporciona sitios ácidos fuertes, pero sus microporos imponen estrictas restricciones de difusión a la mayoría de las moléculas de los bio-oils. La combinación de ambos materiales resulta más eficiente en la conversión de bio-oils, con menores rendimientos a coque y mayores a productos de interés que las zeolitas solas [6]. En estudios previos propios [7] se demostró que zeolitas Y jerárquicas (con estructura mesoporosa interna generada mediante lixiviación) fueron más eficientes que la zeolita original en la desoxigenación del bio-oil de aserrín de pino.

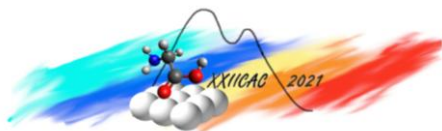
En este trabajo se estudió la conversión de bio-oil de aserrín de pino, con alto contenido de compuestos fenólicos (precursores de coque), sobre matrices mesoporosas (sílice, alúmina y sílice-alúmina) y su combinación con zeolita Y, en proporciones comerciales habituales de catalizadores de FCC. Se insistió en la capacidad de los sólidos para desoxigenar el bio-oil y en el comportamiento de los diferentes compuestos químicos que lo componen, tanto los voluminosos y/o refractarios, como los más fáciles de desoxigenar, considerando que los mecanismos de reacción son diferentes cuando se los alimenta solos que cuando forman parte de una mezcla compleja.

## Experimental

El aserrín de pino (*Pinus elliotti*), con tamaño de partículas entre 1 y 6 mm y contenido de humedad de 9 %p, fue secado durante 24 hs a 100 °C antes de su uso. La composición elemental y del material lignocelulósico se detallan en Bertero y Sedran [8].

Se prepararon seis catalizadores, tres mesoporosos con diferentes porosidad y acidez ( $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  y  $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$ ) y tres compuestos con zeolita Y ( $\text{Y/SiO}_2$ ,  $\text{Y/Al}_2\text{O}_3$  y  $\text{Y/SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$ ). La  $\text{SiO}_2$  (grado cromatográfico, Merck) y la  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (Sasol, Disperal pseudobohemite) fueron comerciales. La  $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$  se preparó con 50 % de kaolín, 38 % de alúmina (sulfato de aluminio como fuente de aluminio), y sílice (silicato de sodio como fuente de sílice). Para reproducir las formulaciones comerciales típicas de los catalizadores de FCC, se prepararon  $\text{Y/SiO}_2$ ,  $\text{Y/Al}_2\text{O}_3$  y  $\text{Y/SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$  usando H-USY (Zeolyst CBV 760), la correspondiente matriz mesoporosa y sílice coloidal (Ludox AS-40, Aldrich) como ligante, en proporciones de 30, 50 y 20 %p, respectivamente.

Todos los catalizadores fueron secados durante 16 h a 110 °C, calcinados bajo flujo de aire a 550 °C durante 4 h y tamizados en el rango de 75 a 125  $\mu\text{m}$ . Las propiedades texturales de los sólidos fueron determinadas por adsorción de nitrógeno a -196 °C en un equipo Micromeritics ASAP 2020, el



contenido de zeolita en los catalizadores compuestos fue determinado utilizando un difractómetro de rayos X Shimadzu XD-D1, y el tamaño de celda unidad (TCU) fue calculado según ASTM D 3942. La acidez de los catalizadores fue determinada por desorción a temperatura programada (TPD) de piridina, con detección vía FID luego de metanación sobre catalizador de Ni.

Los experimentos de pirólisis y conversión catalítica inmediata del bio-oil fueron realizados en un reactor integrado que consta de dos zonas calentadas eléctricamente: en la primera ocurre la pirólisis puramente térmica de la biomasa y en la segunda el bio-oil en estado vapor se convierte sobre un lecho fijo de catalizador, con una relación Cat/Oil de 3.5 calculada en base a los compuestos orgánicos del bio-oil (obtenidos en un experimento en ausencia de catalizador). La descripción detallada del equipo está disponible en García y col. [7]. Los experimentos se llevaron a cabo durante 7 min a 550 °C bajo un flujo de nitrógeno de 30 ml min<sup>-1</sup>. A la salida del reactor, los vapores pasaron a través de un baño salino a -5 °C donde se retuvieron los líquidos y los gases fueron colectados en una columna por desplazamiento de agua para su cuantificación; los balances de masa fueron superiores a 90 %p.

