

Fernando Daniel Ramos  
María Soledad Díaz  
Marcelo Armando Villar

Planta Piloto de Ingeniería Química,  
Universidad Nacional del Sur-Conicet

# Biocombustibles

**E**l uso de biocombustibles data de la época en la que la humanidad descubrió cómo hacer fuego y se valió de madera para cocinar o calentarse. Durante el siglo XVIII, las principales ciudades europeas y americanas se iluminaban utilizando grasas o aceites vegetales, entre estos, aceite de ballena. Eso cambió a partir de 1860, cuando el uso de kerosene se impuso para lámparas de casas y calles.

A principios del siglo XX, Rudolf Diesel (1858-1913), inventor del motor de combustión interna que lleva su nombre, desarrolló un prototipo de ese motor que funcionaba con aceite de maní. No mucho después, la mayor disponibilidad de petróleo, sumado a su bajo

costo y a los mejores resultados que daban los hidrocarburos fósiles para el funcionamiento de motores diésel, convirtió a los últimos en los combustibles dominantes.

En la década de 1970, los biocombustibles cobraron nueva importancia debido a la crisis del mercado del petróleo, acaecida como consecuencia de los conflictos del Cercano Oriente, en especial la guerra entre Israel y los países árabes. Hacia finales del siglo XX, la preocupación mundial sobre el cambio climático, la disminución de los recursos fósiles y el propósito de asegurar sustentabilidad energética, entre otros factores, llevaron a volver la mirada a los biocombustibles, lo que condujo a impulsar de manera concreta su producción.

## ¿DE QUÉ SE TRATA?

¿Qué son los biocombustibles y qué lugar ocupan en el panorama energético argentino y mundial?

## Tipos de biocombustibles

De las numerosas clasificaciones que se han propuesto, la más difundida agrupa los biocombustibles no por su composición química, que varía poco, sino en función del tipo de materia orgánica de la que provienen. Así, se habla de biocombustibles de primera generación para designar a los que se producen a partir de aceites o azúcares comestibles provenientes de plantas como maíz, caña de azúcar, girasol o soja. La forma de obtenerlos depende de la planta de origen: si tiene alto contenido de azúcares, se opta por convertirlos en alcoholes por fermentación, como sucede con la producción de etanol a partir de caña de azúcar. En cambio, si se parte de plantas ricas en grasas o aceites, se recurre a una reacción química llamada *transesterificación*, por la cual se combinan dichos aceites con un alcohol para generar ésteres grasos, como el biodiésel.

Los biocombustibles de segunda generación se obtienen con materias primas no aprovechables para alimen-

tación humana, como residuos forestales y agrícolas, que tienen elevado contenido de celulosa y lignina, principales componentes de las paredes celulares de las plantas. El aceite reciclado de cocina se puede considerar materia prima de biocombustibles de segunda generación, pues ya no tiene uso alimentario.

Hay varias formas de producir biocombustibles de segunda generación, de las cuales la vía bioquímica y la termoquímica son las más conocidas. La primera emplea microorganismos para reducir a azúcares simples las complejas cadenas químicas de las moléculas de celulosa, y luego transforma los azúcares en biocombustible. La forma termoquímica se vale de alta presión y temperatura para pasar de una amplia variedad de tipos de biomasa a combustibles. Un camino posible es obtener *gas de síntesis*, una mezcla de monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) e hidrógeno (H<sub>2</sub>). Este gas se utiliza luego para producir energía en forma de calor. La otra forma termoquímica de conversión es la *pirólisis*, una reacción química que se lleva a cabo en ausencia de oxígeno y por



Planta de producción de biocombustibles en el medio oeste norteamericano. En primer plano, maíz que le sirve de materia prima.



Aviso de una estación de servicio de Sacramento, California, que ofrece explícitamente bioetanol y biodiésel. Los precios están en centavos de dólar por galón (3,8 litros). Adviértase que en ese momento (mayo de 2010) el etanol se vendía allí 18% más barato que la nafta común.

la cual materia orgánica sometida a altas temperaturas se descompone y genera una mezcla de carbón y alquitrán.

Los biocombustibles de tercera generación provienen de organismos que pueden producir su propio alimento a partir de energía solar y CO<sub>2</sub>, entre ellos algas, que se pueden cultivar en reactores fotoquímicos o en piletones al aire libre. Luego de secarlas, se extrae el aceite que contienen en sus células y se lo transforma en biocombustible por alguno de los métodos anteriores.

