



1 de agosto de 2014 | Vol. 15 | Núm. 8 | ISSN 1607 - 6079

# ARTÍCULO

## **VOLVER AL FUTURO: BIOENERGÍA, BIOCOMBUSTIBLES Y BIOTECNOLOGÍA**

*José R. Alvares, Mario A. Martínez y Alfredo Martínez  
Jiménez*

## VOLVER AL FUTURO: BIOENERGÍA, BIOCOMBUSTIBLES Y BIOTECNOLOGÍA

### Resumen

Desde su origen, con el uso del fuego, la humanidad ha utilizado la bioenergía en su vida cotidiana. Durante las diferentes etapas de la historia del ser humano, los grandes cambios han sido marcados por la aplicación de diferentes tipos de energía, incluyendo el uso de bioenergía y biocombustibles como la leña, aceites y grasas, carbón vegetal y, recientemente, el etanol carburante y biodiesel obtenidos de azúcares y aceites vegetales, respectivamente. Para un futuro cercano se contempla la producción de biopetróleo, biogasolina y bioturbosina. La bioenergía y los biocombustibles han sido partícipes del desarrollo de la humanidad y a futuro continuarán formado parte de la oferta energética.

“Hoy en día, una de las opciones más viables para la producción de biocombustibles es la utilización de materias primas que no impacten la cadena de producción de alimentos.”

**Palabras clave:** bioenergía, biocombustibles, biotecnología, etanol carburante.

### *BACK TO THE FUTURE: BIOENERGY, BIOFUELS AND BIOTECHNOLOGY*

#### *Abstract*

*Since its origin, when humans started to control fire, mankind has used bioenergy in their daily lives. During the different stages of human history, major changes have been marked by the application of different types of energy, including the use of bioenergy and biofuels such as wood, oil and grease, charcoal, and recently fuel ethanol and biodiesel obtained from sugars and oils from vegetables, respectively. In the near future, bio-oil, bio-gasoline and bio-jet fuel will be produced using biotechnology processes, plants and microorganisms to obtain these bio-fuels. Bioenergy and biofuels have been present in the development of humanity and will continue being a fraction of future energy supply.*

**Keywords:** *bioenergy, biofuels, biotechnology, fuel ethanol.*

## VOLVER AL FUTURO: BIOENERGÍA, BIOCOMBUSTIBLES Y BIOTECNOLOGÍA TRANSMISIÓN ONLINE

### Introducción

**L**a energía se convirtió en una necesidad de la humanidad desde sus orígenes. Cuando el ser humano aprendió a manejar el fuego se dio cuenta del potencial que este elemento tenía para modificar su entorno. Aprendió a dominar sobre los animales y logró consolidarse como un ser privilegiado. Sin embargo, el fuego necesitaba de un combustible que lo alimentara, lo cual condujo a la quema de madera como principal impulsor del fuego. La madera es obtenida de los árboles, lo cual la convierte en un combustible de origen biológico. En otras palabras, la humanidad, desde sus inicios, usa biocombustibles para satisfacer sus necesidades energéticas. Gracias a esto se perfeccionaron las herramientas, se crearon nuevos materiales y se facilitó la calidad de vida.

Ilustración elaborada por  
 David Ferreira Gómez



### Del descubrimiento de la bioenergía a los combustibles fósiles

Se define como bioenergía a la energía que se obtiene de la biomasa. La biomasa es el material orgánico que más ha sido utilizado como combustible a lo largo de toda la historia de la humanidad. Es producida por organismos fotosintéticos al fijar luz, agua y dióxido de carbono. Por ejemplo: plantas terrestres y marinas, o microorganismos fotosintéticos conocidos como cianobacterias y microalgas. En estos organismos, la energía solar queda almacenada en enlaces químicos y puede ser liberada mediante procesos como la combustión, la digestión, la descomposición, o bien, mediante su hidrólisis y fermentación a combustibles líquidos o gaseosos.

Con el transcurso de los siglos, se descubrieron nuevas formas de alimentar al fuego e incluso nuevas formas de energía. El hombre se dio cuenta de que las ceras y aceites también servían para generar fuego, e incluso proporcionaban otras propiedades que no le otorgaba la madera, como aromatizar una habitación o alcanzar temperaturas altas para transformar de una manera distinta su ambiente. Estas ceras y aceites también son obtenidos de biomasa vegetal o animal, y actualmente se está estudiando su obtención a partir de plantas (como la higerilla y jatropha) que crecen en zonas semidesérticas

y de microalgas, microorganismos acuáticos fotosintéticos que acumulan una cantidad elevada de aceite durante su reproducción y crecimiento.