Los productos líquidos y gaseosos se analizaron por cromatografía gaseosa en un equipo Varian GC 450 usando una columna capilar no polar (HP-1) y detector FID; los gases también se analizaron en un equipo Agilent 6890N con columna GS-CARBONPLOT y detector TCD. Los factores de respuesta fueron calculados para cada grupo químico usando estándares y compuestos de referencia (tetralina para líquidos, metano para gases). El contenido de agua en los productos líquidos se determinó por titulación de Karl-Fischer (IRAM 21320). La cantidad de coque sobre los catalizadores se determinó por oxidación a temperatura programada (TPO) y metanación de los óxidos de carbono.

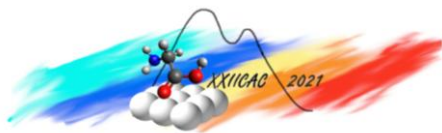
La producción de cada compuesto fue calculada como la relación entre la masa del mismo y la de la biomasa alimentada. La conversión del bio-oil se calculó en base a la masa (inicial y final) de los compuestos orgánicos que lo componen. La conversión de un determinado compuesto se calculó en base a la masa inicial (obtenida en el experimento de pirólisis puramente térmico) y final (obtenida en los experimentos de pirólisis-conversión catalítica) del mismo. El grado de desoxigenación del bio-oil se calculó en base a los moles de oxígeno contenidos en los compuestos orgánicos iniciales y los de los productos de reacción, excluyendo agua y óxidos de carbono.

## Resultados y discusión

La conversión catalítica del bio-oil está condicionada por las propiedades ácidas y texturales del catalizador. En estudios previos [7] se demostró que es posible convertir los compuestos oxigenados del bio-oil sobre sílice, debido a que el área superficial de mesoporos que proporciona este material favorece las reacciones térmicas de desoxigenación y a que los grupos silanoles de su superficie poseen cierta actividad catalítica. Sin embargo, la eficiencia de conversión es mayor cuando se utilizan catalizadores con sitios ácidos Brönsted y Lewis, como Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> y Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SiO<sub>2</sub>.

En la Tabla 1 se presentan las propiedades de los catalizadores, donde se observa que el tamaño medio de los mesoporos en los catalizadores compuestos fue apreciablemente menor que en los correspondientes materiales mesoporosos. Esto podría deberse, en parte, a la contribución de los mesoporos de la zeolita, que tiene un tamaño promedio de 23 Å, y al impacto de la adición del agente ligante para conformar las partículas de catalizador. El diámetro de la mayoría de los poros de SiO<sub>2</sub> y Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SiO<sub>2</sub> estuvo en el rango de 20 a 200 Å, mientras que los de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> estuvieron entre 80 y 300 Å.

La conversión de los compuestos oxigenados del bio-oil en hidrocarburos ocurre inicialmente a través de reacciones de deshidratación y craqueo, que generan moléculas más pequeñas que el compuesto original, las cuales difunden más fácilmente en los canales internos de la zeolita (si está presente), y acceden a los sitios ácidos más fuertes para convertirse en hidrocarburos, óxidos de carbono y coque, mediante un complejo mecanismo de reacciones, que incluye descarbonilación, descarboxilación, isomerización, oligomerización y deshidrogenación [6]. Como se observa en la Tabla 2 las mejores performances (mayor conversión y desoxigenación) se obtuvieron con SiO<sub>2</sub>-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, que fue el sólido mesoporoso con mayor densidad de sitios ácidos, y sobre Y/SiO<sub>2</sub>, el catalizador compuesto con mayor mesoporosidad. Por otro lado, los altos valores de conversión y



desoxigenación obtenidos sobre SiO<sub>2</sub> sostienen la hipótesis de que el área superficial de mesoporos favorece la difusión de los compuestos del bio-oil y sus reacciones térmicas. Un claro ejemplo de esto son los ácidos y los ésteres, que se convirtieron completamente sobre este material.

