



77

FEB

2026

➤ ISSN0328-7300
Sección Agronomía
de la Caña de Azúcar

publicación **especial**

Proyecto **Vitroplantas**

Producción de caña semilla de alta calidad



ESTACIÓN EXPERIMENTAL
AGROINDUSTRIAL
OBISPO COLOMBRES
Tucumán | Argentina



➤ Agradecemos a las siguientes empresas por su apoyo constante



A full-page background image showing a dense field of sugarcane in the foreground. The stalks are green with some dried, brown leaves at the base. In the background, there are rolling hills or mountains under a dramatic sky with dark, heavy clouds and a bright, low sun creating a warm orange and yellow glow. The overall mood is serene and agricultural.

publicación **especial**

Proyecto **Vitroplantas**

Febrero **2026**

> Autoridades EEAOC

Presidente

Ing. Agr. Roberto Sánchez Loria

Vicepresidente

Lic. Sebastián José Budeguer

Directores

Ing. Agr. José Ignacio Lobo Viaña

Ing. Agr. Francisco J. Estrada

Don Luis Fernando Umana

Don Pablo José Padilla

Don Juan Carlos Crovella

Don José Antonio Linares

Lic. Catalina Rocchia Ferro

Ing. Zoot. Bernabé Oscar Alzabé

Director Técnico

Dr. Hernán Salas López

Directores Asistentes

Tecnología Agropecuaria

Dr. Santiago Ostengo

Tecnología Industrial

Ing. Qco. R. Marcelo Ruiz

Administración y Servicios

C.P.N. Mariana Barraquero

Director de RRHH

Lic. José Daniel Rodríguez

Domato

Editor Responsable

Dr. Hernán Salas López

Comisión Publicaciones

Coordinador general

Ing. Agr. Victoria Gonzalez

Editores de contenido

Mg. Ing. Agr. Daniela Pérez

Ing. Agr. Cynthia Prado

Difusión

D.G. Silvio Cesar Salmoiraghi

Arte, diseño y diagramación

Lic. Andrés E. Navas

Corrección de estilo

Prof. en Letras Ernesto Klass

EEAOC



Indice

	Pag
Prólogo	07
Editorial	09
1. Proceso de producción de vitroplantas	10
1.1 ¿Cómo empieza todo? Producción en laboratorio Micropropagación: establecimiento de cultivos <i>in vitro</i>	10
1.2 Rusticación en invernáculo: etapa clave para el éxito del trasplante a campo	19
1.3 Sistema de propagación acelerada a partir de yemas aisladas como estrategia para incrementar la tasa de multiplicación	26
1.4 Asegurando calidad y eficiencia en el sistema de producción de vitroplantas de caña de azúcar Certificación con la Norma ISO 9001:2015	32
1.5 Anexo Varietal: Caracteres de fácil identificación a campo de las variedades de la EEAOC	39
2. Sanidad en caña de azúcar	46
2.1 Enfermedades sistémicas de la caña de azúcar ¿Qué enfermedades buscamos evitar?	46
2.2 Sanidad de la Caña Semilla - Diagnóstico y monitoreo Estrategias de diagnóstico molecular y serológico para la trazabilidad fitosanitaria	56
2.3 Caña semilla de alta calidad en Tucumán: evolución fitosanitaria y dinámica de multiplicación en los semilleros Básicos y Registrados durante 2020 - 2024	64
2.4 Anexo Enfermedades: Principales enfermedades de la caña de azúcar en Tucumán	71
3. Manejo de caña semilla saneada	76
3.1 Semillero básico: del laboratorio al cañaveral cómo la EEAOC multiplica la caña semilla de calidad Del cultivo <i>in vitro</i> a la multiplicación en campo	76

Pag

3.2 Anexo: Protocolo para el establecimiento de un lote semillero	85
4. Testimonios de cañeros	89
4.1 Testimonios	89
4.2 Anexo: link a listado de semilleros 2025	96

Prólogo

Han pasado casi 25 años desde el inicio del Proyecto Vitroplantas, cuyo objetivo principal es la producción de “caña semilla” de alta calidad. Fue concebido para brindar a los productores tucumanos una herramienta eficaz que permita incrementar la productividad de sus cañaverales. Este proyecto es un gran desafío, tanto desde lo científico-técnico como desde lo institucional, pero también una enorme oportunidad. Desde lo científico-técnico, la puesta a punto de técnicas de cultivo de tejidos, el diagnóstico sanitario, el manejo agronómico y la valoración de la identidad genética, etc., implican un proceso permanente de experimentación y adquisición de conocimientos, habilidades, capacidades y destrezas, que resulta sumamente enriquecedor para el equipo responsable de cada uno de los aspectos del proyecto. Desde lo institucional, al tratarse de un proyecto que atraviesa transversalmente numerosas disciplinas, que requiere de una intensa articulación dentro de la institución y de ésta con el sector productivo y que tiene un componente importante de transferencia y vinculación tecnológica, supone un gran desafío y un importante trabajo de coordinación. Durante estos 25 años, el Proyecto Vitroplantas necesitó, para alcanzar exitosamente sus objetivos, de la comprensión plena, el compromiso profundo y responsable y la convicción de su trascendencia por parte de la EEAOC, del equipo técnico involucrado en su ejecución y del sector productivo destinatario de sus esfuerzos. Así, se pasó de un semillero Básico inicial y relativamente pequeño, junto con unos pocos semilleros Registrados, a lo que actualmente es una red de semilleros que abarca toda el área cañera de la provincia. Se incluyen, además, dos semilleros Básicos que suman una superficie para la producción de caña semilla sustancialmente mayor que la inicial. En estos años, el Proyecto Vitroplantas ha sido el eje en torno al cual nacieron numerosas iniciativas de I+D+i que permitieron lograr diferentes financiamientos. Gracias a ellos se adquirieron maquinaria para el campo, instrumental para los laboratorios e insumos diversos que contribuyeron al crecimiento y la mejora continua de todos los aspectos del Proyecto. Una mención especial merece el rol del Proyecto Vitroplantas como núcleo central del programa de Transferencia Tecnológica para pequeños productores cañeros más importante en el que haya participado la EEAOC en su centenaria historia: el PROICSA (Programa para Incrementar la Competitividad del Sector Azucarero del NOA). Así, atravesando años mejores y otros con mayores vicisitudes, nos encontramos en este momento con un Proyecto consolidado, que ha ampliado sus objetivos hasta convertirse en una herramienta estratégica tanto para la institución que le dio origen como para el sector productivo al cual está destinado. Permítaseme en este prólogo, sin nombrar a nadie en particular, recordar a todos los que participaron del Proyecto Vitroplantas y que, con su esfuerzo permanente, contribuyeron a su consolidación y crecimiento. En lo personal, habiendo estado estrechamente vinculada al Proyecto por muchos años, puedo dar fe de los esfuerzos y logros que han permitido que al día de hoy el Proyecto Vitroplantas sea parte de la identidad de la EEAOC, y un actor permanente dentro de la producción de caña de azúcar en nuestra provincia.

