



■ Agroenergía

Sorgo azucarado, una opción complementaria para la industria sucroalcoholera

Proyecto Biosorgo

Javier Tonatto*; Diego Gutierrez*; Guillermo De Boeck*; Sergio Casen*; Carlos Gusils*; Marcelo Ruiz*; Eduardo Romero* y Aníbal Acevedo**.

*Ing. Agr., Sección Agronomía, EEAOC; **Ing. Agr., Zafra S.A. E-mail: jtonatto@eeaoc.org.ar

El IV Encuentro Nacional de Gestores Tecnológicos, evento que desde 2012 reúne a especialistas de instituciones estatales, universidades y actores del sector privado que trabajan en la transferencia de tecnología, se desarrolló el 21 y 22 de septiembre de 2018, en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires. La EEAOC participó con el proyecto Producción de cultivos bioenergéticos

complementarios a escala comercial en Tucumán - Proyecto Biosorgo. Se trata de una propuesta destinada a probar la viabilidad de la integración del sorgo azucarado a la cadena productiva de la caña de azúcar, que la EEAOC, asociada con dos empresas locales, desarrolló entre fines de 2013 e inicios de 2017 con auspiciosos resultados.

Gestado a partir de una convocatoria

de la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica (ANPCyT) y financiado a través del Fondo de Innovación Tecnológica Sectorial de Energía - Fits Energía 2012 - Biocombustibles Fonarsec, que promueve la conformación de consorcios público-privados para el desarrollo de alternativas altamente innovadoras, competitivas y de alto impacto en el sector productivo de los biocombustibles, el proyecto se

ejecutó con la participación de Zafra SA -dedicada a la comercialización de maquinaria agrícola-, y Azucarera Juan M. Terán SA, especializada en la elaboración de azúcar y destilación de alcohol, obrando la EEAOC como asociada estatal técnico-científica.

Objetivos del Proyecto

Desarrollado en cuatro etapas, el proyecto apuntó a lograr pruebas de factibilidad para la producción a escala comercial de bioetanol y bioelectricidad a partir de sorgo azucarado como cultivo energético complementario de la caña de azúcar. Tenía, además, otros objetivos específicos:

- Transferir y ajustar a escala comercial la información experimental y semicomercial provista por la EEAOC correspondiente a la producción agronómica y el procesamiento fabril del sorgo azucarado, para producir bioetanol a partir del jugo de sus tallos y generar energía eléctrica a partir del residuo fibroso de su molienda.
- Facilitar la incorporación del cultivo de sorgo sacarífero a la actividad agroindustrial del área de influencia del Ingenio Santa Bárbara (Aguilares, Tucumán) sin desplazar los cultivos actuales. Utilizar el sorgo como alternativa de rotación de la soja en el área de granos y/o para ser incorporado en zonas cercanas al ingenio con limitaciones

hídricas y/o con problemas de salinidad.

- Ampliar el período de la zafra actual sucroalcoholera, incorporando al inicio la molienda del sorgo azucarado, para continuar posteriormente con la zafra tradicional de caña de azúcar que se desarrolla generalmente entre los meses de mayo a noviembre.

- Adaptar y ajustar tanto el uso de los equipos disponibles de cosecha mecanizada y transporte de caña de azúcar, como la infraestructura de fábrica existente para procesar el sorgo dulce.

Etapas en las que se desarrolló el trabajo

a. ajuste tecnológico, con la preselección de los materiales, la optimización del proceso fabril y la adquisición de nuevos equipamientos tecnológicos

b. prueba comercial agrícola-industrial, que implicó el monitoreo y ajuste de la cosecha, molienda y transporte

c. producción comercial a mediana escala, vinculada principalmente con el proceso de fermentación y destilación

d. producción comercial a mayor escala, abarcando los mismos procesos mencionados anteriormente

Estas etapas se ejecutaron de acuerdo a una planificación en cuatro fases (Figura 1).

Etapas agronómicas e industrial

Para cumplir con las etapas previstas se realizaron siembras de sorgo azucarado en 11 localidades diferentes de la provincia de Tucumán durante el período comprendido entre los años 2013 y 2017, la mayoría en terrenos con suelos de limitada aptitud agrícola (suelos salinos y sódicos) (Figura 2).