**Tabla 1.** Propiedades de los catalizadores

	Catalizadores mesoporos			Catalizadores compuestos		
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub> -Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Y/SiO <sub>2</sub>	Y/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Y/SiO <sub>2</sub> -Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
<i>Propiedades texturales</i>						
Área superficial BET (m <sup>2</sup> /g)	438	139	93	348	260	218
Área superficial de mesoporos (m <sup>2</sup> /g)	438	136	92	328	156	114
Volumen total de poro (cm <sup>3</sup> /g)	0.751	0.441	0.125	0.531	0.506	0.277
Volumen de mesoporos (cm <sup>3</sup> /g) <sup>a</sup>	0.751	0.438	0.125	0.524	0.453	0.226
Tamaño promedio de mesoporo (Å)	87.9	126.1	77.4	61.0	77.7	40.8
Acidez (μmol Py g <sup>-1</sup> )	51.3	103.3	155.6	68.7	108.0	94.4
Contenido de zeolita	-	-	-	9.0	16.1	15.9
TCU (Å)	-	-	-	24.2	24.21	24.21

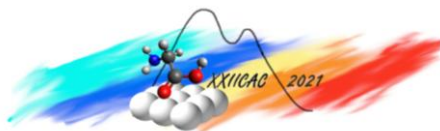
La mayoría de los compuestos del bio-oil se convirtieron más eficientemente sobre SiO<sub>2</sub>-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> que sobre los otros catalizadores mesoporosos. Por ejemplo, ciertos éteres fenólicos voluminosos, como metoxicatecol y etilguaiaicol, alcanzaron conversiones completas sobre SiO<sub>2</sub>-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> y de menos de 30 % sobre Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> y SiO<sub>2</sub>. Dado que estos compuestos son considerados menos reactivos que otros sobre catalizadores ácidos [2], puede asumirse que la mayor acidez de SiO<sub>2</sub>-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> favoreció su desoxigenación. La incorporación de zeolita Y a los catalizadores mejoró la conversión de estos compuestos, y cuanto más ácido fue el catalizador, mayor fue su conversión; por ejemplo, la de metoxicatecol se incrementó de 29 % sobre SiO<sub>2</sub> (acidez: 51.3 μmol Py g<sup>-1</sup>, Tabla 1) a 54 % sobre Y/SiO<sub>2</sub> (acidez: 68.7 μmol Py g<sup>-1</sup>), y la de etilguaiaicol, de 2 a 28 % sobre los mismos catalizadores. Esto demuestra que los éteres fenólicos y otros compuestos con alto peso molecular (>130 g mol<sup>-1</sup>), que representan respectivamente 18.5 % y 30 % del bio-oil estudiado, necesitan área aportada por los mesoporos para su pre-craqueo y sitios ácidos zeolíticos fuertes para su conversión a hidrocarburos.

Por el contrario, la conversión de los compuestos más livianos del bio-oil (ácidos, ésteres, aldehídos, cetonas, furanos y alcoholes), disminuyó notablemente al incorporar zeolita Y al catalizador; por ejemplo, la conversión de los ésteres disminuyó de 100 % sobre SiO<sub>2</sub>-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (acidez: 155.6 μmol Py g<sup>-1</sup>) a menos de 30 % sobre Y/SiO<sub>2</sub>-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (acidez: 94.4 μmol Py g<sup>-1</sup>). Esto sugiere que, por la naturaleza menos refractaria de estos compuestos, su conversión guarda relación directa con la acidez total (densidad de sitios ácidos [3,4,6]), sin requerir específicamente de acidez zeolítica para su desoxigenación.

**Tabla 2.** Conversión y desoxigenación de bio-oil de aserrín de pino

	Catalizadores mesoporosos			Catalizadores compuestos		
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub> -Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Y/SiO <sub>2</sub>	Y/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Y/SiO <sub>2</sub> -Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Conversión del bio-oil (%p)	69.3	84.6	98.9	91.1	85.1	90.7
Desoxigenación (% molar)	82.0	72.7	94.7	83.2	72.5	87.5
<i>Conversiones individuales</i>						
Ácidos y ésteres	100.0	100.0	100.0	91.8	98.0	56.9
Aldehídos, cetonas, furanos y alcoholes	79.4	81.9	82.6	77.6	68.1	47.8
Éteres fenólicos	66.1	77.1	87.4	72.8	92.9	99.9

En la Tabla 3 se observa que la presencia de un sólido favoreció la producción de gases y coque, en detrimento de la de líquidos, en comparación con la pirólisis puramente térmica. Sobre SiO<sub>2</sub> se obtuvo



más líquido y menos gases y coque que sobre los otros sólidos mesoporosos, debido a que sobre este material sólo ocurren reacciones térmicas. Lo opuesto ocurrió al utilizar los catalizadores compuestos; los sitios ácidos fuertes promueven reacciones catalíticas de craqueo, oligomerización, condensación y polimerización [6]. La estructura microporosa de la zeolita Y favorece la formación de coque, en parte, por las restricciones que impone a la difusión de moléculas voluminosas como los éteres fenólicos y las cetonas cíclicas sustituidas (3.8 %p en el bio-oil), que reaccionan sobre la superficie externa de la zeolita o en la matriz [7]. Las mayores producciones de coque se obtuvieron sobre  $\text{Al}_2\text{O}_3$  y  $\text{Y}/\text{Al}_2\text{O}_3$ , lo que puede explicarse por la alta disponibilidad de poros más grandes en la  $\text{Al}_2\text{O}_3$  que permiten alojar moléculas voluminosas, que reaccionan al entrar en contacto con los sitios ácidos.

