

¿PUEDEN SER LAS PLANTAS UNA FUENTE VIABLE PARA DESARROLLAR BIOCOMBUSTIBLES?

Aline López-Vargas, Miriam Aguilar-Ugalde, Ricardo Fosado-Rodríguez, Jorge Gracida
Universidad Autónoma de Querétaro. Facultad de Química. Posgrado de Ciencias de la
Energía, Cerro de las Campanas S/N, Las Campanas, Querétaro, Qro. México C.P. 76010
gracidaj@netscape.net

RESUMEN

La escasez de recursos se encuentra entre los mayores retos a los que se enfrenta el planeta, con una creciente demanda de energía proveniente del sector transporte. La dependencia de los combustibles derivados del petróleo como fuente principal de energía ha tenido un impacto ambiental alarmante. Esta situación ha impulsado la búsqueda y el desarrollo de alternativas renovables para nuevas formas de energía, con un menor impacto al medio ambiente. Ante esta situación, las plantas se han convertido en una materia prima de interés para la producción de combustibles. Gracias a la biotecnología se han desarrollado herramientas de ingeniería genética para manipular e introducir mejoras en plantas. En el presente trabajo se abordan de manera general algunos aspectos claves, a partir de los cuales es posible obtener diversos biocombustibles como el biodiesel y bioetanol utilizando plantas como materia prima.

Palabras clave: Bioetanol, biodiesel, fermentación, plantas transgénicas, cultivos energéticos.

Abstract

The scarcity of resources is a great challenge on the planet, with an increasing energy demand from the transport sector. The dependence on oil-derived fuels as the main source of energy has had an alarming environmental impact. This situation has driven the search and development of renewable alternatives for new energy forms, with a lower impact on the environment. Faced with this situation, crops have become a raw material of interest for the production of fuels. Thanks to biotechnology, genetic engineering tools have been developed to manipulate and introduce improvements in plants. In the present work, some key aspects are addressed in a general way, from these crops is feasible to obtain various biofuels, such as biodiesel and bioethanol using plants as raw material.

Keywords: Bioethanol, biodiesel, fermentation, transgenic plants, energy crops.



INTRODUCCIÓN

Es bien sabido que las plantas son fuente de alimentos y oxígeno, sin embargo, existen varios productos que pueden ser obtenidos a partir de ellas, por ejemplo, biocombustibles que son una alternativa para el consumo de combustibles derivados de petróleo.

El consumo de biocombustibles tiene un menor impacto ambiental y para su producción pueden utilizarse residuos renovables y de bajo costo como materia prima. Pero, ¿Cómo es que una planta puede ser una fuente de biocombustibles?

Las plantas son capaces de convertir energía luminosa (fotones) en energía química, utilizando el CO_2 del medio ambiente pueden sintetizar azúcares simples como la glucosa. Los azúcares son la unidad básica para la formación de estructuras complejas como celulosa y hemicelulosa. Estos polímeros se asocian a lignina y proteínas que en conjunto forman la pared celular, dando estructura y rigidez a las plantas. Los azúcares contenidos en las plantas pueden ser extraídos y convertidos en biocombustibles como butanol y etanol (Figura 1). Otro biocombustible de interés es el biodiesel, de igual forma puede ser obtenido a partir de plantas que acumulen grandes cantidades de lípidos.

De forma natural las plantas solo se encargan de producir lo necesario para sostener los procesos biológicos que llevan a cabo y no es suficiente para producir biocombustibles comercialmente. Es necesario incrementar el contenido de carbohidratos y lípidos en plantas, así como mejorar su capacidad de crecimiento en áreas no arables. Este escrito tiene como objetivo mostrar algunos de los avances que han tenido el diseño de plantas genéticamente modificadas en la mejora de la producción de biocombustibles.

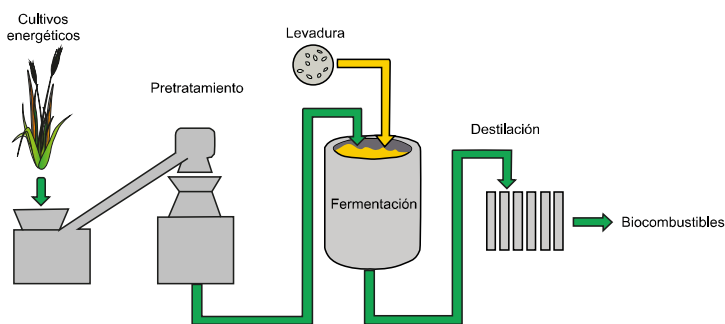


Figura 1. Proceso de producción de biocombustibles de segunda generación a partir de cultivos energéticos.

