

# Potencial de las variedades cubanas de caña energética para la producción de etanol celulósico

Ricardo Campo-Zabala<sup>1\*</sup>, Alejandro Abril-González<sup>2</sup> y Marlen Ramil-Mesa<sup>2</sup>

1. Asociación de Técnicos Azucareros de Cuba (ATAC), Filial La Habana. Calle 19, No. 9, entre N y O, Vedado, La Habana 4, Código Postal 10400, Cuba.

\*campozabala@gmail.com

2. Universidad Nacional Evangélica (UNEV), Santo Domingo, República Dominicana.

## RESUMEN

Se presentan las características principales de las variedades cubanas de caña energética, de alto contenido de biomasa lignocelulósica, que poseen el doble de fibras (bagazo) que las variedades azucareras y, más de cinco veces materia seca que el Eucaliptus en  $t \cdot ha^{-1} \cdot año^{-1}$ . Presentan rendimientos potenciales de más de 200 a 300 t de materia verde, en cosechas de 12 meses. Se analiza la producción de etanol celulósico de diferentes materias primas conocidas y se ofrecen las cifras potenciales de obtención de este biocombustible, a partir de la caña energética. Una de las dificultades de los diferentes materiales lignocelulósicos es su composición física heterogénea, lo que dificulta su transformación a etanol en el proceso enzimático, mientras el bagazo de caña energética ofrece una materia prima uniforme, en el proceso de hidrólisis y fermentación, que puede contribuir a seleccionar o utilizar las enzimas en cuestión, aspecto pendiente para la obtención de alcohol celulósico económicamente rentable.

**Palabras clave:** biocombustible, caña energética, etanol celulósico, *Saccharum* spp.

## ABSTRACT

The main characteristics of Cuban varieties of energy cane, with a high content of lignocellulosic biomass, are that they have double fibbers content (bagasse) than the sugar varieties and more than five times dry matter than Eucalyptus in  $t \cdot ha^{-1} \cdot year^{-1}$ . They present a potential yield of more than 200 to 300 t of green material in 12-month crops. The production of cellulosic ethanol from different cellulosic raw materials is analysed, and the estimated quantities that could be obtained from energy cane are presented. One of the difficulties of the different lignocellulosic materials are their heterogeneous physical composition, what hinders its ethanol transformation in the enzymatic process, while the bagasse of energy cane with its uniform raw material composition throughout the process of hydrolysis and fermentation, which could contribute in the selection or using the enzymes, pending subject to obtain economically viable cellulosic ethanol.

**Key words:** biofuel, energy cane, cellulosic ethanol, *Saccharum* spp.

## INTRODUCCIÓN

Hasta ahora, la producción de etanol ha sido sobre la base de jugos o licores, a partir de las frutas y, más recientemente, con el uso de granos comestibles, que compiten con la producción de alimentos. En la actualidad, el desarrollo de nuevas tecnologías para la producción de etanol, a partir de materiales lignocelulósicos ya es un hecho, aunque todavía su rentabilidad económica necesita de ajustes que hagan más productivo el proceso de obtención; en especial, en los momentos actuales de relativamente bajos precios del petróleo, pero no cabe duda que, en pocos años, este tendrá su máxima expresión tecnológica, con grandes avances en rendimiento y eficiencia económica. Estabilizar la producción de etanol celulósico, a nivel mundial, sería un gran paso de avance, tanto por