Durante la época de la Revolución Industrial, el ser humano creó la primera máquina impulsada por vapor. A la par del diseño de las máquinas que podían ser impulsadas por vapor, se desarrollaron otros equipos que podían generar energía mecánica y moverse a partir de la corriente de un río, la fuerza del viento o inclusive por un caballo. Es decir, que se estaban desarrollando otras formas de energía: la eólica, la hidráulica y la cinética.

Máquina de vapor  
 Imagen: SOPHOCO



Siglos más tarde, se descubrió que el vapor podía ser obtenido a partir de carbón. Este combustible fósil produce más energía al quemarse que la madera, razón por la cual se construyeron máquinas de vapor de gran envergadura. Además, se empezaron a realizar experimentos con resultados positivos sobre otra forma de energía: la electricidad. Algunos de estos descubrimientos marcan el inicio de la Revolución Industrial. Igualmente, en este periodo se descubre el potencial del gas para ser usado como combustible e impulsar los motores de distintas máquinas.

No fue hasta el año de 1859 que el coronel Edwin Drake extrajo petróleo en Estados Unidos, suceso que marca el inicio de la época moderna, en la cual se usa el petróleo como uno de los principales combustibles generadores de energía. Además del petróleo, también se conoce con el término de combustibles fósiles a los yacimientos geológicos de carbón y gas natural. Estos tres materiales se formaron, en épocas geológicas, hace cientos de millones de años, principalmente a partir de la descomposición de plantas y microalgas, y en una pequeña fracción a partir de restos de animales, al estar sometidos a presiones y temperaturas elevadas ocasionadas por las diferentes capas de la tierra que los almacenan y cubren.

## Los biocombustibles

Los biocombustibles son combustibles fabricados a partir de biomasa: recursos vegetales, por ejemplo la leña, residuos forestales, carbón vegetal, aceites vegetales y desechos agrícolas como la paja, bagazo y otros sólidos. Tienen amplio uso en la cocción de alimentos, calentamiento de agua, producción de electricidad en turbinas de vapor, producción de calor industrial y electricidad. De la biomasa también se obtiene otro tipo de biocombustibles, conocidos como biocarburantes, los cuales se consiguen mediante procesos biotecnológicos, a partir de biomasa, y son convertidos a alcohol (bioetanol a partir de azúcares), biogás (biometano a partir de residuos orgánicos) y biodiesel (a partir de grasas y aceites de desecho). Estos biocarburantes se pueden emplear en motores a diesel o gasolina, automóviles, autobuses, camiones de carga, barcos y buques, o para producir electricidad y calor en generadores y trabajo mecánico proveniente de su uso en motores industriales.



Imagen: Guillermo Rivas Pacheco

El petróleo y otros combustibles fósiles han sido los principales impulsores de la energía y de diversos productos (principalmente polímeros en forma de plásticos y textiles) en el mundo desde hace casi dos siglos. Hoy en día el petróleo es transformado en una amplia gama de productos que son usados en la industria automotriz, en la fabricación de plásticos, en la industria aeronáutica y la naval, además de muchos otros usos. No obstante, es un hecho que el petróleo se está agotando y si se sigue utilizando a la misma velocidad que se está usando en la presente década, las reservas probadas y probables se agotarán a mediados de este siglo. Adicionalmente, el uso de los combustibles fósiles ha ocasionado un incremento sustancial en la concentración de bióxido de carbono. Este gas es el mayor producto que se genera al usar el petróleo, gas natural o carbón como combustibles. Dicho gas constituye uno de los principa-

les factores que favorecen el efecto invernadero, ocasionando el incremento de la temperatura global del planeta, debido a que una mayor parte del calor que recibe la Tierra del Sol no es disipado fuera del planeta. Por la relevancia que tienen los combustibles fósiles, tanto en sus aplicaciones como en efectos ambientales nocivos, se vuelve impe-

rante la búsqueda de alternativas para la amplia variedad de derivados que se obtienen de él y de su uso como combustibles. Las denominadas energías alternas, como la eólica, hidráulica, geotérmica, nuclear y solar, son una excelente opción para generar energía eléctrica. Sin embargo, a partir de estas opciones no es posible obtener combustibles sólidos, líquidos y gaseosos, ni polímeros, los cuales sí pueden ser producidos a partir de biomasa mediante procesos biotecnológicos.