I. DESARROLLO EN EL CRECIMIENTO DE PLANTAS

México tiene un extenso territorio que cuenta con diversos climas, tipos de suelo y ecosistemas ideales para cultivar

una inmensa variedad de plantas. Las plantas destinadas a la producción de biocombustibles, son conocidas como cultivos energéticos, son una opción para evitar el uso de plantas de consumo humano. Los cultivos energéticos requieren ser robustos y tolerantes a condiciones desfavorables, como la escasez de nutrientes, sequías, temperaturas extremas, entre otras. Estas condiciones impiden que los cultivos alcancen su máximo crecimiento y desarrollo, por lo tanto, diversos grupos de investigación se dedican a identificar mecanismos en plantas que permitan superar diversos estreses.

Un mecanismo es la respuesta de defensa que tienen plantas como maíz a condiciones de sequía para lograr superar este estrés. El maíz lleva a cabo una serie de reacciones químicas en las que una enzima llamada ZmNAGK se encarga de mejorar la capacidad de retención de agua, aliviar el daño por el exceso de oxígeno e incrementar la acumulación de nutrientes, dando como resultado una mayor tolerancia a la falta de agua (Liu, et. al, 2019). Otras estrategias que utilizan plantas del desierto es la acumulación de un azúcar llamado trehalosa que funciona como osmoprotector de estructuras celulares. La trehalosa permite mantener casi íntegras proteínas y membranas, de esta forma la planta entra en un estado de dormancia y les permiten re-enverdecer al estar nuevamente en contacto con agua (Agrega, et. al, 2018).

Las plantas también se apoyan de los microorganismos que habitan el suelo para generar simbiosis, donde ambos generan condiciones favorables de crecimiento. Investigaciones actuales han demostrado que las raíces de especies de avena exudan ácidos orgánicos aromáticos que son compuestos químicos que les permite atraer cierto tipo de bacterias (Zhalnina, et. al, 2018). Este descubrimiento proporciona bases técnicas para manipular el entorno de la raíz en la planta y fomentar su crecimiento y desarrollo. Las estrategias previamente mencionadas en conjunto pueden incrementar los rendimientos de cosecha en cultivos energéticos al permitirles adaptarse a regiones no favorables para su crecimiento. Otra situación que no debe omitirse es la discusión del uso de tierras para cultivo como una limitante ética social. Lo anterior puede evitarse usando cultivos mejoradores de suelo, por ejemplo el betabel que crece en suelos con bajos requerimientos hídricos (Gracida y Díaz, 2014).

II. INCREMENTO EN EL CONTENIDO DE CARBOHIDRATOS O FACILITAR ACCESO

Dentro de las ventajas que tiene el uso de biocombustibles es que el CO₂ del ambiente es utilizado por las plantas como materia prima, por lo tanto, tienen un menor impacto ambiental. El complejo de proteínas encargado de la captación del CO₂ en plantas se llama Rubisco. Este sistema no es tan eficiente como se desea, en ocasiones actúa de forma lenta, llegando a perder energía y disminuir la producción de azúcares. Rubisco también se encuentra en otras especies como las cianobacterias, donde ha demostrado ser más rápido. La integración del complejo de Rubisco eficiente en plantas ha demostrado un aumento en la asimilación de CO₂, debido a que es más específica y mejora el aprovechamiento de la energía, por lo tanto, aumenta la producción de azúcares (Lin, et. al, 2014). Este tipo de investigaciones dan lugar al diseño de cultivos energéticos con mayor contenido de azúcares para su fermentación en biocombustibles. El acceso a los azúcares en plantas requiere de un pretratamiento, donde se busca romper los polímeros como celulosa y xilano que conforman la pared celular. Estos componentes representan la mayor parte de la materia vegetal disponible. A diferencia de la celulosa, es más complicado extraer los monómeros del polímero xilano, debido a que algunos de sus componentes generan uniones más fuertes con lignina. Genes específicos como XAXI, miembro de la familia llamada GT6I de glicosiltransferasas, el cual se encarga de la síntesis de xilano, han sido identificados. En plantas de arroz genéticamente modificadas, donde el gen XAXI ha sido inactivado, la disponibilidad de los azúcares del polímero xilano fue más sencilla. Ello conlleva a la ruptura de las cadenas poliméricas dando como resultado el incremento de azúcares libres de un 60%. Esta ruptura es conocida como sacarificación, es un proceso clave para la producción de biocombustibles, debido a que representa más del 30% del costo de producción. Este mismo fenómeno se observó en plantas de *Arabidopsis* deficientes en xilano, mostrando el mismo comportamiento en el aumento del rendimiento de sacarificación. Estos hallazgos proveen nuevos conocimientos sobre el control de la síntesis del xilano, mismos que pueden generar incrementos en los rendimientos de producción de biocombustibles así como disminuir sus costos (Chiniquy, et. al, 2018). Otras investigaciones están dirigidas a descifrar la regulación de síntesis de cada polímero de azúcares individualmente, observando que proteínas conocidas como factores de transcripción se encargan de esta regulación bajo ciertas condiciones de estrés. Aprender a controlar la composición de la pared celular secundaria, permitiría maximizar el contenido de celulosa y hemicelulosa en las