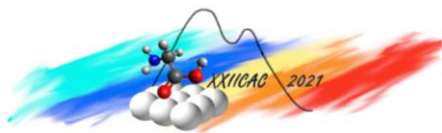
**Tabla 2.** Distribución de productos en el upgrading inmediato de bio-oil de aserrín de pino

	Catalizadores mesoporosos				Catalizadores compuestos		
	Sin catalizador	$\text{SiO}_2$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$	$\text{Y}/\text{SiO}_2$	$\text{Y}/\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{Y}/\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$
<i>Rendimientos (%p, biomasa seca)</i>							
Líquido	61.8	64.2	56.2	50.5	54.3	54.3	53.5
Gases	13.6	10.6	17.6	23.5	19.4	18.7	22.6
Char	21.4	23.8	20.0	20.1	23.5	20.1	19.9
Coque	-	1.4	6.1	5.9	2.8	6.9	4.1
<i>Distribución de productos líquidos y gaseosos (%p)</i>							
Hidrocarburos	5.9	15.2	18.8	26.2	17.0	11.6	10.0
Compuestos oxigenados	31.2	29.7	13.9	10.1	13.8	20.7	26.6
Hidrógeno	1.6	1.0	2.2	1.7	1.4	2.4	1.8
$\text{CO}_2$	5.2	2.3	6.3	4.9	4.0	6.9	5.1
Agua	25.0	26.2	29.5	29.2	30.2	27.8	23.9
No identificados	9.1	0.5	3.2	1.9	3.0	3.7	8.9
<i>Gasolina (%p)</i>							
Selectividad		8.0	6.6	6.6	16.6	12.5	3.8
Composición							
Olefinas		27.6	44.8	49.1	43.7	49.5	63.8
Parafinas		1.4	10.9	4.7	5.1	13.5	14.6
Nafténicos		1.2	2.9	1.9	1.8	2.3	0.6
Aromáticos		69.8	41.4	44.4	49.4	34.5	21.1

En comparación con la pirólisis puramente térmica, cuando los vapores del bio-oil estuvieron en contacto con un catalizador, la producción de hidrocarburos se incrementó sustancialmente en todos los casos, al igual que el contenido de agua en los productos líquidos, lo que soporta la hipótesis de que la deshidratación es la principal vía de desoxigenación de los componentes del bio-oil.

En cuanto a los hidrocarburos, su producción fue mayor con el aumento de la acidez en los catalizadores mesoporosos ( $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3 > \text{Al}_2\text{O}_3 > \text{SiO}_2$ ), y con el aumento de la mesoporosidad sobre los catalizadores compuestos ( $\text{Y}/\text{SiO}_2 > \text{Y}/\text{Al}_2\text{O}_3 > \text{Y}/\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$ ). Como era de esperar, la producción de oxigenados y de los productos de desoxigenación (principalmente agua) siguió la tendencia opuesta en ambos casos. Esto puede explicarse porque los compuestos pesados del bio-oil (que representaron el 30 % de total), están sujetos a restricciones difusivas más severas en la zeolita Y que otros más livianos de naturaleza química más diversa (incluyendo grupos carbonilos, carboxilos, hidroxílicos, ésteres y anillos furánicos). En consecuencia, los compuestos pesados se convirtieron más fácilmente en hidrocarburos sobre el catalizador con mayor área superficial de mesoporos ( $\text{Y}/\text{SiO}_2$ ), que es suficientemente ácido y donde las restricciones difusivas son menos significativas. Entonces, la eficiencia de conversión de los compuestos oxigenados del bio-oil en hidrocarburos depende en gran medida de la viabilidad de lograr su adsorción en los sitios ácidos.

