

## Sorgo dulce para bioenergía: Ajustando el manejo del cultivo

**Jorge Rey, L<sup>1</sup> & Torrecillas, M.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Lomas de Zamora, Ruta 4 Km 2, Llavallol (1836), Provincia de Buenos Aires, Argentina.

El bioetanol es un alcohol que se produce a través de la fermentación de azúcares reductores provenientes de distintas plantas, siendo la caña de azúcar el cultivo azucarado más ampliamente empleado para este tipo de producción.

En la actualidad, la principal utilización del bioetanol es como producto sustitutivo de la nafta, mezclado con ésta en distintas proporciones o como aditivo de la misma a través de su transformación a Etil Ter-Butil Éter (ETBE).

Existe la intención de impulsar un proyecto que propone duplicar el corte de bioetanol en naftas para el año 2014, alcanzando un corte de 10% con combustibles orgánicos. Esto implica que será necesario incrementar fuertemente la producción de bioetanol para satisfacer su requerimiento como combustible.

El bioetanol se elabora por tres vías posibles:

- a) Directamente a partir de *biomasa azucarada*.
- b) Mediante hidrólisis convencional (moderada y enzimática) de *biomasa amilácea*.
- c) Mediante un pretratamiento térmico y luego una hidrólisis fuerte (ácida o enzimática) de *biomasa lignocelulósica*.

La primera vía citada involucra productos agrícolas ricos en azúcares, tales como la remolacha azucarera, la caña de azúcar y más recientemente, el sorgo dulce. La fermentación alcohólica es una bio-reacción en plena ausencia de aire, que permite convertir azúcares en alcohol (C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>O) y dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). Las principales responsables de esta transformación son las levaduras y dentro de estas, son utilizadas generalmente cepas de *Sacharomyces cerevisiae*.

### Cultivo de sorgo como alternativa para la elaboración de bioetanol

La incorporación de este cultivo como materia prima, en todas sus variantes (biomasa azucarada, amilácea y lignocelulósica), aportaría un volumen de bioetanol que permitiría aproximarse al corte actual del 5 % en las naftas.

Los híbridos denominados como "*Sorgos dulces*", presentan un tallo rico en azúcares, casi similar a la caña de azúcar. El contenido de azúcar en el jugo extraído del sorgo dulce puede variar de 16-23 grados Brix. Esta característica representa una ventaja para usos específicos como es la producción de bioetanol.

Si estableciéramos una comparación en aspectos técnicos del cultivo de caña de azúcar con el de sorgo dulce, podríamos ser concluyentes en los siguientes puntos: la caña de azúcar presenta menor resistencia a períodos de sequía prolongado, menor velocidad de crecimiento, mayor consumo de agua y nutrientes para un mismo nivel de rendimiento y mayor demanda de mano de obra (siembra con esquejes).

Además se pueden mencionar las siguientes fortalezas del cultivo de sorgo azucarado:

-Presenta menores riesgos de producción bajo condiciones edafo-climáticas adversas.

## INVESTIGACIÓN

Jorge Rey & Torrecillas

Sorgo dulce[...]

- Su ciclo de 90-120 días, en algunas zonas, posibilita dos cortes.
- Existen alternativas de utilización de los subproductos (bagazo, forraje).
- El bagazo resultante de la extracción de jugo es comparativamente superior en cuanto a la composición de micronutrientes y minerales, con respecto a la caña de azúcar.
- Mecanismo de latencia durante períodos prolongados de sequía, y capacidad para retomar luego el crecimiento (aunque sin recuperar el potencial de rendimiento total).
- Adaptación a suelos de baja fertilidad, salinos e inundables (*Holland et al.*, 1996), con elevada acidez y problemas de toxicidad por exceso de aluminio en la solución del suelo.
- Bajo costo de implantación.

### **Biomasa Azucarada de Sorgo**

Existen dos parámetros importantes que son relevantes en la biomasa azucarada de un sorgo, como fuente productora de bioetanol: su rendimiento en término de volumen de jugo azucarado producido por hectárea, y la concentración y calidad de azúcares solubles de dicho jugo.

Se pueden realizar estimaciones de la concentración de azúcares solubles determinando los grados Brix (°Brix). Los mismos incluyen principalmente a azúcares, pero también a otros compuestos.

