

# ESTADO DE MORELOS: CAÑERO, “PAMBOLERO”, RESILIENTE Y ¿PRODUCTOR DE ETANOL CARBURANTE?

ESTEFANÍA SIERRA IBARRA, ZYANYA NAHOMI MEJÍA TRUJILLO Y ALFREDO MARTÍNEZ JIMÉNEZ.

La Dra. Estefanía Sierra Ibarra obtuvo su Doctorado en Ciencias Bioquímicas en el IBT-UNAM y actualmente realiza una estancia posdoctoral en la Facultad de Química - UNAM. Zyanya Nahomi Mejía Trujillo es estudiante de la Licenciatura en Energías Renovables en el IER-UNAM. El Dr. en Biotecnología Alfredo Martínez Jiménez es Investigador Titular C en el IBT-UNAM, pertenece al Sistema Nacional de Investigadores y es miembro activo de la Academia de Ciencias de Morelos.

Cuando en Morelos se habla de los cañeros probablemente muchos nos remitimos al recién desaparecido equipo de fútbol Club Atlético Zacatepec, que hasta mediados de 2020 hicieron vibrar las gradas del estadio “Agustín ‘Coruco’ Díaz” en la liga de ascenso del fútbol mexicano (Figura 1). En el estado de Morelos, la mayoría reconoce al equipo cañero, que militó en la Primera División Nacional y en la liga de ascenso, dando numerosas alegrías y emociones al pueblo morelense. Sin embargo, esta mayoría de personas ¿sabrán de donde viene el término “cañero” que se le atribuye al conjunto de sus amores? ¿tendrá conocimiento que el “Coruco”, orgullo morelense, fue construido gracias al auge de la caña de azúcar en el municipio durante los años 60’s?

No obstante, para llegar a los hechos de la década en mención debemos remitirnos a la época de la Colonia, cuando comenzó la explotación de las tierras sembradas de caña de azúcar en la Hacienda

Casasano de Cuautla, donde posteriormente se construiría el primer ingenio azucarero de Morelos en 1942 [1].

Gracias al éxito de esta industria, en 1960 se impulsó el ya existente Ingenio Emiliano Zapata en Zacatepec de Hidalgo (Figura 1), periodo en el cual el municipio llegó a ser el tercero en importancia del estado debido a la excelente organización existente en torno al ingenio. Cabe resaltar que además del “Coruco” y la fundación del Club Zacatepec, en aquella época la caña de azúcar permitió construir el Instituto Tecnológico de Zacatepec y el Hospital Regional del IMSS.

## La producción de caña, al alza a pesar de los desastres naturales

A pesar de que Zacatepec ya no es uno de principales municipios productores de caña en Morelos, cumplió un papel fundamental para que otros municipios como Tlaltizapán, Tlaquiltenango, Jojutla, Ayala y Cuautla hicieran del estado el octavo productor de caña en México en el año 2019 [2].

Esto demuestra que, no solo la pujanza que la explotación de la caña de azúcar ha brindado al suroeste de la entidad, sino también la resiliencia de sus habitantes ante las adversidades; tal como pasó con el sismo del 19 de septiembre de 2017 donde fue precisamente esa zona la que mayor devastación sufrió y el momento en que los zacatepecenses fueron testigos de los daños irreversibles en la chimenea principal de su ingenio, el famoso Chacuaco (Figura 1), que simbolizaba en gran parte el nacimiento de la urbe y el origen del desarrollo del que fue símbolo durante varias décadas hasta su demolición tras el sismo.

Sin embargo, las poblaciones del sur morelense han aguantado y logrado reponeerse de éste y otros contratiempos y el tiempo demostrará que la resiliencia ha valido la pena, más aún cuando la caña de azúcar, que junto con el arroz son los productos abanderados de estas tierras, tiene un potencial tal que incluso puede llegar a “mover” al país, o al menos al estado que la genera.

## Moviendo a Morelos con nuevos combustibles

Cuando nos referimos a “mover” al país o al estado de Morelos lo hacemos de un modo literal: el moverse implica un transporte y el transporte requiere combustible. Los combustibles principalmente de origen fósil, también conocidos como hidrocarburos, han “movido” a la humanidad durante más de un siglo y son fundamentales para nuestra supervivencia.

