

Generación de productos sustitutos de hidrocarburos a partir de biomasa lignocelulósica residual

*Melisa Bertero*⁵ y *Ulises Sedran*⁵

Ante la posibilidad de usar biomasa residual de procesos productivos como solución a su impacto ambiental, aprovechando su gran potencial como fuente renovable de energía y de productos finales, por vía de procesos termoquímicos, en el Grupo de Investigaciones en Aplicaciones Catalíticas (GIAC) del INCAPE se trabaja en generación de energía a partir de biomasa desde 2007. Las líneas principales son gasificación y pirólisis. Se generaron numerosos antecedentes sobre el tema, incluyendo estudios con biomásas lignocelulósicas residuales o de especies invasivas (más de 30 tipos estudiados, incluyendo aserrines de maderas, residuos de cosechas, cáscaras de cereales e incluso estiércol vacuno). Los trabajos incluyeron diseño, construcción y puesta a punto de tres reactores de laboratorio: de pirólisis convencional, pirólisis rápida y de conversión catalítica inmediata del *bio-oil* generado en hidrocarburos, para uso como combustibles y materia prima para la industria química. Los estudios mostraron que son posibles altas producciones de *bio-oils* (50 a 70 %) a partir de casi cualquier biomasa lignocelulósica (Bertero *et al.*, 2012, 2014a, 2014b; 2018), cuyas características los hacen adecuados para convertirlos en hidrocarburos mediante upgrading catalítico, o usarlos en reemplazo de alimentaciones fósiles en refinerías. Asimismo, el subproducto sólido denominado *char* y los gases de la descomposición de la biomasa también fueron analizados para determinar su composición y propiedades, que permitieran definir usos. Así, los gases pueden emplearse para generar el calor necesario para la propia pirólisis, mediante recirculación y combustión en el mismo reactor. El *char* puede transformarse en carbón activado y emplearse como adsorbente o soporte de otros materiales; también existen aplicaciones más novedosas, como su agregado como relleno en mezclas asfálticas.

Recientemente se construyó en INCAPE un gasificador escala piloto (tiro descendente, downdraft) para obtener «gas pobre», destinado a motores de combustión interna para generar energía mecánica y eléctrica, o a turbinas de gas y que, dada su alta temperatura, también podría usarse como fluido de intercambio calórico. En este equipo se estudió la gasificación de cáscara de arroz, con rendimiento, composición y poder calorífico del gas pobre. Se ensayan también otras biomásas, como aserrines de diferentes maderas.

5 Instituto de Investigaciones de Catálisis y Petroquímica «Ing. José Miguel Parera» (INCAPE) (CONICET-UNL).

Además del estudio de biomásas vegetales para generación de energía y productos químicos, y dado que la disposición de los residuos animales de explotaciones ganaderas intensivas (feedlots) representan un gran problema ambiental y económico, el grupo investigó sobre el estiércol vacuno proveniente de tales establecimientos como materia pirolizable. Los rendimientos a líquido (45 a 65 %), con alto contenido de hidrocarburos, muestran que es posible generar energía y combustibles con esta biomasa (Bertero *et al.*, 2019a).

Además, el grupo GIAC trabaja en tres líneas para valorización de los *bio-oils* generados por pirólisis de biomasa: a) coprocesamiento de los *bio-oils* y sus fracciones acuosa y tar en el proceso de craqueo catalítico (FCC en refinerías); b) uso de tar pirólítico y alquitrán de gasificación como ligantes en mezclas asfálticas; y c) recuperación de compuestos a partir de los *bio-oils* y sus fracciones. En todas estas temáticas, el grupo registra resultados de investigaciones, con carácter aplicado, que han producido importantes contribuciones.

Bajo el enfoque de coprocesamiento en refinerías se desarrollaron trabajos sobre el pre-tratamiento térmico de los *bio-oils* de diferentes biomásas para mejorar su procesabilidad en unidades de craqueo catalítico de fluidos (FCC). El tratamiento fue realizado lentamente, con lo que fue posible separar precursores de coque y aumentar su Índice Efectivo de Hidrógeno, que describe la capacidad de conversión de una alimentación en el FCC (Bertero *et al.*, 2011; Bertero y Sedran, 2013a).

Estudios posteriores de conversión sobre catalizadores comerciales de FCC permitieron dilucidar aspectos fundamentales, concluyendo que es posible obtener hidrocarburos a partir de los *bio-oils*, y que el tratamiento previo es positivo, mejorando la desoxigenación (hasta 95 %) y disminuyendo la producción de coque. Esto último es un aspecto central si se considera el coprocesamiento, dado el delicado balance de energía que rige las unidades de FCC. La conversión de los *bio-oils* generó principalmente olefinas C₄- e hidrocarburos en el rango de la gasolina. Se utilizaron dos tipos de reactores: uno de lecho fijo (MAT–MicroActivity Test) y un Simulador de Riser CREC, que reproduce más fielmente las condiciones del proceso industrial (Bertero y Sedran, 2013b; 2015; Bertero *et al.*, 2013; 2015a; 2015b; 2017; 2019b; 2019c; Pujro *et al.*, 2019). Estos trabajos confirman que el grado de desoxigenación del *bio-oil* no generaría impacto negativo sobre los productos del FCC, y que la cantidad de coque proveniente del *bio-oil*, especialmente si se lo trata térmicamente de manera previa, no representaría inconvenientes para la operación comercial, al igual que el agua que se agregaría con el *bio-oil* al sistema.