*Magister Ing. Agr. **Patricia Andrea Digonzelli***

➤ Agradecemos a las siguientes empresas por su apoyo constante



Editorial

La Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres (EEAOC), a través del Proyecto Vitroplantas, ha consolidado un sistema integral de producción de caña semilla de alta calidad que combina innovación biotecnológica, gestión institucional y un compromiso sostenido con el sector productivo. Este proyecto, pionero en la región, es un modelo de articulación entre investigación aplicada y transferencia tecnológica.

A lo largo de su desarrollo, numerosas áreas técnicas, laboratorio, sanidad, invernáculos, agronomía y mejoramiento; han construido un sistema que depende tanto de la rigurosidad científica como del trabajo coordinado de diferentes equipos. Esta publicación recupera justamente esas voces: quienes micropropagan los meristemas, quienes monitorean enfermedades, quienes crían los plantines en el invernáculo, quienes implantan los semilleros y los productores que, desde el campo, confirman el valor del material saneado.

La producción de vitroplantas libres de patógenos, la certificación ISO 9001:2015 y la incorporación de diagnósticos de precisión han fortalecido la calidad y la trazabilidad del proceso. La rusticación en invernáculo, a cargo de personal especializado, asegura la transición del laboratorio al campo, mientras que el esquema de semilleros Básicos y Registrados permite multiplicar el material con identidad genética y sanidad verificadas.

Entre 2020 y 2024 se implantaron más de 340 semilleros Registrados, con resultados productivos superiores al promedio provincial. A ello se suman el servicio de flete institucional, que garantiza la llegada oportuna del material y acompaña la planificación del productor.

El Proyecto Vitroplantas implicó un cambio de paradigma en la provisión de caña semilla. Integrando biotecnología, fitopatología, agronomía y mejoramiento genético en un esquema de calidad certificada. Sus resultados se traducen en cañaverales más sanos y productivos, muestra de una respuesta institucional comprometida con el desarrollo sostenible del sector.

Esta publicación busca poner en valor ese esfuerzo colectivo. Detrás de cada vitroplanta, cada análisis y cada hectárea implantada hay personas, decisiones y un propósito común: que Tucumán produzca caña semilla de calidad superior. La EEAOC reafirma así su rol estratégico como puente entre la ciencia y la producción agroindustrial regional.

Ing. Agr. Juan Giardina

¿Cómo empieza todo? Producción en laboratorio de vitroplantas

Micropropagación: establecimiento de cultivos *in vitro*

- › María Elena Díaz Micales*, María Paula Insaurralde Rocco*, Nora del Valle Paz*, Silvia Natalia Ovejero*, Ana María Cerviño Dowling*, Alejandro Perea*, Agustín Eugenio Padilla*, Ivana N. Pérez*, María Francisca Perera* y Aldo Sergio Noguera*

Introducción

La obtención de plantines de caña de azúcar mediante cultivo *in vitro* es una herramienta esencial para garantizar la calidad y la sanidad del material de plantación. A partir de pequeños fragmentos de tejido llamados meristemas apicales, se regeneran nuevas plantas libres de patógenos. Además de garantizar la sanidad, la aplicación adecuada de la técnica permite mantener la pureza genética, asegurando que las vitroplantas sean idénticas a la planta madre. La detección de una posible variación somaclonal (cambios genéticos no deseados) se realiza mediante la aplicación de rigurosos protocolos de trabajo y se utilizan marcadores moleculares que permiten comparar el ADN de las vitroplantas con el de la planta original. El resultado es un material de propagación uniforme, vigorosa y genéticamente estable, listo para su utilización tanto en la multiplicación comercial como en programas de mejoramiento genético. El objetivo de este artículo es describir el proceso de producción de vitroplantas en el laboratorio de Biotecnología de la EEAOC, y la evolución de las cantidades producidas.

Etapas del proceso de obtención de vitroplantas

- › **ETAPA 0** | Preparación del material vegetal de partida o donante

Esta etapa se desarrolla en invernadero, donde se cultivan y acondicionan las plantas de las cuales se extraerán los meristemas. Es una etapa fundamental, ya que disponer de material vegetal uniforme y vigoroso no solo aumenta la eficiencia en la etapa de implantación sino en las etapas posteriores.

- › **ETAPA 1** | Establecimiento del cultivo *in vitro* o introducción

Consiste en la implantación de los meristemas o ápices meristemáticos ya desinfectados en medio de cultivo adecuado para el desarrollo del brote. Cada meristema es identificado con un código que corresponde a una “línea”, definida como el conjunto de plantines obtenidos *in vitro* que provienen de un mismo meristema. Esta individualización tiene como finalidad disponer de la trazabilidad durante todo el proceso de producción de cada vitroplanta.