El contenido real de azúcar presente en el jugo de la caña de sorgo incluye a la sacarosa y a azúcares reductores (fructosa y glucosa). Un menor nivel de azúcares reductores indica que la mayoría de ellos han sido convertidos en sacarosa. Dichos componentes pueden estimarse mediante el método de fehling modificado de Lane y Eyrton (1923). Las proporciones de sacarosa, glucosa y fructosa dependen de la variedad, momento de corte, etapa de madurez, entre otros factores. También se encuentran en cantidades muy pequeñas otros hidratos de carbono no fermentables como el almidón.

### **Ensayo técnico**

Con el objetivo de estudiar el comportamiento del sorgo con aptitud silera, en cuanto a la producción de biomasa azucarada (con potencial de elaboración de bioetanol), se llevó a cabo un ensayo en el campo experimental de la Facultad de Ciencias Agrarias (FCA), de la Universidad Nacional de Lomas de Zamora (Virrey del Pino, Partido de La Matanza, Provincia de Buenos Aires).

Los híbridos sileros fueron seleccionados en base a diferencias del ciclo ontogénico, origen genético-comercial, arquitectura de la planta y características morfofisiológicas. Los mismos son detallados a continuación y pueden ser visualizados en las imágenes 1 y 2.

**SD**, Híbrido dulce típico (baja proporción de grano)

**SIL**, Híbrido silero (Alta proporción de grano)

**FOTbmr**, Híbrido fotosensitivo bmr

**FOTMS**, Híbrido fotosensitivo médula seca

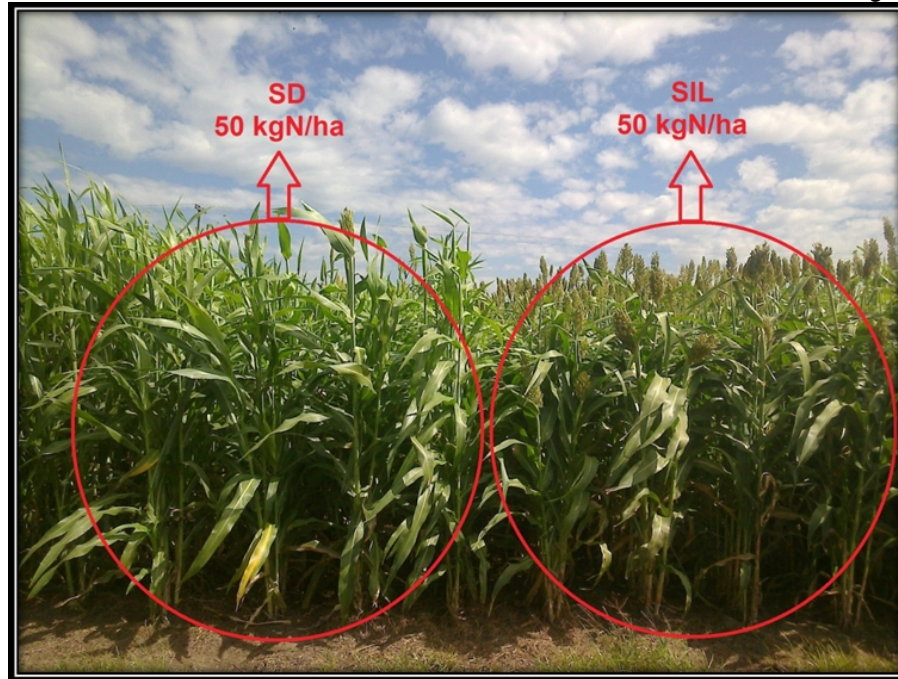


Imagen 1. Híbridos de sorgo (Marzo, 2013)

