

Oct  
2013

Vol. 34

N° 3

ISSN  
0326-1131



# Tucumán en la ruta de la nueva agricultura

El caso especial  
de la caña de azúcar

En dossier: Comportamiento productivo y fitosanitario de TUC-0019,  
una nueva variedad de caña de azúcar altamente productiva



# Tucumán en la ruta de la nueva agricultura

L. Daniel Ploper

Ing. Agr. Ph.D., Director Técnico EEAOC.

Hoy Tucumán posee una matriz agroproductiva diversificada y, si bien es necesario desarrollar mucho más nuestra capacidad de agregación de valor, lo cierto es que nuestro horizonte sigue siendo racionalmente prometedor.

Hay muchos ejemplos posibles para ilustrar los motivos o, como en este caso, el motivo de un sereno optimismo; ejemplos que se apoyan en la realidad de varios de nuestros cultivos insignia y en la evolución de sus respectivas correspondencias industriales. Pero quizá, por eso mismo, ninguno resulte más ilustrativo que el de la caña de azúcar.

El motivo de ese optimismo es poder constatar, una vez más, que en el panorama actual de la producción agroalimentaria, el conocimiento aplicado es una línea cada vez más notoria de creación de valor y que, en muchos aspectos, en Tucumán estamos a la altura de las circunstancias.

El caso de la caña, siempre muy pertinente, vuelve a ser un ejemplo emergente. La caña de azúcar, obviamente, ese cultivo tan

emblemático para los tucumanos; concreto, pródigo, complejo, tan simbólico y a la vez tan real.

Hoy estamos próximos a liberar nuestros primeros cultivares de caña transgénica, apenas haya concluido la última fase de su proceso desregulatorio. Ese hecho, que hoy es noticia, es un verdadero concentrado de contenidos muy significativos y de positivas implicancias y consecuencias: culturales, sociales, productivas y científicas.

Culturales y sociales, por la especial ascendencia que la caña tiene en la historia del desarrollo de nuestra provincia; productivas, por el impacto esperable de este nuevo logro tecnológico en la cadena agroproductiva del Noroeste Argentino (NOA), más allá incluso de la estricta órbita de nuestra perspectiva sucroalcoholera; y científicas, por la apertura que este primer paso implica en materia de mejoramiento genético de la especie y de impulso a la investigación y a la innovación tecnológica.


Vistas así las cosas, podríamos afirmar que este logro, la primera

caña de azúcar transgénica en el mundo -desregulada y apta para su comercialización, su cultivo y su utilización para producir energía-, puede ser considerado como un punto de inflexión en nuestra ya centenaria tarea de mejoramiento agroproductivo. Quizá valga la pena detenernos a examinar, en el lenguaje más llano posible, algunos de los porqués.

### Transgénesis

Estar entre los primeros en el mundo en producir estos cultivares mejorados biotecnológicamente habla, en primer lugar, de las especiales dificultades que este recurso enfrenta en el caso especial de la caña de azúcar. Lograrlo implica haber capitalizado positivamente nuestra ya larga experiencia en la materia.

El proceso biotecnológico llamado transgénesis, apto para la obtención de una variedad vegetal comercial, consiste en obtener primero el gen que confiere la característica buscada (en nuestro caso y como primera experiencia, resistencia a glifosato). Luego, se incluye ese transgen en el genoma de la variedad a mejorar. Este segundo



**La reciente promulgación de la Resolución 318 por parte del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación, que simplifica los procedimientos de desregulación de la caña de azúcar transgénica, fortalece la posición de Tucumán como proveedora de soluciones agroindustriales y consolida su liderazgo en materia de productividad sucroalcoholera.**

paso, denominado “evento”, que es algo así como un injerto genético, designa el lugar en el que el transgen ha sido implantado. El resultado debe ser luego sometido a una serie de pruebas evaluatorias, que se realizan en dos fases sucesivas.