no utilizar granos y otros alimentos, o disminuirlos, en la producción de este preciado combustible natural y renovable, así como disminuir, en gran medida, la utilización de combustibles fósiles, en actividades productivas y de transporte cotidiano de la sociedad, tanto en países desarrollados y en desarrollo, lo que contribuiría positivamente, en mitigar las consecuencias del cambio climático y favorecer el cuidado de la capa de ozono. El principal objetivo de este trabajo, es ofrecer una panorámica de las principales características del cultivo de variedades de caña energética cubana (CEC) y sus posibles bondades y potencialidades, en la producción de etanol celulósico.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Fueron comparados diferentes materiales lignocelulósicos, de diferentes cultivos, restos vegetales de cosechas, bagazo tradicional de caña de azúcar y las fibras de caña energética. Se caracterizó la composición de fibras de las variedades energéticas, C90-176 y C90-178 según Campo Zabala, *et al* (1), así como su potencial para la producción de etanol celulósico, sobre la base de las producciones actuales y perspectivas, con tecnologías desarrolladas y en desarrollo, con énfasis en EE UU y Brasil.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las variedades de caña energética potencialmente pueden producir entre 200 y 300 t.ha<sup>-1</sup>.año<sup>-1</sup> de biomasa, incluso en suelos de baja a mediana fertilidad, pueden llegar a producir alrededor de 100 t. Producen más del doble de rendimiento en biomasa y materia seca (MS) que las variedades de caña azucarera, y más de cinco veces MS t.ha<sup>-1</sup>.año<sup>-1</sup>, que los bosques de Eucaliptus y árboles similares. Se distingue la CEC por amplio y profundo sistema radical, que aporta materia orgánica al suelo, por mantener su cultivo en varios retoños sucesivos; además presenta resistencia a las principales enfermedades de la caña de azúcar. Resiste la sequía y efectos de salinidad, por lo que este cultivo puede desarrollarse aun en condiciones del cambio climático. La sustitución de combustibles fósiles en la producción de energía, así como el uso de la CEC en otras producciones, a partir de la celulosa, las convierte en un sumidero de CO<sub>2</sub> que protege, además, los bosques. Específicamente, en la producción de etanol celulósico, puede brindar una gran solución, tanto por la abundancia y calidad de sus fibras, como en la uniformidad y limpieza de la materia prima inicial del proceso de obtención en todas sus fases, en contraposición con diferentes cultivos energéticos de bajo rendimiento y los restos de cosechas vegetales que ofrecen una materia prima inicial muy heterogénea, desde punto de vista físico. Inclusive el bagazo de variedades tradicionales o azucareras, que procede de diferentes variedades comerciales y de diferentes ingenios; además, de ser un residuo del proceso fabril, así como sus grandes volúmenes, dificultan en gran medida su utilización y almacenamiento, lo que conspira con el costo del producto final; además de la consabida disputa que posee el bagazo tradicional para la producción de energía, ya sea para el proceso fabril azucarero, como para su empleo en las actuales bioeléctricas desarrolladas para estos fines. Sin lugar a dudas, el bagazo tradicional es una de las materias primas más estudiadas y, por su abundancia y composición química, es una de las materias primas de mayor uso en la obtención de alcohol celulósico; pero, a pesar de ello, todavía las tecnologías actuales no son rentables en este sentido. Brasil y EE UU marchan a la cabeza en el proceso de fermentación, con grandes avances en el desarrollo de enzimas con alto rendimiento en dicho proceso. El bagazo de caña energética tiene similar composición química que el bagazo tradicional, como se demuestra en la tabla 1 (2), pero lo supera como materia prima por su homogeneidad, pureza y limpieza y facilita la selección y uso de complejos enzimáticos de mayor rendimiento fermentativo o la adaptación y uso de los ya existentes. La caña

energética es una materia prima de mayor estabilidad, además de la ventaja en su almacenamiento, ya que esta, por sus características agrobotánicas, se almacena en el propio campo, se cosecha y lleva a la fábrica en el momento de su uso, en las cantidades y condiciones que ella requiera. Esta característica puede tener un componente económico muy provechoso para rebajar los costos de producción del etanol. Se refleja, además, (tabla 1) la flexibilidad de la caña energética en su edad y época de cosecha ya que, a partir de los 9 y hasta los 18 meses o más, presenta una composición química estable, tanto en el uso individual de las dos variedades estudiadas, como en el uso del bagazo mezclado de ambas, según Triana, *et al* (2). Resultados similares obtuvo Campo Zabala (3), con relación a la composición química del bagazo de caña energética en Cuba, y Arturo Arev (4) en Perú, en el bagazo tradicional. Otra gran ventaja de CEC es que en condiciones propicias de cultivo puede cosecharse a los 9 meses, con un buen rendimiento de biomasa y con más del 70 % de fibras celulósicas, lo que a tan temprana edad puede contribuir a una mejor separación de la lignina y; además, facilitar, por el estado juvenil de tallos y follajes, los procesos de hidrólisis y fermentación de los elementos celulósicos, que los haría económicamente competitivos.

**Tabla 1.** Caracterización química de variedades energéticas

Variedad	Celulosa (%)	Hemicelulosas (%)	Lignina (%)	Cenizas (%)
C90-176 (9, 14 y 18 meses)	45 ± 2	28 ± 3	22 ± 2	1 ± 0.3
C90-178 (9, 14 y 18 meses)	46 ± 2	28 ± 3	22 ± 2	1 ± 0.3
Bagazo caña energética (*)	46 ± 2	26 ± 3	23 ± 2	1 ± 0.3
Bagazo caña azucarera	46 ± 2	27 ± 3	23 ± 2	1 ± 0.3

(\*) Variedades C90-176 y C90-178, 14 meses de edad.

Según Triana *et al*, (2).