*Instituto de Tecnología Agroindustrial del Noroeste Argentino (ITANOA), Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres (EEAOC) - Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). Sección Biotecnología. EEAOC.

mediazmicas@eeaoc.org.ar

➤ Agradecemos a las siguientes empresas por su apoyo constante



› ETAPA 2 | Multiplicación

En esta fase se transfiere el material vegetal a otro medio de cultivo que promueve la activación de las yemas adventicias, para lograr la formación de los macollos que luego se subdividen en grupos de cuatro o cinco plántulas y se transfieren periódicamente a medio de cultivo fresco para generar mayor cantidad de plantas.

› ETAPA 3 | Enraizamiento

se lleva a cabo en un medio de cultivo específico que estimula la generación de raíces para su posterior adaptación a las condiciones *ex vitro*.

En una etapa posterior, los plantines producidos en laboratorio se aclimatan en invernadero.



Figura 1. Esquema de las etapas de producción de Vitroplantas de caña de azúcar en laboratorio.

Ventajas del proceso de micropropagación

Las vitroplantas de caña de azúcar conforman un cañaveral de laboratorio (Figura 2). Durante el ciclo de cultivo en un ambiente controlado se procuran reproducir las condiciones óptimas para que las plantas expresen su máximo potencial. La producción de plantines en laboratorio mediante el proceso de micropropagación presenta ventajas importantes:

- Saneamiento de plantas con virus a través del cultivo de meristemas.
- Propagación clonal masiva de plantas en un corto período y en un ambiente controlado.
- Aceleración de la propagación de las nuevas variedades obtenidas por el SMGCA para su rápida difusión en el sector productivo.



Figura 2. Vitroplantas de caña de azúcar laboratorio de Biotecnología EEAOC.

¿Cómo se conserva la pureza genética?

La pureza o identidad genética implica que las plantas micropropagadas son genéticamente idénticas al genotipo original (planta madre) del cual se extrajo el tejido para iniciar el proceso. Durante el cultivo *in vitro* pueden ocurrir alteraciones genéticas, conocidas como variación somaclonal, como consecuencia de las nuevas condiciones a las que los tejidos están expuestos.

En nuestro laboratorio se emplean diferentes estrategias para evitar la aparición de variantes somaclonales, entre ellas la utilización de medios de cultivo simples, la realización de un número determinado de sub-cultivos o multiplicaciones (hasta siete) y una permanente vigilancia por la posible aparición de plantas “fuera de tipo” (arrosetadas, albinas, quimeras). Además, la identidad genética es garantizada mediante el empleo de marcadores moleculares (fragmento de ADN que tiene una ubicación específica), con los cuales se comparan los perfiles genéticos de las vitroplantas al final del proceso (etapa de aclimatación) con el perfil de la “planta madre” que les dio origen (Figura 3).

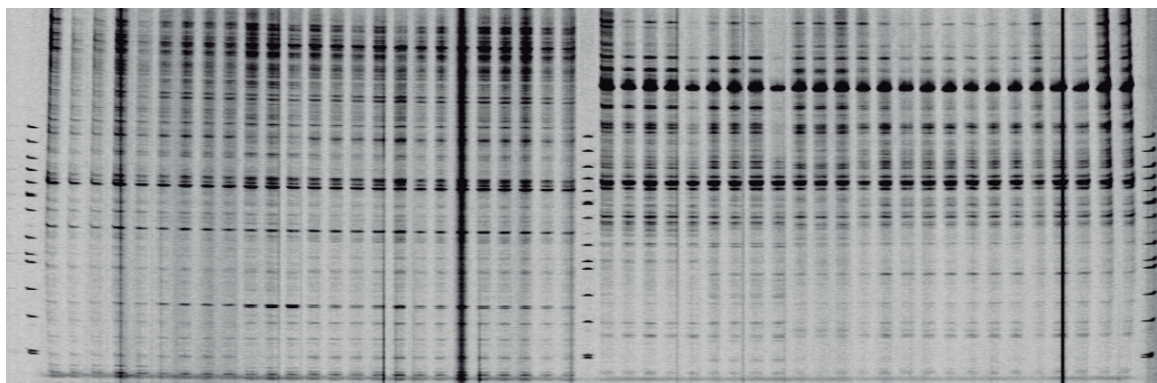


Figura 3. Imagen de gel de poliacrilamida con la visualización de los perfiles genéticos de líneas de vitroplantas de caña de azúcar obtenidos mediante marcadores moleculares. Cada columna vertical en el gel representa el perfil genético de una línea de cultivo *in vitro* de caña de azúcar diferente. Los segmentos horizontales oscuros dentro de cada columna son marcadores moleculares separados de acuerdo a su tamaño. En los extremos y en el centro se incluye un marcador de peso molecular.

La variación somaclonal se detecta por una diferencia entre los perfiles mencionados. Desde que la evaluación de la variación somaclonal fue incorporada en el laboratorio de la Sección Biotecnología de la EEAOC en 2007, se detectó una muy baja ocurrencia de variantes somaclonales (<1%, es decir, variaciones en los perfiles en menos de una línea por cada 100 líneas evaluadas), lo que indica que los protocolos empleados son óptimos, ya que evitan la aparición de variantes somaclonales y por lo tanto aseguran la identidad genética de las variedades de caña de azúcar que se micropropagan.