Los biocombustibles de cuarta generación se producen a partir de organismos genéticamente modificados para que capturen más dióxido de carbono del ambiente, con lo que tienen la doble característica de provenir de una fuente alternativa de energía y ser generados por procedimientos que disminuyen el contenido atmosférico de gases de efecto invernadero. Así se ha alterado por procedimientos de ingeniería genética árboles como el eucalipto para que almacenen hasta tres veces más CO<sub>2</sub> que los normales, y provean celulosa en mayores proporciones, lo cual se traduce en un incremento de biocombustible generado. Asimismo, algunas empresas recurren a microorganismos modificados genéticamente, como Algenol (fundada en 2006 y hoy con sedes en los Estados Unidos y Alemania), que produce bioetanol de manera directa.

## Panorama mundial

Los Estados Unidos son el mayor productor mundial de biocombustibles. En 2014 produjeron unos 4700

millones de litros de biodiésel y unos 54.300 millones de litros de bioetanol, principalmente a partir de soja, maíz y trigo. De ellos, unos 1900 millones de litros de biodiésel y unos 1300 millones de litros de bioetanol provinieron de material lignocelulósico, residuos industriales y algas. Los combustibles de este último tipo reciben el nombre de biocombustibles avanzados (*advanced biofuels*). Los objetivos del gobierno de ese país incluyen alcanzar en 2022 los 136.000 millones de litros anuales de combustibles de fuentes renovables, el 60% de los cuales generado con productos ajenos a la alimentación humana. Para cumplir con esa meta, el país ha establecido importantes incentivos fiscales.

América del Sur ocupa el segundo lugar en importancia como productor mundial de biocombustibles, ante todo por la acción del Brasil, que en 2014 produjo 25.600 millones de litros de bioetanol y 3500 millones de litros de biodiésel, principalmente a partir de caña de azúcar, soja y maíz. Exportó parte de esa producción (6,24% del bioetanol y 1,14% del biodiésel) a los Estados Unidos y a países europeos como Suecia y Holanda. El gobierno impulsó decididamente para uso en vehículos la producción de bioetanol de caña de azúcar, y Petrobras se convirtió en el principal comercializador de mezclas de biocombustibles y combustibles fósiles.

En la Argentina, el comienzo de la producción de biocombustibles es más reciente, no obstante lo cual se ha convertido en uno de los cinco mayores generadores de biodiésel del mundo, con una producción en 2014 de alrededor de 2900 millones de litros obtenidos procesando soja. Hoy el gasoil que se expende tiene el 10% de biodiésel, y desde el 1 de diciembre de 2014 las naftas deben contener por disposición oficial igual porcentaje de bioetanol. Estas medidas apuntan a aliviar la presión de la demanda sobre los combustibles fósiles, y por ende también su importación.

En la Unión Europea, Bélgica y Holanda tuvieron en 2014 una producción de biodiésel, principalmente con aceite de colza, que rondó los 11.500 millones de litros, y de bioetanol, generado a partir de trigo y de remolacha, de unos 5200 millones de litros (lo que marcó un incremento sobre 2013 del 9% y del 13% respectivamente).

## Desafíos que enfrentan los biocombustibles

La producción actual de biocombustibles está enmarcada en un contexto que le plantea múltiples desafíos de tipo económico y ambiental, así como una incógnita relacionada con la regularidad de provisión y sustentabilidad de sus materias primas.



Originalmente se pensaba que los biocombustibles, a diferencia de los hidrocarburos fósiles, podrían obtenerse de manera ilimitada, ya que los recursos necesarios para su producción son abundantes en nuestro planeta, aun teniendo en cuenta la importante cantidad de tierra requerida para generar la biomasa de la que se los obtiene.

Pero el crecimiento de la población mundial y su consecuente demanda de alimentos y otros bienes plantea un uso alternativo que la sociedad puede considerar igual o más importante de los mismos recursos, y nos pone ante la decisión de establecer la manera de asignarlos, la cual puede tomar ribetes dramáticos si se trata de optar entre el empleo de tierras para alimentación o para energía.

Puesto lo anterior en términos económicos, el incremento de demanda de tierra agrícola por la expansión

del mercado de sus productos que genera la industria de los biocombustibles tiende a llevar (si los demás factores no cambian) a un aumento del precio de esa tierra y, por ende, de lo que produce, en particular de los alimentos. Esto constituye sin duda un trastorno en cualquier país, rico o pobre, con consecuencias más marcadas en el nivel de vida las poblaciones que deben destinar una alta fracción de sus ingresos a alimentarse. Es fácil advertir las repercusiones sociales y políticas de la situación.