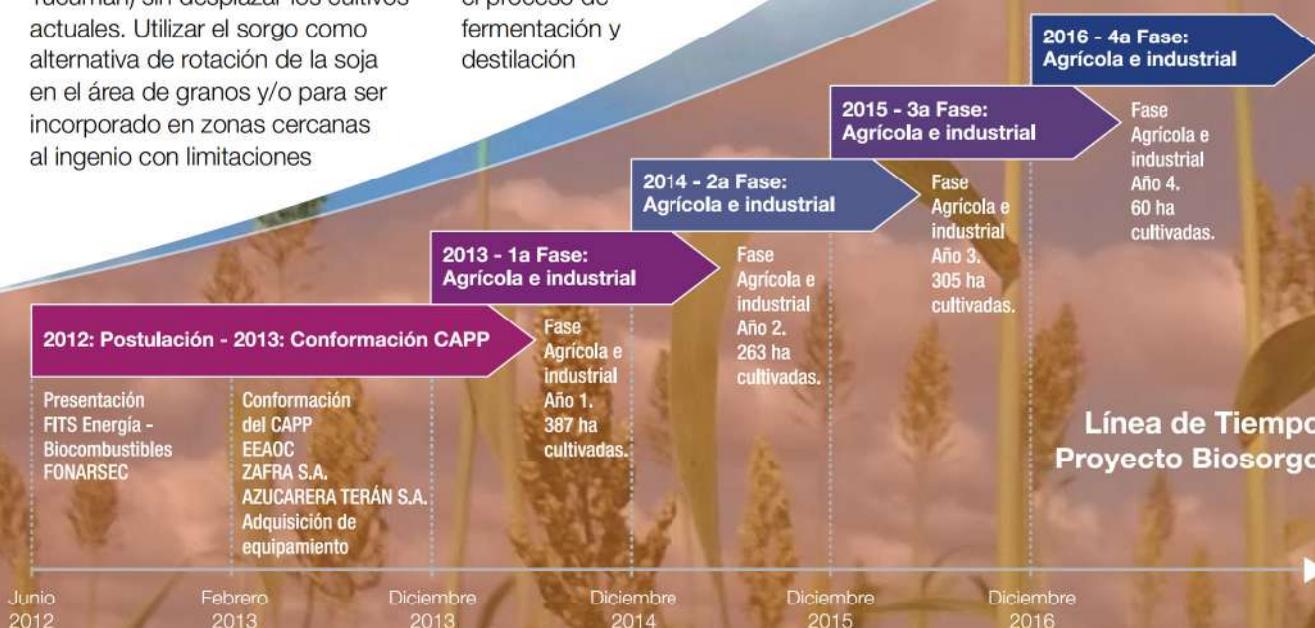


Figura 1. Línea de tiempo con diferentes fases de ejecución del Proyecto Biosorgo.