Producción de vitroplantas en los últimos cinco años

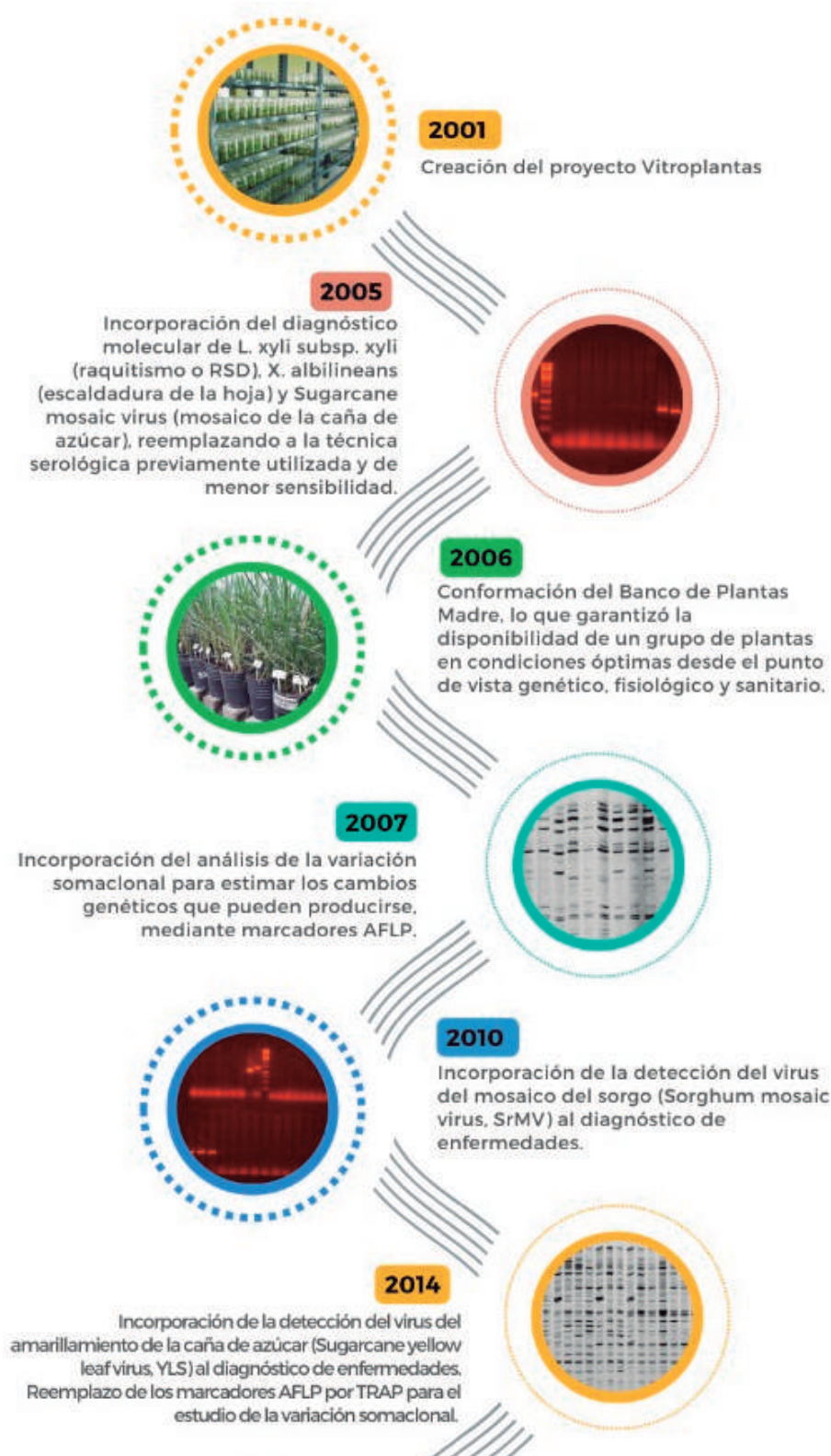
Cabe señalar que la mayoría de las variedades micropropagadas son obtenidas por el SMGCA y, por lo tanto, gozan de la protección del derecho de obtentor. La producción de plántines de estas variedades se detalla en la Tabla 1.

Tabla 1. Producción anual detallada por variedades en el período 2020-2024.

	Genotipo	2020	2021	2022	2023	2024
Variedad	LCP 85-384				7.127	
	TUC 95-10			1.967	4.166	2.851
	TUC 00-19	571		4.719	3.023	
	TUC 00-65	4.496	15.704	9.409	14.300	
	TUC 03-12			10.266	20.599	12.981
	TUC 06-7	29.556	6.989	51.026	17.244	1.084
	TUC 08-10					23.232
Clon promisorio						167
Total		34.623	22.693	77.387	66.459	40.315

Mejoras en el proceso de obtención de vitroplantas

La etapa de laboratorio ha incorporado mejoras continuas en el proceso para lograr un producto final (caña semilla) que satisfaga los requerimientos de los productores azucareros, suministrándoles material de propagación óptimo, con sanidad y pureza genética garantizadas (Figura 4).