Se estima que el uso de azúcar, bagazo y miel produce un promedio de 130 litros de etanol por tonelada de caña procesada, según Abril y Navarro (5). La caña de azúcar es, con mucho, la mejor materia prima para la obtención de etanol de primera generación. Esto es debido a que produce azúcar en lugar de almidón (tales como maíz, mandioca, etc.) y celulosa (etanol celulósico). De hecho, varios estudios apuntan al bagazo de caña como la mejor materia prima para el etanol de segunda generación. Se espera que una hectárea de caña de azúcar puede saltar de la producción de 7 000 litros de etanol, a una cifra 30 000, si el bagazo también se utiliza para obtener etanol de segunda generación, de acuerdo con Romero (6), en Wall Street Journal. En lo que se refiere a la productividad de etanol celulósico, es posible observar tres niveles de producción: a corto plazo, alrededor de 240 litros por tonelada de material lignocelulósico seco; 300 litros para el medio; y cerca de 350 a largo plazo. Estos valores reflejan avances tecnológicos, como el aumento de rendimiento en las etapas de conversión y mayor recuperación de los productos en las etapas de separación sólido-líquido, (7 y 8). Al tomar el maíz con rendimiento alto de 10 t.ha<sup>-1</sup> con dos cosechas anuales en la misma área, con rendimiento promedio de 370 litros de etanol por t de granos, estaríamos frente a un rendimiento por ha-año de 7 400 litros, mientras que de efectuar tres cosechas al año se pudieran obtener poco más de 11 000, que equivale a un cultivo altamente intensivo. El uso de CEC para la producción de etanol en suelos de mediana fertilidad, con un rendimiento de 100 t de caña integral, proporcionaría alrededor 10 000 L.ha<sup>-1</sup>.año<sup>-1</sup>, con los rendimientos de etanol a producir a mediano plazo por Brasil, a partir del bagazo de caña de azucarera. Al llevarse la CEC a suelos similares y cultivo intensivo, donde se produce maíz, estos rendimientos se triplicarían.

## CONCLUSIONES

La CEC presenta una alta producción de biomasa (25 al 30 % de fibras), con potencialidades de más de 300 t.ha<sup>-1</sup>.año<sup>-1</sup>; su cultivo es altamente sostenible, puede adaptarse a suelos de baja y mediana fertilidad y a condiciones adversas, como sequía y salinidad, características que proyectan su desarrollo ante las variaciones del cambio climático.

Por la similitud estructural de las fibras, así como la composición química del bagazo de caña energética con el bagazo de caña azucarera, su uniformidad, limpieza y estabilidad, puede convertirse, a mediano y largo plazos, en una de las mejores materias primas para la producción de etanol celulósico.

Sus potencialidades superan, en la producción de etanol, a cultivos de granos como el maíz, bosques técnicos y bagazo de caña azucarera, que se dedican actualmente para este objetivo, a mediano y largo plazos.

La CEC elimina el dilema de la producción de etanol y los alimentos al tener mayor rendimiento que los cultivos de granos en condiciones de suelos de baja y media fertilidad, además de triplicar el rendimiento en suelos similares y cultivo intensivo donde se produce el maíz.

Rompe el mito de que el maíz es de mayor utilidad que la caña de azúcar, en la producción de etanol, por tener el primero mejor facilidad de almacenamiento y disposición de uso, ya que el maíz solo está disponible en época de cosecha, mientras que la CEC se almacena en el propio campo donde crece, sin deterioro de su biomasa y puede cosecharse en cualquier época del año que la industria alcoholera lo requiera.

La CEC puede contribuir a mantener los precios y disponibilidad de etanol en el mercado, al no estar sujeta a las variaciones de los precios del azúcar y aumentar estos los jugos de la caña azucarera son derivados a la producción del edulcorante.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Campo Zabala, R.R, Mayra Guerra, F. Cuadras, Norma Hervís y J. Freeman (1998). "Variedades energéticas de caña de azúcar: una solución del presente y el futuro". Cuba & Caña, No. 1, enero-abril, 10-13 pp.
2. Triana, Omar, Alejandro Abril, Alfred Wong (2008). Energy varieties of sugar cane as a novel source of fibre for the cellulose and paper industry. *Appita Journal* 61(5):402-407.
3. Campo Zabala, R.R. (2000). Informe INICA al MINAZ sobre desarrollo y perspectivas de la Caña Energética en Cuba.
4. Arturo Arev. Bagazo de Caña (2012): <https://es.slideshare.net/arturoarev/bagazo-de-cao>.
5. Abril, Alejandro Julio y Navarro, Enrique A. Etanol a partir de biomasa lignocelulósica. España: Aleta Ediciones, 2012, 101 pp. ISBN: 978-84-15225-50-8.
6. Romero, P. (2016) 1ra. y 2da. Generación de Etanol, Noticias: (2016): <http://www.alkol.es/category/noticias/>.
7. EFE (2018): <https://www.efe.com/efe/america/economia/brasil-ve-el-etanol-de-maiz-como-una-alternativa-para-aprovechar-super-produccion/20000011-3513734>. EFE, Sao Paulo 4 feb. 2018.
8. Vedana, Julio Cesar (2019). Etanol e gasolina ganharão um novo concorrente no mercado, a energia elétrica: <https://www.novacana.com/>, 02 abr. 2019.