Se realizaron, y están en curso, estudios de coprocesamiento de *bio-oils* con Gas Oil de Vacío (alimentación tradicional del FCC) utilizando catalizadores comerciales, con lo que se intenta dilucidar qué tipos de catalizadores son más adecuados y qué grado de optimización puede lograrse con ellos, así como la máxima concentración de *bio-oil* factible de utilizarse en función del catalizador y de la biomasa de origen.

El análisis de la eficiencia de los catalizadores de FCC para convertir *bio-oils* se complementó con la formulación de prototipos con zeolitas Y modificadas por desilicación alcalina, que fueron evaluados en tal conversión. La mesoporosidad intracristalina generada incidió positivamente al favorecer la difusión de las moléculas más voluminosas en los *bio-oils* y los tars, produciendo mayor desoxigenación y mayor producción de hidrocarburos. También se revalorizaron catalizadores agotados de FCC mediante lixiviación en medios ácido y alcalino, mejorando su performance en el upgrading de líquidos de pirólisis derivados de aserrín de madera y de estiércol vacuno, respecto de los catalizadores comerciales equilibrados (García *et al.*, 2015).

El empleo de tar pirólitico y alquitrán de gasificación como ligantes en mezclas asfálticas convencionales se basa en incorporar a tales mezclas los componentes de mayor viscosidad y densidad de tars y alquitranes de gasificación, mejorando también sus procesos de envejecimiento. Esta opción libera recursos fósiles para su procesamiento en refinerías hacia productos de mayor valor.

La obtención de productos valiosos es posible a partir de los *bio-oils* derivados de diversas biomásas residuales, en los que se observan altas concentraciones de ciertos compuestos o grupos de compuestos. Hasta el momento se ha logrado concentrar hasta 72 % los fenoles contenidos en *bio-oil* de cáscara de arroz combinando técnicas de extracción líquido-líquido con destilación al vacío, y se estudia la producción de acetatos a partir de diferentes *bio-oils* por vía de reacciones de esterificación.

Los resultados de estas investigaciones resultan prometedores dado el impacto que podrían tener sobre el sector productivo regional. Es de destacar que todos estos resultados pueden escalar a niveles mayores, y que estas propuestas contribuyen a la reducción de impactos negativos de actividades productivas mediante la generación de energía, combustibles y productos químicos de alto valor a partir de residuos agrícolas, forestales e industriales.

Conclusiones y recomendaciones

En la provincia de Santa Fe, la opción de instalar sistemas descentralizados de producción de energía a partir de biomasa lignocelulósica (por ejemplo, procesos pirolíticos y/o de gasificación), resulta prometedora para facilitar consumos locales (sobre todo en producciones agropecuarias), reduciendo costos y solucionando el problema ambiental que los residuos de estas actividades generan.

La inversión en innovación y tecnología en este sector energético debe recibir el apoyo del sector público, para lo cual, Santa Fe tiene la capacidad científica y tecnológica necesaria para el desarrollo de proyectos de esta índole. El grupo de trabajo realiza transferencia de conocimientos y tecnologías al sector privado desde hace muchos años, incluyendo análisis de laboratorio, evaluación de catalizadores y condiciones para procesos de refinación y de generación de energía a partir de biomasa, así como también la capacitación de recursos humanos en la materia

Hidrógeno como vector de energía. Producción a partir de materias primas renovables de la región

John Múnera,⁶ Ana Tarditi⁶ y Laura Cornaglia⁶

El desarrollo industrial que ha tenido la provincia de Santa Fe en los últimos años ha llevado a una creciente demanda energética. La diversidad y la flexibilidad dentro de los sistemas energéticos es clave: el futuro energético provendrá de fuentes más diversas que en el presente. En ese sentido, el hidrógeno (H₂) puede ocupar un lugar importante, junto a otras tecnologías de almacenamiento de energía, donde los beneficios del hidrógeno sean concretos para aplicaciones específicas. En Argentina, el desarrollo, producción, uso y aplicaciones del hidrógeno como combustible y vector de energía, se ha promovido a través de la ley 26123. Recientemente, se ha presentado un proyecto con modificaciones de ésta, tendientes a favorecer el desarrollo de la actividad (Modificación ley 26123).

La disponibilidad de hidrógeno para su uso en celdas de combustibles para la producción de energía tiene como principal beneficio disminuir la contaminación ambiental. La producción de hidrógeno con estos fines plantea la necesidad de buscar métodos novedosos y más económicos para su generación, separación y purificación. El desafío es producir hidrógeno a partir de

⁶ Instituto de Investigaciones de Catálisis y Petroquímica «Ing. José Miguel Parera» (INCAPE) (CONICET–UNL).