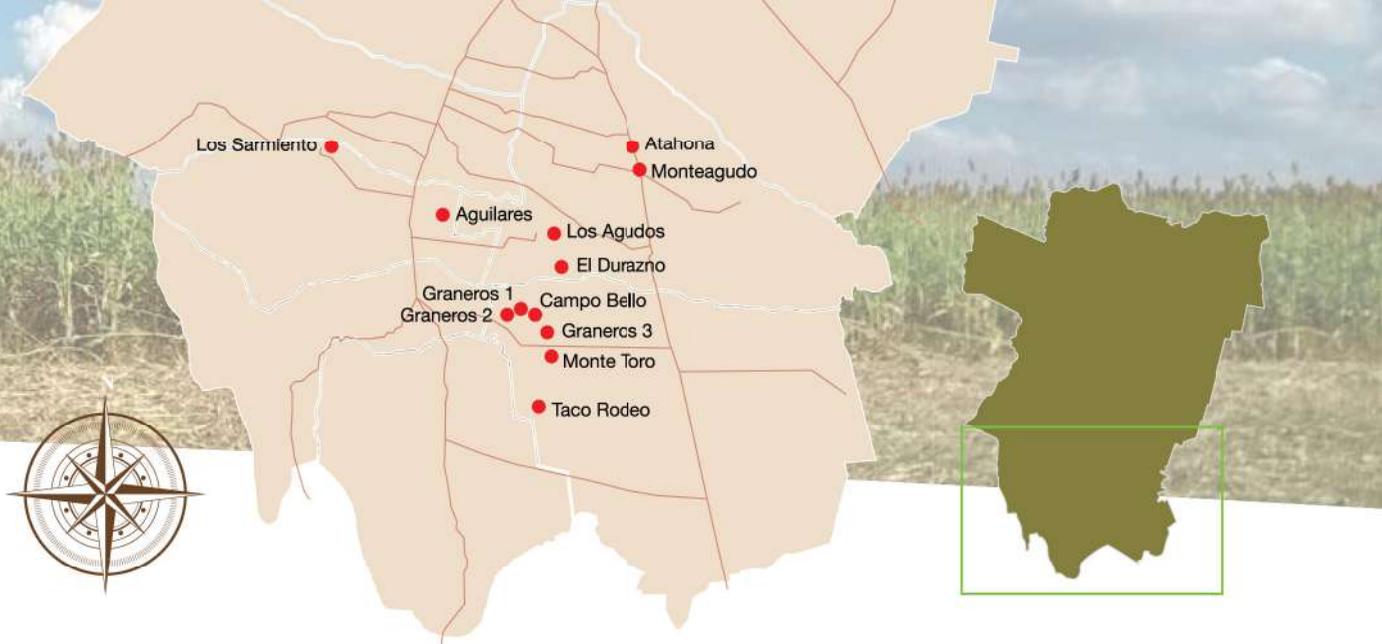


Figura 2. Localidades diversas cultivadas con sorgo azucarado durante el desarrollo del Proyecto Biosorgo.

La siembra se realizó mayormente durante los meses de enero (con extremos en diciembre y febrero), empleando el sistema de siembra directa. Se realizó un manejo agronómico comercial que permitió controlar la competencia de malezas, así como el ataque de plagas. A fin de maximizar el balance energético del cultivo, este se realizó sin el agregado de fertilizantes ni riego suplementario. Se efectuaron visitas de campo periódicas donde

se registraron aspectos relacionados a la fenología del cultivo y se estimó el rendimiento cultural en el momento óptimo de cosecha.

Posteriormente, se realizó la cosecha mecanizada del cultivo empleando el mismo sistema utilizado en el cultivo de caña de azúcar (cosechadoras integrales y carros de transporte auto-volcables). Se efectuaron experiencias de molienda y procesamiento industrial,

conjuntamente con ensayos de laboratorio a fines de evaluar el proceso fermentativo y producción de etanol a partir del jugo extraído del sorgo azucarado.

■ Experiencia y conocimiento

La transferencia de conocimiento y tecnología es un eje esencial en los procesos de innovación desarrollados por la EEAOC. Un

La matriz de consumo energético mundial, según informes publicados en 2015 (BP Statistical Review of World Energy 2015), está compuesta en un 85,5% por combustibles fósiles, un 10,1% por fuentes de energía renovable y un 4,4% por energía nuclear. En el caso de Argentina, la matriz energética responde a este patrón (Ministerio de Energía y Minería, 2016; Romero, 2012).

Argentina buscó en la última década replantear su matriz energética priorizando el uso de la bioenergía, promoviendo el desarrollo rural y reduciendo las emisiones de GEI, dándole un valor agregado a las diferentes cadenas agroindustriales (Chidiak *et al.*, 2015). Actualmente, el nivel de mezcla de naftas con bioetanol anhidro es del 12%, producido en porcentajes similares por la industria

azucarera y la industria del bioetanol de maíz (FAS-GAIN, 2016).

El cultivo de caña de azúcar es mundialmente reconocido como una de las materias primas más avanzadas para la generación de bioenergía, cultivándose en regiones tropicales y subtropicales. En Argentina ha adquirido particular importancia en el noroeste del país con una superficie cultivada de 390.000 ha, cuya producción es procesada a través de 22 ingenios (Centro Azucarero, 2017).