plantas para contar con una mayor cantidad de azúcares para la producción de biocombustibles. No todos los polímeros vegetales contienen azúcares, por ejemplo, la lignina además de dificultar la ruptura de la materia vegetal genera componentes tóxicos no deseados. Controlando el porcentaje de lignina al límite mínimo que puede contener una célula vegetal y al mismo tiempo preserven la estructura de los vasos que las plantas utilizan para el transporte y reparto de nutrientes, repercutiría de manera positiva en procesos de pretratamientos y sacarificación de materia vegetal (Petersen, et. al, 2012).

III. INCREMENTAR EL CONTENIDO DE LÍPIDOS

El biodiesel es otro biocombustible que puede ser obtenido a partir de aceites vegetales (triglicéridos) presentes en las semillas. Para satisfacer la demanda de estos aceites es necesario aumentar el rendimiento de este tipo de cultivos.

Uno de los enfoques biotecnológicos para aumentar la producción de aceites en las semillas es aumentar la acción de ciertos factores de transcripción, proteínas que controlan la actividad de los genes; en este caso relacionados con la producción de los aceites. El interés en estos factores nace de su capacidad para controlar múltiples genes al mismo tiempo, por lo que se les conoce como factores maestros. Uno de estos factores es *leafy cotyledon 1* (LECI), el cual actúa en el desarrollo del embrión de la planta, y controla genes involucrados en la producción de ácidos grasos. Este gen se insertó en la planta modelo *Arabidopsis thaliana* y en *Camelina sativa* (cultivo energético). En ambas plantas se obtuvo un incremento de más del 20% en el contenido de aceites en las semillas, sin observar ningún efecto adverso en el crecimiento de la planta, lo cual resalta la aplicación potencial del aumento de actividad de LEC1 para mejorar la producción de triglicéridos. Estrategias como estas prometen el diseño de varios cultivos con una mayor producción de aceites, como una solución a la creciente demanda de biocombustibles (Zhu, et. al, 2018).

REFLEXIÓN

Los biocombustibles son la única fuente alternativa de combustibles líquidos y a pesar de la introducción de autos eléctricos aún continúa la demanda de los sectores terrestre, aéreo y marítimo. En conjunto estos grandes avances en el diseño de plantas genéticamente modificadas permiten a los cultivos energéticos adquirir características de resistencia, acumulación de azúcares y lípidos, así como fijar mayores cantidades de CO₂ son indispensables para escalar a nivel industrial la producción de biocombustibles a partir de plantas.

Las plantas entonces se están convirtiendo en modelos multifacéticos dignos de estudiar más a detalle (Figura 2). Se espera que los biocombustibles provean el 26 % de la demanda de combustible total del sector transporte para el 2050, del cual el 90 % corresponda a bioetanol de segunda generación. En México se han realizado cambios significativos en las políticas públicas, para aumentar el desarrollo e implementación de biocombustibles. En ellas se contempla incluir leyes para el uso de cultivos energéticos, promoción del uso de bioetanol y biodiesel, así también de la venta de gasolina mezclada con gasolina (Carrillo, et. al. 2019). Sin embargo, la carrera por el dominio en la producción de biocombustibles no está definida y no será hasta dentro de un par de años que veremos los primeros efectos de estas políticas.

Agradecimientos: Los autores agradecen el apoyo otorgado por el proyecto UAQ-FOPER (2019-00617).