La fase I consta de dos etapas: a) etapa de laboratorio, en la que se obtienen los eventos transgénicos y b) etapa para la prueba del comportamiento del genotipo logrado, que se realiza en invernadero y en campo. Luego durante la fase II, se realiza otra serie larga y engorrosa de análisis y estudios, de los que se obtienen las garantías de inocuidad requeridas para la liberación de la variedad transgénica. El trabajo necesario para lograr liberarla comercialmente lleva entre cuatro y seis años, en el caso de un cultivo ya liberado con antecedentes; este tiempo es aun más largo cuando el cultivo no ha sido desregulado, como es el caso de la caña de azúcar. Los resultados de estas pruebas son sometidas a la evaluación de dos entidades oficiales: la Comisión Nacional Asesora de Biotecnología Agropecuaria (CONABIA), que observa la inocuidad molecular y

ambiental de la variedad resultante, y el Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (SENASA), que observa su aptitud alimentaria. Gran parte de la información técnica y molecular se presenta ante ambos organismos.

Este proceso, ya en sí mismo arduo y complejo, en el caso de la caña de azúcar presenta otras complicaciones derivadas de las características genéticas de la especie. Esas complicaciones hacían casi inviable el proceso desregulatorio tal como estaba planteado; por eso resulta tan significativa su modificación mediante la Resolución 318 del MAGyP, que merece ser recordada como la llave que le abrió la puerta a la transgénesis en especies de multiplicación asexual y de genética compleja, como la caña de azúcar y la papa.

#### **Transgénesis y caña de azúcar**

La caña de azúcar es una especie vegetal de características genéticas complejas. La soja o el maíz, especies en las que se han aplicado y replicado inserciones transgénicas, son diploides; es decir, poseen dos conjuntos de cromosomas

homólogos que contienen la información genética transmisible y son de reproducción simétrica, por lo que de su cruzamiento sexual se obtendrá una progenie que heredará con seguridad los genes de ambos progenitores, con la misma cantidad de cromosomas de cada uno de los padres. No es ese el caso de la caña de azúcar, ni de otros cultivos de reproducción asexual o agámica, como la papa, llamados poliploides, que poseen más de dos conjuntos de cromosomas (los cultivares de caña son muchas veces una combinación de un octoploide y un decaploide) y dan lugar a una herencia compleja y a menudo asimétrica.

Las variedades modernas o actuales de caña de azúcar, casi todas derivadas de la hibridación entre *S. officinarum* y *S. spontaneum*, y la subsecuente nobilización con diferentes variedades de *S. officinarum*, son todas consideradas alopoliploides artificiales y tienen entre  $2n=100$  y  $2n=130$  cromosomas ( $2n$  indica lo que se denomina el número básico de cromosomas de una variedad). Esto confiere a la caña de azúcar una tendencia hereditaria más inmanejable, sin garantías de que las características genéticas de los progenitores se hereden tal cual en su descendencia. En la caña de azúcar, dos plantas hijas de un mismo par de padres normalmente tienen características genéticas muy diferentes. ¿Qué pasa entonces con la variedad transgénica lograda?

Las características propias de la especie que hemos sintetizado más arriba, su poliploidia, hacen que la variedad transgénica obtenida sea de algún modo única. El transgen se introduce en una variedad que posee determinadas características logradas mediante el proceso de mejoramiento convencional (la EEAOC utiliza genética propia), a la que se le agrega la aptitud introducida por el transgen. Utilizada como semilla y mediante reproducción asexual, esa variedad

dará lugar a las socas sucesivas, que mantendrán la característica buscada. Pero esa característica no podrá ser transmitida luego por cruzamiento a otra variedad elite, manteniendo las características obtenidas por mejoramiento tradicional de esta variedad, como ocurre en el caso de las especies diploides como la soja o el maíz.

Tal como estaba planteado hasta su modificación, el proceso desregulatorio obligaba a someter a cada nuevo evento a las mismas pruebas cada vez, haciéndolo



operativa y comercialmente casi inviable. Su modificación permite ahora que lo testeable sea el transgen logrado y el evento inicial, haciéndolo válido para sus repeticiones en nuevas variedades de características diferentes. Sobre la base de nuestro trabajo realizado en este sentido, conjuntamente con los técnicos de la Chacra Agrícola Santa Rosa, la modificación introducida por la Resolución 318 es una decisión clave e inédita en el mundo, que seguramente marcará un antes y un después en materia regulatoria de transgénicos.