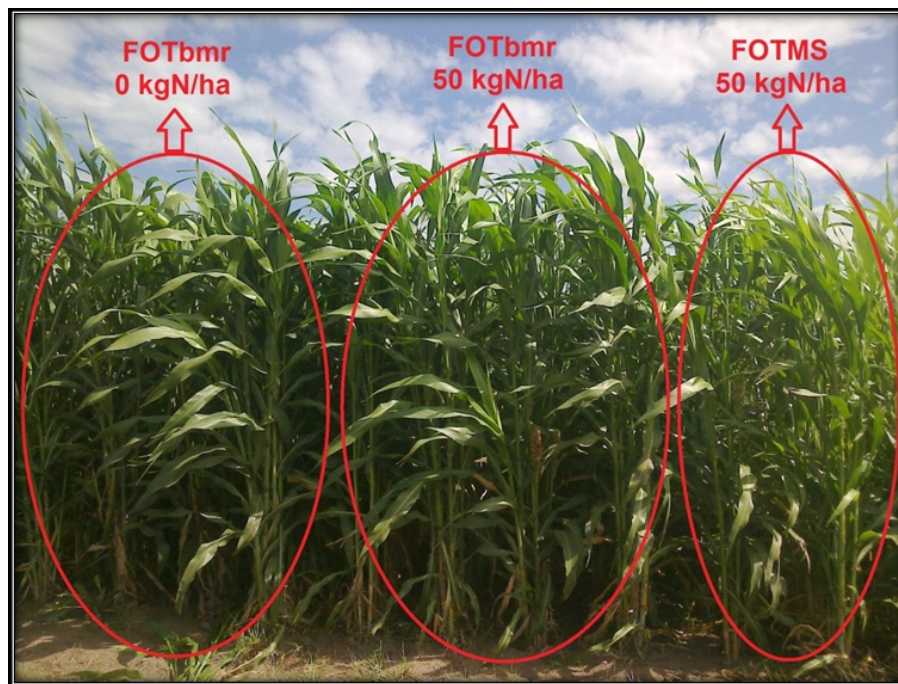


Imagen 2. Híbridos de sorgo (Marzo, 2013)

## INVESTIGACIÓN

Jorge Rey & Torrecillas

Sorgo dulce[...]

Se evaluaron tres dosis de N contrastantes: 0, 50 y 150 kg/ha, aplicado al voleo en el surco, en forma de urea, durante el estadio fenológico de E<sub>4</sub> (Vanderlip, 1972).

Se efectuaron cuatro momentos de corte: 01/03/2013 (MC1), 18/03/2013 (MC2), 19/04/2013 (MC3) y 17/05/2013 (MC4). El criterio utilizado fue el de estudiar el comportamiento en estados fenológicos previos y posteriores al óptimo para ensilaje (grano en estado pastoso duro).

### *Mediciones relacionadas a la concentración y calidad de azúcares solubles (biomasa azucarada)*

Se perforaron en el campo 5 plantas por parcela, en la sección media de las mismas, y se recolectó manualmente el jugo para formar una muestra compuesta. Luego se colocó una gota del jugo compuesto en un refractómetro manual y se llevó a cabo la medición de los grados Brix (°Brix). Los °Brix del jugo (contenido de sólidos solubles totales presentes en el jugo) fueron expresados como porcentaje.

En el análisis conjunto de las 3 variables de manejo se empleó un diseño de parcelas subdivididas con tres repeticiones, donde el híbrido constituyó la parcela principal, y la dosis de N y el momento de corte las subparcelas.

### **Respuesta diferencial entre híbridos con aptitud silera para su producción de biomasa azucarada**

Se registraron diferencias significativas en el patrón de concentración de azúcares solubles según el híbrido considerado. Destacamos al híbrido **SD**, que presentó elevados valores en el tallo, promediando los 16° Brix. Lo anterior confirma su potencial utilización para la producción de bioetanol a partir de su biomasa azucarada; como también otros propósitos en los cuales el contenido de azúcares cobre relevancia.

El híbrido **SIL**, también se destacó con valores interesantes (promediando 14° Brix). Si bien no alcanza los valores de °Brix suficientes para categorizarlo como "sorgo dulce", es importante señalar que por ser un biotipo con alto contenido de granos, el contenido de azúcares logrado es destacable. Además, esa producción de granos que lo identifica como un material silero de alta proporción de grano, lo posiciona como el material evaluado con mayor variabilidad de potenciales usos (silaje, diferido, grano).

Los dos restantes híbridos presentaron valores bastante más bajos, promediando los 8 a 9° Brix.

Si bien el híbrido **FOTbmr** no logró una producción de biomasa azucarada elevada, aun así presenta un potencial uso bioenergético, pero a partir de su biomasa lignocelulósica de fácil degradación. Está comprobado que la lignina interacciona con los demás polisacáridos disminuyendo el valor nutricional del forraje y la aptitud de la biomasa lignocelulósica para la producción de bioetanol, incrementando la resistencia de los tejidos a la acción de enzimas hidrolíticas. Los materiales **BMR** (Brown Mid Rib, nervadura central marrón), gracias a una mutación genética presentan un menor contenido de lignina en su estructura vegetativa, de aproximadamente 50% de dicho componente estructural. En consecuencia, en estos híbridos se ve incrementado el potencial de producción de bioetanol a partir de la fracción vegetativa.