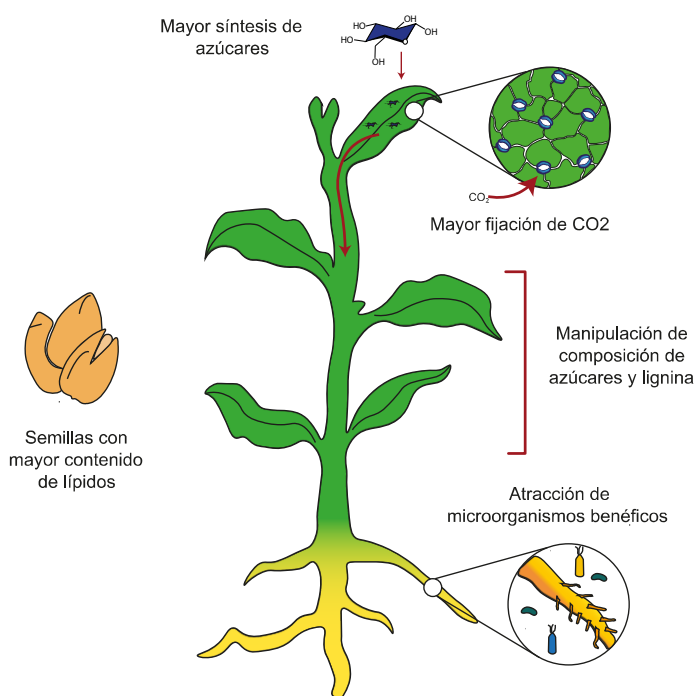


Figura 2. Avances en el diseño de plantas genéticamente modificadas para mejorar la producción de biocombustibles.

REFERENCIAS

Agreda, K.A., Cabrera, J.L., Medrano, R.R., Garzon, J.A., Xoconostle, B. 2018. Trehalose provides drought tolerance to genetically-modified maize in open field trials. *Pakistan Journal of Agriculture Science*. 55 (4): 1009-1020.

Carrillo, N., Rostro, M.J., de la Cruz, R., Ruiz, H.A. Iqbal, H.M.N., Parra, R. 2019. Current status and future trends of bioethanol production from agro-industrial waste in Mexico. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 102: 63-74.

Chiniquy, D.M., Sharma, V., Schultink, A., Baidoo, E. K., Rautengarten, C., Cheng, K., Carroll, A., Ulvskov, P., Harholt,

J., Keasling, J.D., Pauly, M., Scheller, H.V., Ronald, P.C. 2012. XAXI from glycosyltransferase family 61 mediates xylosyltransfer to rice xylan. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 109 (42): 17117-17122.

Gracida, J.N., y Pérez-Díaz, B. 2014. Factores previos involucrados en la producción de bioetanol, aspectos a considerar. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*. 30 (2): 213-227.

Lin, M.T., Occhialini, A., Andralojc, P.J., Parry, M.A.J. y Hanson, M.R. 2014. A faster Rubisco with potential to increase photosynthesis in crops. *Nature*. 513 (7519): 547-550.

Liu, W., Xiang, Y., Zhang, X., Han, G., Sun, X., Sheng, Y., Yan, J., Scheller, H.V. y Zhang, A. 2019. Over-Expression of a Maize N-Acetylglutamate Kinase Gene (ZmNAGK) Improves Drought Tolerance in Tobacco. *Frontiers in Plant Science*. 9:1-12.

Mortimer, J.C. 2019. Plant synthetic biology could drive a revolution in biofuels and medicine. *Experimental Biology and Medicine*. 244:323-331.

Petersen, P.D., Lau, J., Ebert, B., Yang, F., Verhertbruggen, Y., Kim, J.S., Varanasi, P., Suttangkakul, A., Auer, M., Loque, D., y Scheller, V. 2012. Engineering of plants with improved properties as biofuels feedstocks by vessel-specific complementation of xylan biosynthesis mutants. *Biotechnology for Biofuels*. 5:84.

Taylor-Teeple, M., Lin, L., de Lucas, M., Turco, G., Toal, W., Gaudinier, A., Young, N. F., Trabucco, G.M., Veling, M.T., Lamonthé, R., Handakumbura, P.P., Xiong, G., Wang, C., Corwin, J., Tsoukalas, A., Zhang, L., Ware, D., Pauly, M., Kliebenstein, D.J., Dehesh, K., Tagkopoulos, I., Breton, G., Prunedo-Paz, J.L., Anher, S.E., Kay, S.A., Hazen, S.P., y Brady S.M. 2015. An Arabidopsis gene regulatory network for secondary cell wall synthesis. *Nature*. 517: 571-575.

Zhalnina, K., Louie, K.B., Hao, Z., Mansoori, N., da Rocha U.N., Shi, S., Cho, H., Karaoz, U., Loqué, D., Bowen, B.P., Firestone M.K., Northen, T.R., Brodie, E.L. 2018. Dynamic root exudate chemistry and microbial substrate preferences drive patterns in rhizosphere microbial community assembly. *Nature Microbiology* 3: 470-480.

Zhu, Y., Xie, L., Chen, G.C., Lee, M.L., Loque, D., y Scheller, H.V. 2018. A transgene design for enhancing oil content in Arabidopsis and Camelina seeds. *Biotechnology for Biofuels*. 11:46.