La comprensión de la naturaleza de la caña de azúcar ha prevalecido, simplificando la tramitación del

estatus comercial de las variedades así mejoradas, de acuerdo a una lógica acorde con su complejidad genética, y desanudando el camino para la producción en escala de nuevas alternativas. La complejidad de esta tarea se irá incrementando, a medida en que se progrese en la evaluación de líneas transgénicas más avanzadas y se vayan incorporando, a su vez, nuevos eventos que surjan en el futuro.

### **Impacto científico**

Como hemos dicho, la variedad transgénica pronta a producirse resulta de la introducción de un transgen obtenido en laboratorio en la estructura genética propia de una variedad, lograda mediante los procedimientos convencionales de mejoramiento. La operación es parangonable a la inclusión de una línea de código en la escritura de un programa informático. Imaginemos un programa que permite operar una planilla de cálculos. Esa escritura predetermina algunas operaciones y permite sumar, restar, multiplicar, dividir y ordenar los resultados selectivamente, sin importar los números que se ingresen para el cálculo. Un ingeniero informático puede diseñar e incluir en esa estructura de código una línea nueva, que interpuesta en el camino lógico del programa, induzca a la obtención de una nueva función; por ejemplo, la de calcular porcentajes. Esencialmente, el programa no habrá perdido su identidad, ni se habrán alterado sus funciones “naturales”, pero habrá adquirido una nueva aptitud compatible.

Del mismo modo, las mejoras transgénicas introducidas en el “texto” genético de una especie vegetal activan en la planta caminos fisiológicos que no estaban necesariamente previstos, pero que son compatibles tanto con su identidad como con su integridad funcional. En el caso de la resistencia al herbicida glifosato, la introducción del transgen induce a la planta a la producción de una proteína con facultades enzimáticas

(es decir, capaz de promover una reacción química, que por supuesto tiene consecuencias fisiológicas) por acción de la cual el cultivar adquiere la característica deseada, que se suma así a las otras logradas por mejoramiento convencional.

Al cabo de años de pruebas, observación, correcciones, análisis y siempre a partir de material genético estudiado y bien conocido, lo que se obtiene es una variedad con las características agronómicas deseables, en la que el transgen es introducido.

La combinación de tecnologías nos permite así apuntar a variedades cada vez más adecuadas para el contexto en el que se utilizan, orientadas al objetivo productivo privilegiado según las circunstancias y potenciadas genéticamente para expandir sus cualidades agronómicas y su comportamiento fitosanitario. Desde el punto de vista científico, este logro abre nuevas perspectivas en esta dirección, relacionadas a la utilización de recursos biotecnológicos, como las técnicas de marcadores moleculares ligados a genes (o a una región del genoma) que codifiquen para caracteres de interés agronómico, lo cual permitirá asistir y agilizar la selección en etapas tempranas del Programa de Mejoramiento Genético de la Caña de Azúcar de la EEAOC.

La caña de azúcar, considerada desde siempre -y con razón- un insumo con destino de fábrica, ha adquirido el relieve propio de un producto en sí mismo, que hoy estamos en condiciones de producir, multiplicar y difundir comercialmente como caña semilla de alta calidad, genéticamente optimizada.

### **Impacto productivo**

Hoy ya es innegable la necesidad de incrementar verticalmente la producción agroalimentaria y resolver positivamente, y al mismo tiempo, la ecuación costo-beneficio en términos energéticos y ambientales. No es posible concebir hoy la agricultura

sin hacer las cuentas con ese trípode relacional, incluyendo en el eje ambiental la cuestión de la inocuidad bioecológica de los procedimientos.

Quizá obligados por la escasa superficie disponible y movidos por el fuerte espíritu emprendedor que desde siempre nos ha caracterizado, los tucumanos hemos sabido orientarnos en la dirección que hoy imponen las condiciones y perspectivas en el planeta.

Tucumán es, como sabemos, el mayor productor e industrializador de limón en el mundo. Es además el primer productor nacional de azúcar, limón, palta y papa primicia, y el primer exportador de frutillas congeladas y arándano de la Argentina. Tenemos hoy una matriz agroproductiva diversificada, a raíz de la incorporación de nuevos cultivos, como en su momento lo fueron el sorgo, la soja, la papa, el poroto y otras especies fruti-hortícolas, forrajeras, textiles y aromáticas.