Por último, el híbrido **FOTMS** no sería adecuado como materia prima para la elaboración de bioetanol a partir de su biomasa azucarada, ya que presenta una médula seca con bajo contenido de jugo azucarado. Esto último, sumado al hecho de que no se caracteriza por una elevada digestibilidad de su biomasa lignocelulósica ni por la producción de granos, hacen que su biomasa total producida no tenga un potencial uso bioenergético destacable, sino más bien un uso convencional como forraje (silaje, pastoreo directo).



**Imagen 3.** Comparación visual entre una médula seca de color blanquecino (izquierda) y una médula jugosa de color verde (derecha)

### **Respuesta del sorgo a la Fertilización Nitrogenada**

Bajo las condiciones en que se desarrolló el presente trabajo de investigación, la modificación en los niveles de nutrición N no presentó influencia significativa alguna sobre la acumulación de azúcares solubles ( $^{\circ}$ Brix) en el tallo.

Los resultados registrados son coincidentes a los obtenidos por otros autores. Por otro lado, existe otro reporte que incluso indica un efecto negativo de la dosis N sobre el contenido de azúcares.

También existe la posibilidad que la falta de respuesta a dicho tratamiento se deba a una disponibilidad inicial alta de N en el suelo (Valores  $> 60$  ppm  $\text{NO}_3^-$ ).

### **Importancia del momento de corte**

Se registraron diferencias en el patrón de concentración de azúcares solubles ( $^{\circ}$ Brix) según el MC considerado. Las dos instancias de corte más tardías, respondieron con los valores más altos de  $^{\circ}$ Brix, superando a las dos instancias más tempranas en casi 3

## INVESTIGACIÓN

Jorge Rey & Torrecillas

Sorgo dulce[...]

puntos. La concentración alcanzaría su máximo a partir del estadio correspondiente al MC3, estabilizándose en el MC4.

En síntesis, retrasando el momento de corte se logró una mayor acumulación de azúcares solubles en el tallo. Especialmente en materiales fotosensitivos, se observa un mayor contenido de azúcares en hacia momentos mas tardíos, y aumentando con el avance de la senectud.

### Consideraciones finales

Finalmente, destacamos la aptitud de ciertos híbridos sileros de sorgo, en especial aquellos biotipos categorizados como *sorgos dulces*, como fuente productora de bioetanol a partir de su biomasa azucarada. Asimismo, a los efectos de optimizar el manejo del cultivo, es necesaria una correcta combinación de los distintos factores de manejo aquí analizados, como momento de corte y fertilización nitrogenada. En consecuencia, el cultivo de sorgo estaría en condiciones de ofrecer un nuevo destino productivo, en una zona exótica y a partir de otro sustrato, alternativo de la caña de azúcar.

Debido a la escasa información disponible sobre la presente temática en nuestro país, dichos resultados parciales se constituyen como antecedentes en esta área de trabajo, brindando información acerca de la potencialidad del cultivo de sorgo enfocado a la producción de biocombustibles.

### Bibliografía citada

Blumenthal, J.B., Rooney, W.L, and D. Wang. 2007. Yield and ethanol production in sorghum genotypes. Agron Abstract [CD-ROM]. ASA, Madison, Wisconsin.

FAO. 2004. Ethanol production from sweet sorghum. En línea disponible en: <http://www.fao.org/docrep/t4470e/t4470e07.htm#4.1.%20components%20of%20sweet%20sorghum%20stem%20juice>.

Martínez, J., Villegas, Y., Carrillo, J., y H. Espinosa. 2012. Efecto de prácticas agronómicas en la producción de biomasa de sorgo dulce (*Sorghum bicolor* L.). *Naturaleza Y Desarrollo*, 10, 14 – 26. México, 2012.

Torrecillas, M.G. 2005. El Cultivo de Sorgo como Alternativa para Ensilaje. Resumen de la disertación del Congreso de Mercolácea 2006, Argentina.