En México, según el Balance Nacional de Energía para 2018, la principal fuente energética ha estado concentrada en los hidrocarburos, que aportan alrededor del 83% de la energía en forma de combustible usada en el país. No obstante, es bien sabido que los combustibles fósiles, es decir, los derivados del petróleo, no estarán disponibles de manera indefinida puesto que su materia prima –el petróleo– es considerado un recurso no renovable, que en un futuro no tan lejano se agotará de manera permanente. Además, para su extracción, transporte, refinamiento, generación de productos y distribución se requiere cada vez mayor capital, lo que conducirá probablemente en un futuro próximo a un petróleo más caro e inaccesible. Es así como a finales del siglo pasado el auge de los llamados *biocombustibles* comenzó en algunos países y a nuestros días sigue en aumento.

## Los biocombustibles

Pero ¿qué son los biocombustibles? Son compuestos químicos con capacidad carburante que se obtienen a partir de *biomasa* [3] (Figura 2). La *capacidad carburante* se refiere a que pueden liberar la energía contenida en sus componentes químicos mediante una reacción de combustión, es decir, al quemarlos.

En cuanto a la biomasa, es básicamente materia orgánica proveniente de materiales agroindustriales como especies de uso agrícola (maíz, caña de azúcar, arroz, etc.), plantas oleaginosas (girasol, soya, palma, etc.) o materiales forestales (maderas), entre otros.

Por otra parte, las algas en su versión macro, similar a las que usamos para preparar sushi, o su contraparte micro, tan pequeñas que no las vemos, también constituyen una importante fuente de materia prima ya que son ricas en azúca-

res, proteínas y aceites.

La biomasa es convertida en biocombustibles como el *etanol* por medio de un proceso denominado *fermentación* –el mismo con el que se producen cerveza, vino o pan– y que consiste en microorganismos, células pequeñas como levaduras o bacterias, que pueden consumir los azúcares contenidos en la biomasa y a partir de ellos producir el etanol. En cuanto a otros biocombustibles como el *biodiesel*, este es generado por reacciones químicas a partir de alcoholes y aceites provenientes de plantas oleaginosas, algas o incluso grasas animales y desechos de cocción o automotrices.

## Desechos de varias fuentes agrícolas para producir biocombustible

Estos compuestos, los biocombustibles, como el etanol carburante, el biodiesel o la bioturbosina o bioqueroseno pueden usarse a modo de suplemento o incluso a manera de reemplazo total de los combustibles fósiles tradicionales como la gasolina, el diésel o el queroseno. Sin embargo, el empleo de materiales agrícolas destinados a la alimentación humana –por ejemplo, el maíz o la caña de azúcar– como materia prima para la obtención de estos compuestos, ha derivado en un dilema ético en un planeta donde, según las Naciones Unidas, alrededor de 24 mil personas mueren de hambre diariamente. Estaremos entonces de acuerdo en que no es correcto el uso de dichos productos para la elaboración de biocombustibles mientras haya tanta hambre que mitigar a nivel mundial. Por tanto, ¿qué otra opción nos queda para satisfacer la creciente demanda de este tipo de carburantes?

Una de las respuestas la han encontrado los investigadores en los residuos que quedan después del procesamiento de los alimentos de origen agrícola, tales como el *bagazo de caña* que resulta después de exprimir el jugo para la fabricación de azúcar, el *bagazo de agave* residuo de la producción de tequilas y mezcals o el *rastrero de maíz* sobrante de la cosecha de los elotes. Todos estos residuos de origen agroindustrial constituyen fuentes ricas en azúcares que por procesos biotecnológicos pueden ser convertidos en los codiciados biocombustibles [4]. Pero ¿qué tienen que ver Morelos, el Club Atlético Zacatepec y los municipios cañeros en todos esto?

Según datos recabados en el 6° informe del Comité Nacional para el Desarrollo Sustentable de la Caña de Azúcar (CONADESCUA), durante la zafra 2018-2019 en México se molieron 57 millones de toneladas de caña de azúcar, de los cuales en los dos ingenios de Morelos se produjeron y procesaron alrededor de



FIGURA 1. EL chacuaco, Ingenio Emiliano Zapata y Estadio “Agustín ‘Coruco’ Díaz”. Fotografías: Diego A. Rodríguez Abarca.