A partir de la definición de los biocombustibles, vale la pena analizar cómo se creó el petróleo. Este material se formó millones de años atrás con organismos que murieron y fueron depositados en las capas de la tierra. Bajo determinada presión y otras condiciones, estos organismos llegaron a convertirse en lo que hoy se conoce como petróleo. Es decir que el petróleo es un biocombustible; un combustible que se generó a partir de biomasa, pero que fue generado por la naturaleza, no por el ser humano; en consecuencia teniendo la ventaja de que no es necesario producirlo, sino extraerlo a un costo relativamente bajo y de forma relevante, por el procesamiento que sufrió en cientos de millones de años, con una densidad energética alta, es decir con una cantidad elevada de energía por litro. Si el petróleo se produjo a partir de biomasa, una forma de desarrollar combustibles alteros puede enfocarse en imitar lo que hizo la naturaleza para formar ese combustible fósil. Esta posibilidad, ha sido uno de los factores que ha impulsado la producción de biocombustibles, tales como biodiesel, biopetróleo, bioturbosina y bioetanol, entre otros, usando procesos biotecnológicos; con la ventaja adicional de minimizar impactos ambientales desfavorables, incluyendo la reducción neta de emisiones de gases de efecto invernadero, principalmente el dióxido de carbono, pero también monóxido de carbono, hidrocarburos, compuestos aromáticos y óxidos de azufre, entre otros.

## La biotecnología

El Diccionario de la Real Academia Española define la biotecnología como "el empleo de células vivas para la obtención y mejora de productos útiles, como los alimentos y los medicamentos". De acuerdo con la FAO, biotecnología se define como "toda aplicación tecnológica que utilice sistemas biológicos y organismos vivos o sus derivados para la creación o modificación de productos o procesos para usos específicos". Es decir que la biotecnología hace uso de organismos, principalmente microorganismos o algunas de sus partes, para la obtención de un bien o servicio útil para el hombre. Los primeros usos se remontan a varios cientos de años. Desde entonces, la humanidad utiliza microorganismos para producir yogurt, queso, pan, vino, cerveza y pulque, entre otros.

Actualmente se producen cientos de productos biotecnológicos que los humanos usamos a diario, a continuación se citan algunos ejemplos. Se emplea ampliamente en el área de los alimentos, para la elaboración de pan y yogurt, jitomates, maíz, edulcorantes, ácido cítrico, glutamato de sodio, una amplia gama de aminoácidos y ácidos orgánicos como el acético. Para la industria textil y de los detergentes, se producen por biotecnología colorantes, seda, fibras textiles, enzimas como las celulasas, lipasas y proteasas, estos últimos para dar tratamientos a las telas o para limpiar las mismas. En el área de los cosméticos: vitaminas, proteínas, ácidos desoxirribonucleicos, melaninas y

Biocombustibles. 



ácido láctico. En la industria farmacéutica: antibióticos, vitaminas, aminoácidos, hormonas, esteroides, insulina, anti-cancerígenos, interferón y vacunas, tanto para aplicaciones veterinarias como humanas. También se aplican microorganismos en la recuperación terciaria de minerales, como el oro y cobre. En el sector del medio ambiente, para el tratamiento de aguas, bio-filtros para el tratamiento de efluentes gaseosos y tratamiento de zonas contaminadas con petróleo, entre otros. En el área química, para la fabricación de colorantes y bioplásticos biodegradables. Se utiliza mundialmente en la manufactura de una amplia gama de productos fermentados que contienen alcohol; el etanol, para la fabricación de vinos y licores, cervezas y bebidas tradicionales regionales, como en México el pulque, tequila y mezcal, por mencionar algunos. De hecho, la amplia gama de conocimientos que se obtuvo para la producción de alcohol con levaduras, se ha empleado en la producción de etanol con fines de uso como carburante, esto es, etanol anhidro en mezclas con gasolina que se utiliza en vehículos automotores. De tal forma que la biotecnología ha impactado, de forma comercial, desde la década de los setenta, al sector industrial de producción de biocombustibles, principalmente en la producción de etanol a partir de los jugos de la caña de azúcar o de remolacha azucarera.