La selectividad a hidrocarburos en el rango de la gasolina (ver Tabla 3) fue mucho mayor sobre los catalizadores compuestos que sobre los mesoporosos, y estuvo compuesta en todos los casos,



principalmente por olefinas y aromáticos. Los hidrocarburos aromáticos formados en la conversión de bio-oils derivan de mecanismos que incluyen decarbonilación, deshidratación e hidrólisis de éteres fenólicos, o condensación aldólica de aldehídos y cetonas y posterior ciclización [6]. Dado que, además, la selectividad a gasolina creció en el orden  $\text{SiO}_2 > \text{Al}_2\text{O}_3 > \text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$  y  $\text{Y/SiO}_2 > \text{Y/Al}_2\text{O}_3 > \text{Y/SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$ , se refuerza la hipótesis de que el pre-craqueo de moléculas voluminosas y refractarias favorece la formación de hidrocarburos de alto valor.

Los aromáticos en la gasolina estuvieron representados por alquilbencenos C8-C11 sobre los catalizadores mesoporosos, pero benceno y tolueno fueron los más importantes sobre los materiales compuestos, probablemente derivados del craqueo de los aromáticos ramificados. El contenido de olefinas en la gasolina decreció en el orden  $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3 > \text{Al}_2\text{O}_3 > \text{SiO}_2$  y  $\text{Y/SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3 > \text{Y/Al}_2\text{O}_3 > \text{Y/SiO}_2$ , lo que refleja un claro efecto catalítico en su producción.

En un trabajo previo donde se utilizaron sílice-alúminas con diferente contenido de alúmina para convertir el mismo bio-oil bajo condiciones similares [8], se demostró que la producción de aromáticos disminuyó con el aumento de la acidez del catalizador. Estas observaciones, las cuales son similares a los resultados obtenidos en este trabajo, son opuestas a las hechas en la conversión de alimentaciones hidrocarbonadas como el VGO, donde los aromáticos se producen por reacciones de ciclización y transferencia de hidrógeno [5], que son promovidas por altas densidades de sitios ácidos.

## Conclusiones

La pirólisis y la conversión catalítica inmediata de bio-oil de aserrín de pino sobre los principales componentes de los catalizadores de FCC (diferentes matrices solas o combinadas con zeolita Y) mostró que los catalizadores compuestos fueron más selectivos a gasolina, con mayor contenido de olefinas y menor de aromáticos, que los mesoporosos. Los compuestos que derivan principalmente de la celulosa y hemicelulosa (ácidos, ésteres, aldehídos, cetonas, furanos y alcoholes) se convirtieron más eficientemente sobre los catalizadores mesoporosos, mientras que los derivados de la lignina (fenoles), lo hicieron sobre los compuestos. La conversión de oxigenados de alto peso molecular mejoró cuando se añadió zeolita Y a los sólidos mesoporosos, apoyando así la hipótesis de que la acidez de la zeolita proporciona el medio adecuado para transformar pequeños fragmentos oxigenados en hidrocarburos, mientras que el área superficial de los mesoporos mejora el craqueo térmico inicial.

## Agradecimientos

Este trabajo fue realizado con el financiamiento de la UNL (CAID 50420150100068LI) y de la ANPCyT (PICT 1208/2016)

## Referencias

- [1] A. Zacher, D. Elliott, M. Olarte, H. Wang, S. Jones, P. Meyer, *Biomass Bioenergy* 12 (2019) 151-168.
- [2] A. Gayubo, A. Aguayo, A. Atutxa, R. Aguado, J. Bilbao, *Ind. Eng. Chem. Res.* 43 (2004) 2610-2618.
- [3] A de Rezende Pinho, M. de Almeida, F Leal Mendes, L. Casavechia, M. Talmadge, C. Kinchin, H. Chum, *Fuel* 188 (2017) 462-473.
- [4] G. Fogassy, N. Thegarid, G. Toussaint, A. van Veen, Y. Schuurman, C. Mirodatos, *Appl. Catal. B* 96 (2010) 476-485.
- [5] B. Wojciechowski, A. Corma, M. Dekker en *Catalytic cracking: catalysts, chemistry and kinetics*, SL Meisel (Ed.), AIChE Journal, New York (1986): 215-236.
- [6] P. Rezaei, H. Shafaghat, W. Ashri, W. Daud, *Appl. Catal. A Gen.* 469 (2014) 490-511.
- [7] J. García, M. Bertero, M. Falco U. Sedran, *Appl. Catal. A Gen.* 503 (2015) 1-8.
- [8] M. Bertero, J. García, M. Falco, U. Sedran, *Waste Biomass Valor.* 8 (2017) 933-948.