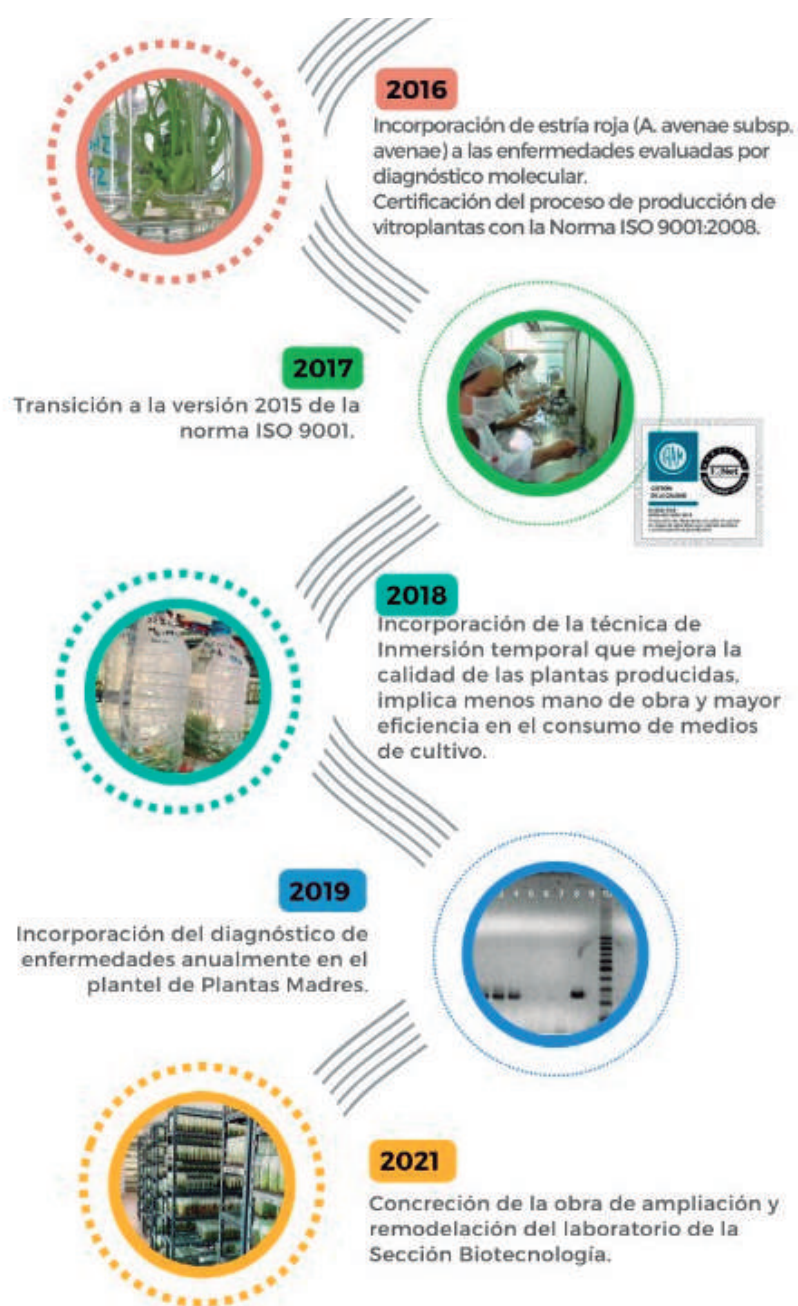


Figura 4. Principales ajustes y mejoras incorporados en la etapa de laboratorio del Proyecto Vitroplantas desde 2001 hasta la actualidad.

Estos hitos reflejan que la etapa de laboratorio ha evolucionado de un proceso de simple multiplicación a un Sistema de Gestión de Calidad enfocado en el diagnóstico molecular y la sanidad garantizada para impactar directamente en la productividad del cultivo. Las herramientas biotecnológicas aplicadas a la producción de vitroplantas de caña de azúcar representan una estrategia central y sostenida, desde 2001 hasta la actualidad, para asegurar la competitividad y sostenibilidad del cultivo.

Consideraciones finales

El uso de plantines *in vitro* permite reducir la transmisión de enfermedades sistémicas prolongar la vida útil de las variedades comerciales y asegurar una base sanitaria sólida para nuevas plantaciones. Para el productor, esto se traduce en campos uniformes, con mejor desarrollo inicial y mejores producciones.

Rusticación en invernáculo: etapa clave para el éxito del trasplante a campo

› Carolina Díaz Romero*, María Fernanda Figueroa* y Santiago Ostengo*.

Introducción

Las vitroplantas de caña de azúcar obtenidas mediante micropropagación son plantas con características morfológicas y fisiológicas especiales propias de su desarrollo *in vitro*.

La rusticación implica aclimatar, criar y desarrollar estas pequeñas plantas de condición frágil para lograr plantas robustas, aptas para ser trasplantadas a campo. Para esto, las plantas deben pasar del estado *in vitro* a *in vivo*, de un ambiente totalmente controlado a condiciones ambientales con menor control.

Esta transición del laboratorio al invernáculo representa una etapa crítica del proceso, y transcurre en dos fases. En la primera, denominada aclimatación, las vitroplantas experimentan importantes transformaciones fisiológicas que les permiten alcanzar un desarrollo autónomo. A continuación, superada la primera etapa, se inicia la fase de crianza, durante la cual las plantas sobrevivientes continúan su desarrollo hasta convertirse en plantines vigorosos. En estas dos fases resulta fundamental aplicar un conjunto de prácticas de manejo especializado que reduzcan al mínimo las pérdidas, las cuales pueden ser significativas debido a la elevada fragilidad de las plantas originadas en el cultivo *in vitro*.

En el presente artículo se describen los procesos que se desarrollan y los cuidados que se brindan a las vitroplantas durante su rusticación, así como estadísticas sobre los volúmenes de vitroplantas y las variedades rusticadas entre 2020 y 2024 en la EEAOC.

Fase de aclimatación

En el laboratorio, las vitroplantas son nominadas con un código que incluye: año de inicio del proceso, variedad y línea (grupo de plantas originadas de un mismo meristema). Esta nominación permite mantener la trazabilidad de los materiales.

Las plantas se extraen de los frascos, se separan y podan, y se sumergen sus raíces en una solución fungicida. Luego de 24 h son trasladadas al invernáculo para iniciar la fase de aclimatación (Figura 1).

* Sección Caña de Azúcar, EEAOC

cdiazromero@eeaoc.org.ar

➤ Agradecemos a las siguientes empresas por su apoyo constante





Figura 1. Vitroplantas recibidas desde el laboratorio que completaron su etapa *in vitro*.

En el invernáculo, antes del trasplante, los plantines se clasifican según la abundancia relativa de raíces y el tamaño de la parte aérea (tallo con sus hojas) en cinco grupos: cuatro categorías con raíces abundantes –que a su vez se dividen de acuerdo a la longitud de la parte aérea– y una quinta categoría con escaso o nulo desarrollo radicular.

Así, se conforman los siguientes grupos de plántulas: “mayores a 7 cm” (a partir de 7,01 cm); “entre 5 y 7 cm” (de 5,01 cm a 7 cm); “entre 3 y 5 cm”; y “menores a 3 cm” (de 2,99 cm o menos), todos ellos correspondientes a plantas con un desarrollo radicular abundante; y por último, “PR” o “Pocas Raíces”, para plantines con escasa o nula formación de raíces (Figura 2). Esta clasificación permite conformar lotes de crecimiento homogéneo, lo que facilita las tareas de manejo y favorece un desarrollo más uniforme durante toda la rusticación en invernáculo.