## Volver al futuro

Los combustibles fósiles son usados para generar la mayor parte de la energía que actualmente consume la humanidad. Sirven para generar energía eléctrica, la cual se emplea cotidianamente en una amplia gama de aplicaciones industriales, públicas y residenciales. Aproximadamente desde hace un siglo, y en una perspectiva de al menos otras tres décadas, el transporte, ya sea terrestre, marítimo o aéreo, ha dependido y dependerá casi en su totalidad del uso de combustibles líquidos, obtenidos de combustibles fósiles. Los automóviles usan gasolina para impulsarse, los autobuses de pasajeros y los camiones y barcos de carga pesada usan diésel, los aviones requieren de turbosina. El papel que ya realiza la biotecnología es la producción de sustitutos de estos combustibles con la premisa de reducir el impacto ambiental por la explotación y uso de carburantes fósiles.

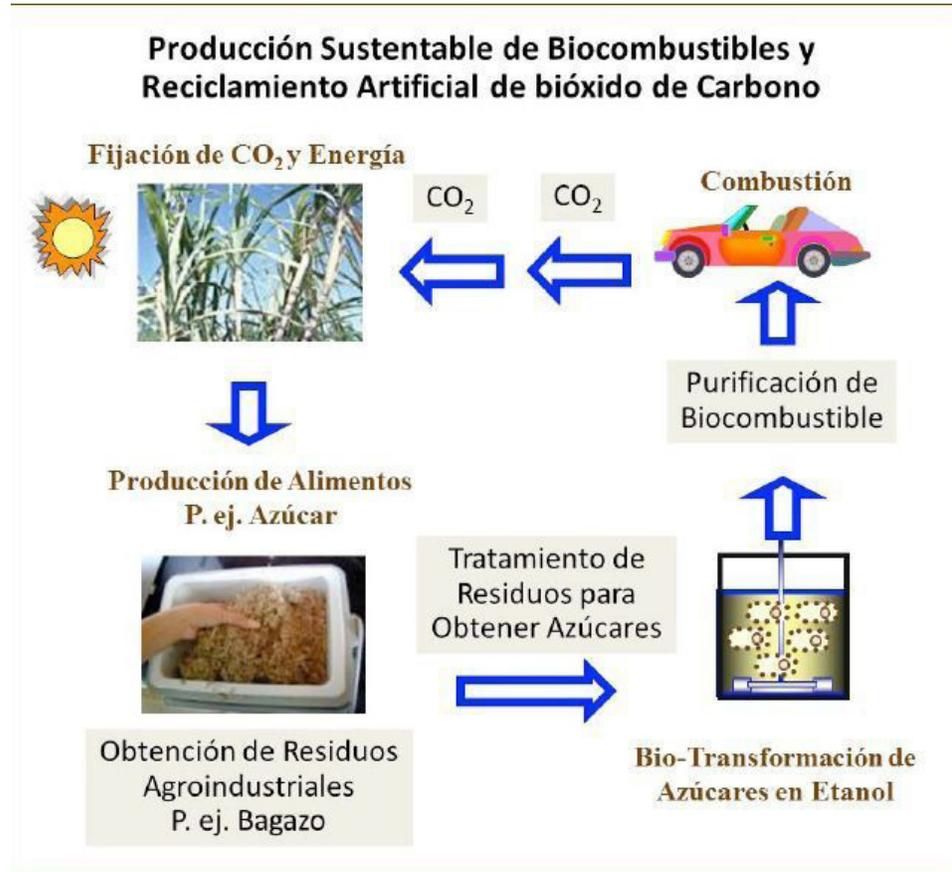
Los dos principales productores y consumidores de etanol carburante en el mundo son Brasil y los Estados Unidos de América. Hace un par de años, la producción de etanol carburante por parte de Brasil fue de alrededor de 68 millones de litros por día. La materia prima que utiliza Brasil para originar este biocombustible son las mieles obtenidas de la caña de azúcar, las cuales, mediante procesos de fermentación de vanguardia, son convertidas en etanol, usando levaduras en reactores biológicos operados de forma continua que superan los cientos de miles de litros. En los EUA se utiliza el almidón proveniente del maíz como materia prima para obtener el etanol carburante. Actualmente este país tiene una producción mayor al doble de lo que se produce en Brasil. En ambos casos se obtienen otros productos que incrementan la factibilidad económica y ambiental de dichos procesos. En Brasil, aparte del etanol carburante, se produce azúcar, y a partir del bagazo que resulta de la molienda de la caña, se obtiene energía de proceso en forma de vapor y energía eléctrica que se distribuye en las redes cercanas a las fábricas de etanol. En los EUA se obtiene un producto residual del proceso de destilación, que contiene los sólidos remanentes del procesamiento del maíz y que por sus características nutrimentales se usa ampliamente como complemento de alimento para ganado, principalmente vacuno. El etanol carburante obtenido a partir de los jugos de caña y del almidón de maíz, y de cualquier insumo que se emplea directamente como alimento para humanos, es conocido como biocombustibles de primera generación. Es importante puntualizar que el uso del etanol carburante en los automóviles no está pensado como sustituto de la gasolina, sino como complemento para mejorar las propiedades de la gasolina, hacer uso de recursos renovables para su producción, generar empleos y reducir las emisiones de gases efecto invernadero.