ESTA PUBLICACIÓN FUE REVISADA POR EL COMITÉ EDITORIAL DE LA ACADEMIA DE CIENCIAS DE MORELOS

Para actividades recientes de la academia y artículos anteriores puede consultar: [www.acmor.org.mx](http://www.acmor.org.mx)  
¿Comentarios y sugerencias?, ¿Preguntas sobre temas científicos? CONTACTANOS: [editorial@acmor.org.mx](mailto:editorial@acmor.org.mx)

## Lecturas recomendadas

- 1. Martínez, A., Bolívar, F., Gosset, G. (2002). Biotecnología. Revista Universidad de México, 617. <http://pt7mdv.com>
- 2. Martínez A. (2008). Etanol carburante, el caso de Morelos. Unión de Morelos. <http://www.acmor.org.mx/?q=contenido>
- 3. Muñoz, I. (2011). El alcohol como biocombustible. Morelos. <http://www.acmor.org.mx/?q=content/el-alcohol>





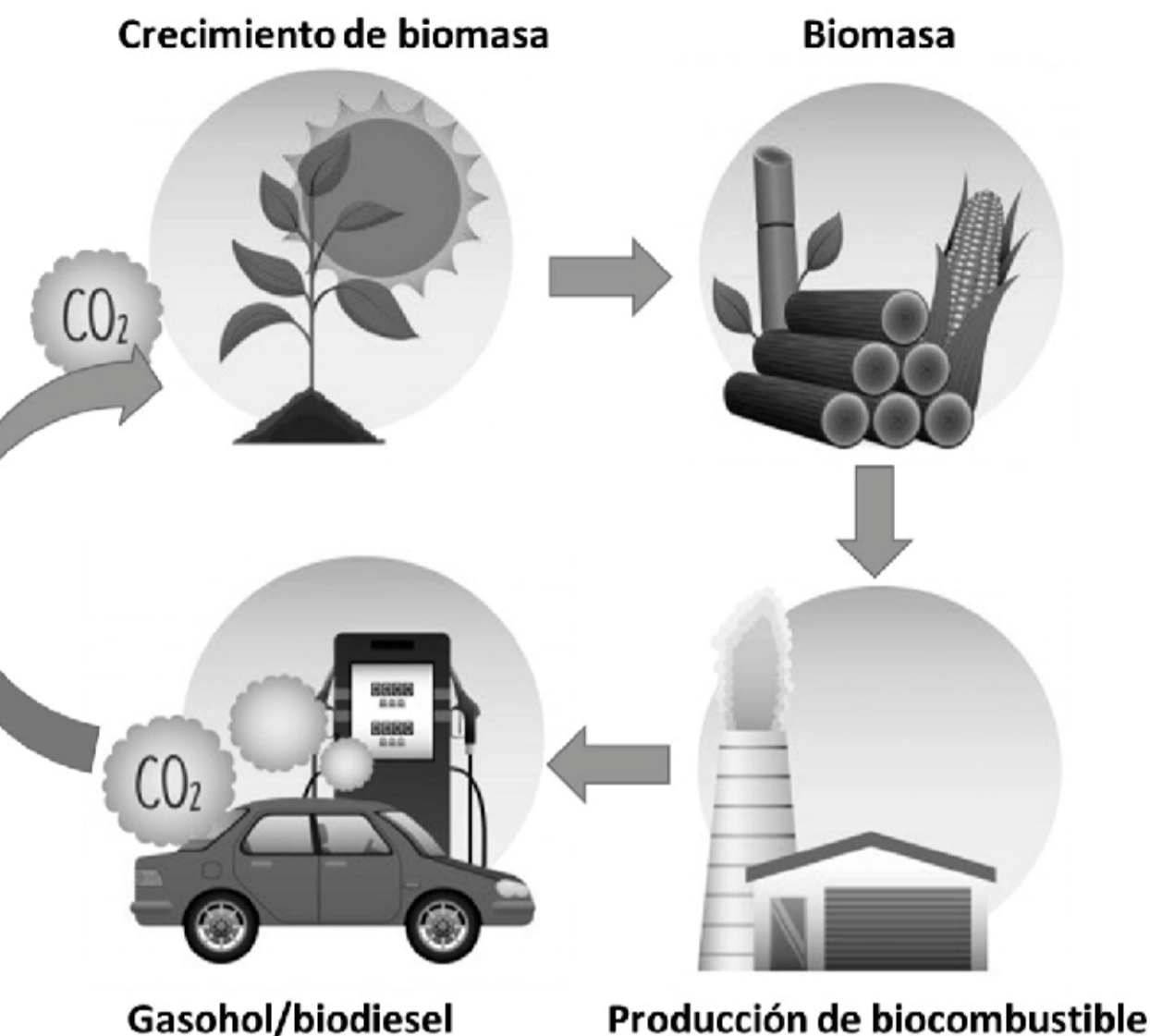


FIGURA 2. PRODUCCIÓN de biocombustibles. Imagen: Zyanya N. Mejía

1.8 millones de toneladas (Figura 3), que generaron 251 mil toneladas de rastrojo seco [5] y 242 mil toneladas de bagazo seco, es decir, 493 mil toneladas de residuos agroindustriales con potencial aplicación en la producción de biocombustibles como etanol carburante anhidro. Asimismo, de acuerdo con los datos del Comité ya mencionado, a diferencia de otros estados productores como Veracruz y Jalisco, en Morelos no hay aún aprovechamiento alguno de los residuos del procesamiento de la caña ni producción de etanol ligada a dicho proceso, lo cual se traduce en el uso de estos residuos para otros fines o en el desperdicio de una materia prima que podría satisfacer en gran parte la demanda de biocombustibles y otros productos de interés para la entidad.

#### Toneladas de desechos podrían dar grandes cantidades de biocombustible

Es así que con las 493 mil toneladas de residuos de caña generados en el estado podríamos producir grandes cantidades de biocombustible, haciendo algunas considera-

ciones técnicas para los cálculos de producción: 90% de eficiencia de hidrólisis de polímeros de carbohidratos, conversión bioquímica de azúcares a etanol, por cada gramo de azúcares se generan 0.51 gramos de etanol y una eficiencia global de destilación y deshidratación del alcohol del 95%. Asumiendo lo anterior, se podrían producir poco más de 144 millones de litros de etanol anhidro por año, que equivalen a un promedio de aproximadamente 12 millones de litros por mes. Y si bien “millones” suele representar una cifra difícil de dimensionar ¿qué implicarían realmente para la población morelense? De acuerdo con los datos reportados por PEMEX y el INEGI, el consumo promedio de gasolinas en el país durante el año 2018 fue de aproximadamente 1 litro de gasolina por día por persona. Teniendo en cuenta esta cantidad y una población cercana a 2 millones de personas en el Estado de Morelos, cada día se consumen en la entidad unos 2 millones de litros de gasolina, es decir 60 millones se litros al mes.

Es así como el etanol que se podría producir anualmente en el Estado

de Morelos serviría para reemplazar por completo la gasolina que se consume en dos meses y medio o suplementar con 10% del mismo la gasolina requerida en el estado durante 2 años. No obstante, es bien sabido que los ingenios azucareros emplean el bagazo de la caña como fuente de combustible para las calderas, por lo que otra opción que se plantea es utilizar solamente el rastrojo de caña para la producción de etanol. En este escenario, de las 251 mil toneladas de rastrojo generado por año de zafra, se podrían obtener 73 millones de litros de etanol, que alcanzarían para satisfacer la demanda del biocombustible durante 1 año si se adicionara a la gasolina en una proporción del 10%. En este punto es importante resaltar que la adición de etanol carburante a la gasolina en proporciones de 10 y 20%, es una práctica común en muchos países y que no afecta el funcionamiento de los automóviles [6]. En este sentido, dicha práctica conlleva importantes beneficios económicos y ambientales en cuestión de aumento en el abastecimiento de gasolina, reducción del precio global del combustible suplementado, disminución de las emisiones netas de gases de invernadero a la atmósfera, producción renovable de biocombustibles y utilización de materiales que de otra manera estarían destinados a la contaminación

de suelos y aguas. Asimismo, al ser el etanol un excelente oxigenante de la gasolina, expertos recomiendan emplearlo como sustituyente de los compuestos tradicionalmente utilizados para este fin como son el metil ter-butil éter (MTBE) y el teramil metil éter (TAME). Por tanto, podría proponerse una introducción gradual que, una vez satisfecha, permitiría la mezcla directa de etanol con las gasolinas y una promesa de caso de éxito.