Figura 2. Vitroplantas clasificadas por tamaño y raíces, listas para el trasplante en invernáculo.

El trasplante se realiza en bandejas con celdas individuales de 100 cc, utilizando un sustrato comercial compuesto por turba de musgo *Sphagnum*, compost de corteza fina, perlita, fertilizantes (nitratos, fosfatos y potasio) y agentes humectantes (Figura 3). Inmediatamente después del trasplante, se aplica un complejo nitrogenado junto con el riego, con el objetivo de estimular una rápida adaptación de las plantas a las nuevas condiciones de crecimiento.

La aclimatación se realiza en un sector del invernáculo especialmente acondicionado, donde la intensidad de la luz natural se reduce mediante la instalación de telas de media sombra colocadas sobre las plantas, las cuales interceptan aproximadamente el 50% de la radiación solar (Figura 4). Este sombreado controlado permite una adaptación gradual de las plantas a las condiciones de luz natural, reduciendo el estrés lumínico y favoreciendo su supervivencia en esta fase crítica. La temperatura es controlada sólo cuando desciende por debajo de 20°C.

En esta etapa crítica, y a pesar de los recaudos tomados, es normal la ocurrencia de pérdidas de plantines. La supervivencia depende de diversos factores tales como la variedad, las características de las plantas al momento del trasplante (longitud y grosor de la parte aérea, desarrollo radicular) y el manejo post trasplante.

Esta fase concluye a los 15 días, momento en el cual los materiales son trasladados a otros sectores del invernáculo.



Figura 3. Trasplante de vitroplantas en celdas individuales.

Figura 4. Área de invernáculo donde transcurre la fase de aclimatación.

Fase de crianza

La fase de crianza tiene una duración aproximada de tres meses. Las vitroplantas son ubicadas en distintos sectores del invernáculo según la variedad, la línea y la fecha de trasplante. La luminosidad se mantiene bajo las condiciones naturales del invernáculo, sin sombreado adicional. En cuanto a la temperatura, se controla únicamente cuando desciende por debajo de los 20°C, a fin de mantener un ambiente adecuado para el crecimiento de las plantas.

Con el objetivo de estimular el macollaje y promover un rápido desarrollo vegetativo, se realizan aplicaciones periódicas de distintos fertilizantes que aportan nitrógeno, fósforo, potasio, magnesio y azufre. Asimismo, se efectúan podas semanales para estimular el engrosamiento de los tallos, utilizando herramientas desinfectadas (Figura 5).

Una vez que las vitroplantas alcanzan el desarrollo adecuado para su trasplante a campo, se coordina la entrega, asegurando su correcta identificación (Figura 6). Este procedimiento permite mantener la trazabilidad del material durante todo el proceso, garantizando que la plantación en campo continúe bajo un seguimiento preciso y ordenado.



Figura 5. Poda de vitroplantas con herramientas desinfectadas.

Figura 6. Vitroplantas rusticadas óptimas para su trasplante a campo.

Vitroplantas rusticadas entre 2020 y 2024

Entre 2020 y 2024, se rusticaron en invernáculo un total de 142.588 vitroplantas. De ellas, 135.808 correspondieron a seis cultivares ampliamente difundidos en el área cañera: LCP 85-384, TUC 95-10, TUC 00-19, TUC 00-65, TUC 03-12 y TUC 06-7; y las restantes 6780, a la variedad TUC 08-10 recientemente liberada por el Subprograma de Mejoramiento Genético de Caña de Azúcar. La propagación de esta nueva variedad comenzó en 2024, con el objetivo de impulsar la producción de semilla sana para su pronta entrega a los productores.

En la Tabla 1 se detallan las variedades que fueron rusticadas en invernáculo en el periodo 2020-2024.

Tabla 1. Total de vitroplantas rusticadas en el periodo 2020-2024.

Variedad	Cantidad de vitroplantas
TUC 06-7	77.771
TUC 03-12	30.413
TUC 00-65	14.417
TUC 08-10	6.780
TUC 00-19	6.557
TUC 95-10	3.400
LCP 85-384	3.250
Total	142.588

Consideraciones finales

La etapa de rusticación en invernáculo del Proyecto Vitroplantas de caña de azúcar de la EEAOC constituye un eslabón clave para el éxito en la implantación de los Semilleros que proveerán al productor de caña semilla saneada, vigorosa y con identidad genética asegurada. Entre 2020 y 2024 se aclimataron y criaron 142.588 vitroplantas de variedades comerciales difundidas y un cultivar TUC altamente productivo recientemente liberado.

Sistema de propagación acelerada a partir de yemas aisladas

› María Mercedes Medina*, Sofía Fajre*, Francisco Pérez Alabarce* y Juan Antonio Giardina*.

Introducción

El sistema de multiplicación rápida de caña semilla mediante yemas aisladas constituye un avance para la producción de caña de azúcar, ya que incrementa la tasa de multiplicación y acelera la difusión de nuevas variedades. Esto permite al sector productivo acceder con mayor rapidez a material de alta calidad, mejorando la eficiencia y la rentabilidad de los cañaverales.

Tradicionalmente, la etapa de multiplicación en campo del Proyecto Vitroplantas (Tercera Etapa) se realizaba únicamente con plantines provenientes de micropropagación.

La implementación del sistema de yemas aisladas permite aumentar la tasa de multiplicación a 1:60 en el semillero Básico; es decir, a partir de un surco de semillero se pueden plantar 60 surcos de semillero Registrado.

Además, mediante esta técnica se logra disminuir significativamente el tiempo requerido para disponer de cantidades suficientes de semilla, un factor especialmente importante en la difusión masiva de nuevas variedades. En este artículo se detallan los procesos que se realizan en las diferentes etapas de multiplicación y las ventajas de este sistema de propagación.

Proceso de multiplicación en invernáculo

Considerando que la edad de la caña semilla es un factor importante que puede influir en la brotación, el sistema de multiplicación rápida de caña de azúcar parte de tallos de entre 7 y 10 meses de edad, provenientes del semillero Básico. Este material de propagación joven presenta mayor contenido de humedad y de glucosa, lo que, en general, se correlaciona positivamente con la brotación de las yemas.