El sorgo azucarado (*Sorghum bicolor*) es otro cultivo de reconocido potencial bioenergético, ya que presenta una elevada productividad en ciclos cortos. Puede producirse en una gran variedad de ambientes, en tierras de mediana y baja aptitud agrícola, siendo apto para regiones con

escasa pluviometría. Se caracteriza por sus tallos con jugos ricos en azúcares y factibles de ser fermentados para la producción de bioetanol. Además, suministra bagazo y residuos de cosecha como subproductos fibrosos, útiles para su empleo directo como biocombustible sólido en la generación de electricidad (Romero *et al.*, 2012).

En 2006 la Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres (Tucumán, Argentina) inicia, dentro de su Programa Bioenergía, evaluaciones de sorgo azucarado y el desarrollo de tecnología para el adecuado manejo agronómico. Complementariamente, estudió el proceso industrial y los ajustes necesarios para el aprovechamiento fabril de esta materia prima para la obtención de bioetanol.

Nos pareció muy importante el proyecto, la idea de ampliar la zafra y sobre todo, poder utilizar nuevos insumos, como el sorgo, para producir alcohol a un precio muy interesante. Creo que la producción de biocombustibles, desde varios puntos de vista, es una alternativa que va imponiéndose y que hay que sumarse. En este caso, nos da la posibilidad de aprovechar una maquinaria enorme como los ingenios, parados varios meses al año y con un costo muy alto para las empresas; así podemos alimentarlos y seguir produciendo, obteniendo ganancia y creando trabajo. Hay muchas personas que quedan sin empleo entre zafras, tienen que ir a trabajar a otras provincias durante varios meses al año o quedan pendientes de un plan social porque no hay trabajo que las contenga. Cualquier posibilidad de aumentar los tiempos de producción es bienvenida, especialmente si esa actividad es tan promisoría y rica como podría ser esta del sorgo azucarado.

Hasta ahora contábamos con experiencias de laboratorio que comprobaban la factibilidad de esta línea de producción. Ahora tenemos comprobaciones a escala comercial. La empresa entró decididamente en el proyecto. Y nos sentimos muy acompañados, guiados por el personal técnico y el conocimiento de la EEAOC. Ha sido una experiencia con futuro, muy positiva.

**Aníbal Acevedo
(Zafra SA)**

enfoque estratégico del tema permitió establecer actividades para difundir conocimientos y generar experiencias y habilidades en los diferentes destinatarios: productores locales, empresas del sector agroindustrial, comunidad científica y organismos gubernamentales. Con este fin, se organizaron reuniones donde se conformó un grupo de productores agrícolas interesados en experimentar con esta nueva materia prima, jornadas de capacitación y discusión sobre manejo y producción del cultivo, la coordinación de las etapas agrícola e industrial y la evaluación de los resultados obtenidos al final de cada ciclo productivo, en simultáneo con visitas semanales que permitieron ofrecer asesoramiento técnico necesario y evaluar el desarrollo de las diferentes etapas del cultivo. Con los resultados parciales y finales, se participó en jornadas y congresos nacionales e internacionales (EE.UU., Cuba, Buenos Aires, Mar del Plata y Tucumán)

■ Resultados

Através de esta experiencia pudo confirmarse:

- la aptitud del sorgo azucarado como cultivo energético para las condiciones agroecológicas de la región NOA, con niveles de rendimiento cultural y alcohólico promisorios.
- el equipamiento disponible para el cultivo y la cosecha de caña

Creo que la incorporación del sorgo a la producción sucroalcoholera tiene muchas ventajas también desde el punto de vista agronómico: la incorporación de gramíneas y de tierras marginales, lotes que no tienen la aptitud necesaria para la caña, por el tipo de suelo, por pluviometría, por ubicación; esa sería una de las ventajas del proyecto.

Realmente sorprendió la capacidad de establecimiento que tenía en zonas que son muy marginales (Llanura Deprimida Salina), por suelos con alto contenido de sales, por relieves desfavorables, por anegamiento; el sorgo realmente prosperó donde otros cultivos no pueden prosperar.