Existen, sin embargo, situaciones en que para ciertos cultivos pueden complementarse el uso alimentario y la utilización como materia prima de biocombustibles. Así, si se produce biodiésel a partir de soja, se aprovecha el aceite del poroto y no su proteína. En esta, precisamente, reside el mayor valor alimenticio de la soja, cuyo aceite entra poco en la alimentación humana y debe eliminarse



Los biocombustibles pueden sustituir a los combustibles fósiles sin mayores restricciones, como lo muestra este Jumbo en Holanda.

o reducirse fuertemente en la alimentación animal. De hecho, solo el 6% del aceite de soja producido en la Argentina se destina a alimentación humana, mientras que el resto se transforma en biocombustible o se emplea para generar electricidad. Así, el biodiésel de soja puede concebirse en alguna medida como un subproducto de una agroindustria de proteínas vegetales.


El futuro de los biocombustibles depende de sus costos de producción y de la relación de estos con los de los combustibles fósiles y los de otras formas de energías de fuentes renovables. Dejando de lado las políticas estatales —por las que se aplican impuestos, se conceden subsidios y se controlan precios—, un elemento crucial en los últimos tiempos es la caída de los precios internacionales del petróleo y el gas, que ponen en franca desventaja en el corto y el mediano plazo a los combustibles que podrían aspirar a sustituir a los hidrocarburos fósiles.

Las decisiones de política energética, sin embargo, son típicamente de largo plazo y, en ese ámbito, hoy se considera de primordial importancia, tanto en medios académicos como políticos y de la opinión pública, tomar en cuenta sus consecuencias ambientales, en particular las emisiones de gases de efecto invernadero, como CO<sub>2</sub> y metano (CH<sub>4</sub>), o de óxido de nitrógeno. Si bien los biocombustibles emiten esos gases de la misma manera como lo hacen los combustibles fósiles, porque sus respectivas composiciones químicas son similares, sucede que si se considera su ciclo completo, el balance es en términos generales favorable para los biocombustibles, ya que su materia prima agrícola o forestal se formó principalmente con CO<sub>2</sub> atmosférico y energía solar. En resumen, los biocombustibles reciclan el CO<sub>2</sub> actual de la atmósfera mientras que los combustibles fósiles emiten a la atmósfera CO<sub>2</sub> que provino de ella hace millones de años, lo que implica un incremento neto del contenido atmosférico actual de ese gas.

Como toda afirmación de tipo general, es necesario calificar la anterior para los casos concretos, idealmente mediante un análisis cuantitativo de cada situación particular, pues se debe tener en cuenta los resultados ambientales de todas las etapas del proceso de los biocombustibles, que incluyen la producción agrícola o forestal, la transformación industrial, el transporte, la distribución y el consumo.

De todos modos, la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA, por su sigla en inglés), que aplica la política de fomento de la producción de biocombustibles en ese país, los considera uno de los instrumentos por los que se puede alcanzar la meta de reducir para 2022 (con relación a 2005) en 60% la emisión de gases de efecto invernadero por el uso de naftas. Eso equivaldría a retirar hoy de circulación 27 millones de vehículos.

## Una última reflexión

Los biocombustibles no son la solución definitiva de los problemas energéticos, económicos y ambientales que padece el planeta. Pero son una fuente alternativa de energía, complementaria de las tradicionales en el corto y en el mediano plazo, y con muchos rasgos promisorios cuando se mira el largo plazo, en el que la primera gran incógnita entre muchas es cómo evolucionarán los combustibles fósiles, que actualmente constituyen la base sobre la que se apoya la economía mundial. 

### LECTURAS SUGERIDAS

**DUTTA K, DAVEREY A & LIN JG**, 2014, 'Evolution retrospective for alternative fuels: First to fourth generation', *Renewable Energy*, 69, 114-122.

**EGGEMAN T & ATIYEH C**, 2010, 'The role for biofuels', *Chemical Engineering Progress*, 106, 3: 36-38.



#### Fernando Daniel Ramos

Ingeniero químico, UNS.  
Auxiliar docente, UNS.  
Becario doctoral del Conicet.  
[fdramos@plapiqui.edu.ar](mailto:fdramos@plapiqui.edu.ar)



#### María Soledad Díaz

Doctora en ingeniería química, UNS.  
Profesora asociada, UNS.  
Investigadora principal del Conicet.  
[sdiaz@plapiqui.edu.ar](mailto:sdiaz@plapiqui.edu.ar)



#### Marcelo Armando Villar

Doctor en ingeniería química, UNS.  
Profesor titular, UNS.  
Investigador principal del Conicet.  
[mvillar@plapiqui.edu.ar](mailto:mvillar@plapiqui.edu.ar)