El proceso comienza con un muestreo intensivo del material de partida. Para esto, se selecciona un tallo por cepa de cada variedad que se va a multiplicar. Luego, las muestras se envían a un laboratorio especializado, donde se analizan para descartar la presencia de enfermedades sistémicas, asegurando así la calidad y la sanidad de las plantas antes de iniciar la propagación.

* Sección Caña de Azúcar, EEAOC

mmedina@eeaoc.org.ar

➤ Agradecemos a las siguientes empresas por su apoyo constante



Una vez que las muestras han sido analizadas en el laboratorio, los tallos son cuidadosamente pelados de forma manual para no dañar los propágulos. A partir de este material, que cumple estrictamente con los estándares de calidad (identidad genética, vigor y sanidad), se extraen las yemas. La extracción se realiza con pinzas sacabocado previamente desinfectadas con amonio cuaternario al 1% (Figura 1).

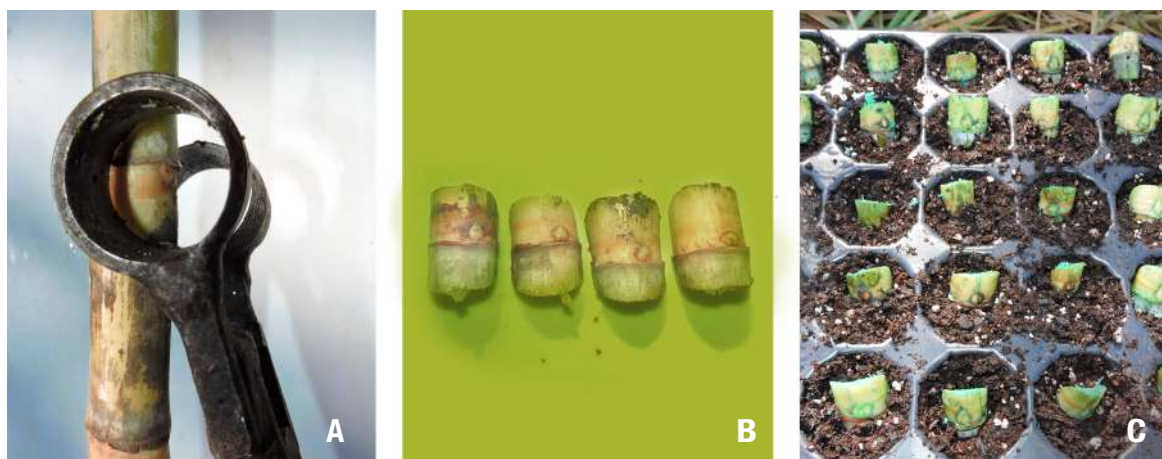


Figura 1. Proceso de extracción de yemas. A) Sacabocado extrayendo la yema; B) Yemas aisladas y C) Yemas tratadas con fungicidas recién plantadas.

Para la selección del material de propagación, se prioriza la calidad fisiológica. Se descartan las yemas inmaduras ubicadas en la región apical del tallo, y las yemas coriáceas de los entrenudos basales, ya que ambas presentan un bajo potencial de brotación.

Además, se realiza una inspección exhaustiva del material extraído para seleccionar únicamente las yemas en buen estado. Se eliminan las que muestran daños mecánicos por manipulación o aquellas que evidencian ataque de insectos, lo cual comprometería el éxito de la brotación.

Antes de la plantación, las yemas se someten a un tratamiento de inmersión con una solución fungicida durante 10 minutos. Luego, se plantan en bandejas forestales de 25 celdas que contienen un sustrato comercial estéril a base de turba y perlita.

Las bandejas se mantienen en invernáculo bajo condiciones controladas de temperatura ($26 \pm 2^{\circ}\text{C}$) y humedad a capacidad de campo. Al cabo de una semana, y según la variedad, comienza la emergencia de los brotes.

La fase en invernáculo lleva aproximadamente cuatro meses, durante los cuales se realizan podas frecuentes con el propósito de favorecer el macollaje y el enraizamiento de las plántulas (Figura 2).



Figura 2. Poda de plantines en invernáculo. A) Poda manual con herramienta desinfectada y B) Plantines podados.

A su vez, se realizan controles fitosanitarios periódicos para prevenir el ataque de plagas y enfermedades, y se aplica un plan de fertilización diseñado para favorecer el desarrollo de los plantines. Se pone especial énfasis en el fortalecimiento del sistema radicular, lo cual asegura un correcto anclaje y un óptimo establecimiento en campo.

Establecimiento y manejo en campo

El trasplante se lleva a cabo de manera mecánica, para lo cual es necesario que el terreno esté bien preparado y mullido, sin terrones grandes, para facilitar el contacto del plantín con el suelo y favorecer su anclaje.

Los plantines se consideran listos para el trasplante en campo cuando están establecidos, presentan de cuatro a cinco hojas verdes completamente expandidas y una altura adecuada para poder operar mecánicamente (0,25 m aproximadamente) (Figura 3).

Se destaca que la máquina de trasplante realiza el surcado de forma simultánea, eliminando la necesidad de una labor previa. La plantación se realiza a una distancia de 1,60 m entre surcos y a 0,40 m entre plantines. Para garantizar la implantación, se realiza un riego de asiento una vez finalizado el trasplante.



Figura 3. A) Plantadora mecánica en el semillero Básico. B) Plantín recién trasplantado en la línea del surco.

El manejo agronómico de los plantines provenientes de yemas aisladas se integra dentro de las prácticas generales establecidas para el semillero Básico.