La importancia de nuestra presencia en el NOA es innegable, así como también lo es la de los aportes que hemos venido haciendo en materia científica y tecnológica en beneficio de la región. Esos antecedentes nos obligan a redoblar esfuerzos en asignaturas pendientes y exigen de nosotros respuestas articuladas e innovadoras de concreta y sustentable aplicabilidad.

En ese panorama, como dijimos al comienzo, la caña de azúcar vuelve a dar muestras de su pujanza productiva. Destinada durante demasiado tiempo solamente a la obtención de azúcar, aquellas tempranas pruebas que la EEAOC ofrecía acerca de la potencialidad del alcohol carburante obtenible a partir de su jugo terminaron finalmente imponiéndose. Dada su elevada eficiencia en la conversión de energía lumínica en biomasa vegetal, ha terminado por ser considerada como fuente ideal de distintos tipos de energía: al azúcar se le ha

agregado el alcohol y luego también su biomasa.

Ya hay ingenios azucareros que no solamente satisfacen sus propias demandas de energía para el proceso industrial, sino que también están co-generando energía eléctrica que vuelcan a la red pública, reutilizando eficientemente el bagazo. El humo de las chimeneas se ha ido limpiando y los residuos agrícolas de cosecha propios de la caña de azúcar son potencialmente un sustituto de la electricidad producida a partir de otras fuentes, necesaria para el consumo local.

### **La nueva perspectiva**

El logro de esta primera variedad de caña transgénica es un paso más en la dirección de un mayor aprovechamiento del potencial que aún ofrece este cultivo. En los aspectos productivos, la caña de azúcar de esta parte del país cuenta en la actualidad con un paquete tecnológico que se considera apropiado para la producción de azúcar y alcohol, aunque deberán desarrollarse variedades con mayor producción de biomasa para incrementar la eficiencia del proceso.

Entonces, por ahora y hasta que concluya el proceso desregulatorio, la idea es que la caña resistente a glifosato (caña RG) pueda ser utilizada exclusivamente para la generación de energía, en un esquema similar al que hoy se utiliza para la producción de cultivos transgénicos en contraestación, aprovechando además para esto suelos hasta ahora improductivos.

La EEAOC inició en 2006 su programa de transgénesis y en 2009 uno de bioenergía, no solamente para hacer más eficiente la obtención de cultivares mejorados e incrementar la producción cañera de azúcar y alcohol, sino también para dotar de mayor sostenibilidad ambiental, económica y social a todo el sistema agroindustrial centrado en este cultivo. Este esquema así iniciado, que

constituye hoy uno de nuestros principales objetivos, tiene enormes posibilidades de desarrollo. Y es aquí donde la biotecnología cumple un papel trascendente de apoyo a los procesos de mejoramiento convencional, orientando y acelerando la obtención de variedades con mayor producción de biomasa.

Hoy trabajamos en un proyecto de biorrefinería, por ahora a escala piloto, que utilizará como insumo la biomasa de caña de azúcar. El concepto de biorrefinerías alude a una amplia variedad de estructuras productivas integradas, que procuran optimizar el procesamiento de la biomasa, haciéndolo más eficiente y minimizando los impactos ambientales que este origina. A partir de las biorrefinerías se puede producir energía, además de compuestos químicos varios, plásticos, biocombustibles, alimentos y biomateriales.

Malamente estigmatizado más de una vez e incluso concebido -con las dramáticas consecuencias conocidas- como una actividad perniciosa, el cultivo de la caña de azúcar, con su industrialización y los efectos sociales y económicos que ello implica, sigue dando muestras de vigor y de aptitud agroindustrial. Esta vez, como estandarte de un gradual y firme progreso en materia de investigación y generación de conocimiento aplicable, al servicio del desarrollo agroalimentario de la provincia y la región.

Nuestros desarrollos biotecnológicos, aplicados además a la generación de bioproductos, principalmente destinados a sustituir progresivamente a los agroquímicos convencionales derivados del petróleo, que se utilizan como fertilizantes o para el control de plagas y enfermedades, fortalecen la virtuosa integración inter e intradisciplinaria y ponen a Tucumán en la ruta del progreso, basado en una visión amplia, integrada y efectiva de las ciencias naturales. ]