Sin embargo, la mayoría de los países no disponen de las condiciones ambientales, tierra arable, fertilizantes y agua para producir caña de azúcar y maíz para cultivarlos y destinarlos a la producción de alimentos y biocombustibles. En el caso de México, resulta contradictorio utilizar estos insumos para la obtención de biocombustibles, sobre todo si no se tiene satisfecha la producción para ser un país autosuficiente en el sector de los alimentos. Es por eso que hoy en día, una de las opciones más viables para la producción de biocombustibles, como el etanol carburante, es la utilización de materias primas que no impacten la cadena de producción de alimentos. Entre éstas se encuentra el uso de residuos agroindustriales y cualquier basura orgánica que constituya un problema para su disposición y que no se utilice para producir alimento para ganado o para humanos. Entre estos destacan: residuos municipales de mercados, bagazos como el de la caña y de agave, viruta y aserrín, desechos de bosques que se manejen de forma sustentable, papel y cartón de desecho, pastos de crecimiento rápido, una amplia variedad de rastrojos, incluyendo los de maíz, cebada, sorgo, trigo y arroz, entre otros.

La tecnología para producir biocombustibles a partir de residuos agroindustriales todavía no está suficientemente desarrollada y, por lo tanto, todavía no es empleada en escala industrial. Existen varias compañías alrededor del mundo que están implementando estos desarrollos en fábricas demostrativas, principalmente con los objetivos de determinar y corroborar las factibilidades técnicas, económicas y ambientales que se han evaluado a nivel laboratorio. Los rendimientos de producción de etanol carburante a nivel laboratorio y piloto a partir de residuos agroindustriales varían entre 240 y 350 litros de biocombustible por tonelada de materia seca. El concepto de producción de es-

tos biocombustibles, denominados de segunda generación por no utilizar insumos para la alimentación de humanos o animales, se muestra en la siguiente figura.

Esquema que muestra la producción de biocombustibles de segunda generación



La fotosíntesis utiliza la energía solar y el bióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) presente en la atmósfera para generar alimentos, en este caso ejemplificado por la caña de azúcar. La caña de azúcar es procesada y el residuo, el bagazo, es utilizado para generar azúcares, que son fermentados a biocombustibles, por ejemplo, el etanol. Este alcohol es purificado y se elimina por completo el agua por destilación y secado. El etanol carburante, al ser usado como combustible fósil, genera energía y produce bióxido de carbono que es regresado a la atmósfera, cerrando así el ciclo de CO<sub>2</sub>.

## Bibliografía

- [1] CARREÓN ROSRÍGUEZ, O.E., et al. “Etanol Carburante. Biotecnología y Bioingeniería”, Publicación de la Sociedad Mexicana de Biotecnología y Bioingeniería A.C. 2009, 13, (3), pp. 79-102 [en línea]: <[http://www.smbb.com.mx/revista/Revista\\_2009\\_3/Etanol\\_Carburante.pdf](http://www.smbb.com.mx/revista/Revista_2009_3/Etanol_Carburante.pdf)>
- [2] ISLAS SAMPEIRO J., Martínez Jiménez A. “Bioenergía”, Ciencia, Revista de la Academia Mexicana de Ciencias, Abril-Junio 2010, 61 (2), pp. 30-39 [en línea]: <[http://www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/61\\_2/PDF/Bioenergia.pdf](http://www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/61_2/PDF/Bioenergia.pdf)> ISSN 1405-65. ISSN: 1405-6550
- [3] “Declaración de la FAO sobre biotecnología” [en línea]: <<http://www.fao.org/biotech/fao-statement-on-biotechnology/es/>> [consulta: julio de 2014].