Por ahora, a corto plazo es imperante que en Morelos se vuelva a dar el lugar, que tuvieron hace décadas, a la caña de azúcar y a los “cañeros, ya no solo como materia prima para la generación de un producto vital en la alimentación que en su época propició el crecimiento del estado, sino como un material cuyos residuos pueden contribuir a mover a Morelos hacia un futuro de energías más limpias, sostenibles y renovables, así como a recuperar la economía y el esplendor que tuvo en aquellos tiempos, cuando el Club Zacatepec militaba en primera división y los municipios cañeros eran el motor del estado. La biotecnología podría ser la nueva razón de gloria no solo para el estado sino para el país.



FIGURA 3. CORTE y recolección de caña durante la zafra. Fotografías: Verónica García Serrano

#### Referencias

- Parral Quintero, L. E. (2014). Las organizaciones de productores de caña y sus relaciones de poder. El caso de la Asociación Local de Cañeros de Casasano, en Cuautla de Morelos, México. *Revista pueblos y fronteras digital*, 9(18), 81-90. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1870-41152014000200081](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-41152014000200081)
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Social, Delegación Morelos (2020). Morelos, productor nacional de la caña de azúcar desde la época Colonial. <https://www.gob.mx/agricultura/morelos/articulos/morelos-productor-nacional-de-la-cana-de-azucar-desde-la-epoca-colonial?idiom=es#:~:text=Los%20municipios%20que%20registran%20las,apoyos%20de%20los%20productores%20ca%C3%B1eros>.
- Jorge Islas Sampeiro, Alfredo Martínez Jiménez. *Bioenergía*. *Ciencia*, Revista de la Academia Mexicana de Ciencias, 61 (2), 30-39, abril-junio 2010. [http://www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/61\\_2/PDF/Bioenergía.pdf](http://www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/61_2/PDF/Bioenergía.pdf) ISSN 1405-65. ISSN: 1405-6550.
- Carreón Rodríguez, OE., Sabido Ramos, A., Centeno Leija, S., Leal Reyes, LJ., Martínez Jiménez, A., Fernández Sandoval, MT. Etanol carburante. *Biocombustibles y Bioingeniería*. Publicación de la Sociedad Mexicana de Biocombustibles y Bioingeniería A.C. 13 (3), 79-102, 2009.
- Sánchez-Herrera, D., Houbren, E., Alzate, L., Valdés-Rodríguez, O. A., Sánchez-Sánchez, O. (2017). Potencial del uso del rastrojo de la caña de azúcar (*saccharum spp.*) para producción de biogás. *AGROProductividad*, 10(11), 112-116. <https://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/54>
- Duarte Pasa, VM. (2006). Especificaciones de la calidad del etanol carburante y del gasohol (mezcla de gasolina y etanol) y normas técnicas para la infraestructura. <https://repositorio.cepal.org/handle/11362/25952>

tecnología energética sustentable: Etanol carburante para el transporte. [ingebi.unam.mx/alfredo/Biotecnologiaenergeticasustentable.pdf](http://ingebi.unam.mx/alfredo/Biotecnologiaenergeticasustentable.pdf)

de Brasil y visión de largo plazo. Academia de Ciencias de Morelos, La Unión de Morelos. <http://www.uniónmorelos.com.mx/content/etanol-carburante-el-caso-de-brasil-y-visi%C3%B3n-de-largo-plazo>

de Morelos. El ejemplo brasileño. Academia de Ciencias de Morelos, La Unión de Morelos. <http://www.uniónmorelos.com.mx/content/alcohol-como-biocombustible-el-ejemplo-brasileño>