Los años en los que se sembró coincidieron con los más secos, 2012-2014, y el cultivo sorprendió para bien, por cómo se estableció, cómo se adaptó y por la simplicidad del manejo, manejar sorgo es mucho más simple que manejar otros cultivos. Tal vez es más complejo desde el punto de vista de malezas porque no hay muchas alternativas, pero desde el punto de vista del agrónomo no es un cultivo difícil, y con una tasa de crecimiento tan alta que compensa cualquier otra dificultad.

**Darío Deu
(Zafra SA)**

de azúcar es totalmente adaptable, con los ajustes correspondientes, a la producción y cosecha de sorgo azucarado.

- la complementariedad de este cultivo con el de caña de azúcar, ya

■ Resultados agronómicos

A lo largo de los cuatro años de desarrollo del proyecto se lograron:

Superficies sembradas: 628 ha, logrando un promedio general de 25 t/ha y valores máximos de 44 t/ha

Parámetros de calidad fabril: valores promedio de 41 l etanol/t de sorgo y valores máximos de 54 l/t de sorgo

Contenido de fibra: valores promedio de 11,4% y valores máximos de 11,8%

Molienda: se determinaron ajustes para mejorar la eficiencia del proceso fabril y la quema de bagazo para la generación de vapor, con un poder calorífico y contenido de cenizas muy similar al bagazo de caña de azúcar

Rendimiento: el jugo obtenido fue clarificado, fermentado y destilado como jugo puro de sorgo y como mezclas con melaza de caña de azúcar, obteniendo rendimientos similares a los logrados con productos azucarados derivados de la caña de azúcar

Modo de cosecha: mecanizada, con el mismo equipamiento de la zafra azucarera. Considerando pérdidas de materia prima, contenido de trash y aspectos operativos, se logró confirmar la aptitud de este sistema para el cultivo de sorgo azucarado con fines bioenergéticos.

que es posible completar el ciclo productivo tanto en su fase agrícola como industrial.

En base a este modelo asociativo entre instituciones públicas y actores privados, se destaca la importancia

de este tipo de iniciativas favoreciendo las experiencias orientadas a la transferencia y gestión de la tecnología para la creación de valor a través de nuevas actividades productivas, acelerando la adopción de nuevas tecnologías y reconociendo el dinamismo en el desarrollo de estas.

Las diferentes actividades realizadas para favorecer la transferencia de tecnología fueron exitosas, destacándose entre ellas las experiencias productivas de los interesados y las visitas periódicas de asesoramiento técnico, así como las jornadas de difusión con demostraciones dinámicas de cosecha de esta nueva materia prima. Este modelo de trabajo aumentó la confiabilidad por parte de los actores interesados y futuros receptores de tecnología, así como la generación de experiencias conjuntas y el desarrollo de nuevas habilidades.

■ Proyección

A l realizar experiencias en escala comercial se lograron identificar las principales áreas que necesitan mejoras para:

a. una adecuada coordinación de la etapa agrícola con las actividades de reparación y puesta a punto de los ingenios previas a la zafra de caña de azúcar, a fin de lograr la cosecha de la materia prima y su procesamiento con una calidad óptima.

b. desarrollar y establecer un esquema comercial que incentive la incorporación de una materia prima no tradicional en el proceso productivo.

c. sostener programas de mejoramiento genético específico que permitan disponer de materiales genéticos con mejoras en su adaptación ambiental, mayor nivel de acumulación de azúcares y adecuada respuesta a diferentes épocas de siembra. 



**XXX Congreso de la Sociedad Internacional
de Técnicos de la Caña de Azúcar**
Tucumán, 31 de agosto - 8 de septiembre de 2019

EnergíaCultivable *La próxima página*



ISSCT CONGRESS
ARGENTINA 2019

AZÚCAR

ALCOHOL

BIOMASA

Y DERIVADOS

**Lo que hacemos
Lo que haremos
Lo que tendremos que hacer**

www.issct-argentina2019.com
contacto@issct-argentina2019.com