Transferencia de genética con respaldo sanitario

Por otra parte, durante la campaña 2024, la Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres (EEAOC) entregó al Ingenio Ledesma, ubicado en la provincia de Jujuy, un total de 8.000 plantines de las variedades de caña de azúcar TUC 03-12 y TUC 06-7 (Figura 4), en el marco de un acuerdo para la evaluación de clones y cultivares TUC en dicha provincia. Esta acción constituye una instancia relevante de transferencia de material genético entre regiones, con respaldo sanitario. Los plantines fueron destinados al establecimiento de un lote semillero, con el objetivo de asegurar la disponibilidad de caña semilla de alta calidad y contribuir a la evaluación de su comportamiento productivo y sanitario en condiciones locales.



Figura 4. A) y B) Acondicionamiento de plantines de la variedad TUC 03-12 para su traslado a la provincia de Jujuy.

Consideraciones finales

El sistema de producción de plantines a partir de yemas aisladas es un gran avance, ya que no solo aumenta la tasa de multiplicación de forma considerable, sino que también reduce significativamente el tiempo necesario para obtener grandes cantidades de caña semilla, un factor vital para la rápida difusión de nuevas variedades.

El sistema de multiplicación rápida de caña semilla de alta calidad es práctico y flexibiliza el proceso. Además, al reducir la cantidad de caña semilla necesaria para la plantación y la superficie requerida para obtenerla, representa una ventaja económica en el sistema productivo de la caña de azúcar.

Asegurando calidad y eficiencia en el proceso de producción de vitroplantas de caña de azúcar. Certificación con la Norma ISO 9001:2015

- › Ana María Cerviño Dowling*, María Elena Díaz Micales*, María Paula Insaurralde Rocco*, Nora del Valle Paz*, Silvia Natalia Ovejero*, Alejandro Perea*, Agustín Eugenio Padilla*, María Francisca Perera* y Aldo Sergio Noguera*.

Introducción

Con el propósito de agregar valor a la caña semilla y fortalecer la calidad y confiabilidad de los servicios de la Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres (EEAOC), se implementó un Sistema de Gestión de Calidad basado en la norma ISO 9001:2015, aplicado a su proceso de producción de plantines aclimatados de caña de azúcar. Las normas ISO (Organización Internacional de Normalización) son un conjunto de estándares internacionales diseñados para asegurar la calidad, la seguridad, la eficiencia y la consistencia de productos, servicios y sistemas en diversos sectores. Estas normas son desarrolladas por expertos de distintos países y buscan facilitar el comercio internacional. La Norma ISO 9001 establece los requisitos para la certificación de los sistemas de Gestión de la Calidad (SGC). Un SGC es un conjunto de procedimientos, políticas y procesos que ayudan a una organización a mejorar su desempeño, optimizar la calidad de sus productos o servicios y aumentar la satisfacción de sus clientes. Su implementación favorece el desarrollo de un sistema efectivo que permite gestionar y mejorar los procesos durante la obtención del producto o la prestación del servicio.

*Instituto de Tecnología Agroindustrial del Noroeste Argentino (ITANOA), Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres (EEAOC) - Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). Sección Biotecnología. EEAOC.

amdowling@eeaoc.org.ar

➤ Agradecemos a las siguientes empresas por su apoyo constante



Implementación de la Norma ISO 9001

Esta norma se sustenta en siete principios que sirven como base para la gestión de la Calidad (Figura 1). En nuestro laboratorio, dichos principios se evidencian tanto en el proceso de certificación alcanzado en 2016 con la versión 2008, como en la posterior transición a la versión 2015 de la Norma ISO 9001, realizada en 2017.

Hasta 2024 el SGC se aplicó, en la Sección de Biotecnología de la EEAOC, a las actividades desarrolladas en el proceso de producción de vitroplantas de caña de azúcar, en etapa de laboratorio. En 2025 se decidió sumar la etapa de aclimatación de plántines (realizada en el invernadero del Subprograma Mejoramiento Genético de la Caña de Azúcar) al SGC certificado, para lo cual se estableció un nuevo alcance: “Producción de plántines aclimatados de caña de azúcar con calidad sanitaria y pureza genética garantizada”.

Una vez definido el alcance, se estableció un mapa de los procesos basado en el ciclo PDCA (Planificar - Hacer - Verificar - Actuar) (Figura 2), que busca la mejora continua y la resolución de problemas de forma sistemática y de manera estructurada.

Posteriormente, se mejoró y sistematizó la información documentada, incluyendo: un Manual de Calidad, donde se describe la estructura organizativa, el SGC y los procesos; los Procedimientos Generales, que establecen la forma en que se planifican, ejecutan y controlan las actividades internas de carácter transversal al SGC; y los Procedimientos Técnicos, que detallan los protocolos técnicos y específicos para la producción de plántines aclimatados. Asimismo, se incluyen también los Instructivos, que sirven como guía para el uso adecuado de equipos; los Registros, que constituyen la evidencia del cumplimiento de las actividades planificadas en los cuales se recopilan datos y, en muchos casos, se determinan indicadores de gestión que permiten controlar el desarrollo del proceso; y los Documentos Externos, que si bien no son generados bajo el SGC, resultan necesarios y sirven de apoyo para su correcta implementación y funcionamiento.

Otras acciones llevadas a cabo fueron: la detección y tratamiento de no conformidades y trabajos no conformes, la capacitación del personal, la realización de encuestas de satisfacción de clientes, el cumplimiento del plan de control y la verificación de equipos de laboratorio, auditorías, etc. Todas estas actividades se aplicaron al proceso productivo principal, así como a los procesos de apoyo tales como el diagnóstico molecular de enfermedades sistémicas y la compra de insumos y equipos.

Con respecto a las compras, el SGC establece procedimientos documentados que describen los pasos a seguir en el caso de compra directa o licitación y los requisitos para la recepción de equipos o insumos, asegurando la disponibilidad de los recursos necesarios para lograr los objetivos propuestos.

Enfoque al cliente	Garantizamos la Satisfacción del cliente mediante comunicación activa y realizando encuesta anual de satisfacción
Liderazgo	Contamos con una Dirección comprometida con la calidad, continuamente establecen y crean condiciones para que se cumplan los objetivos
Compromiso de las personas	El personal participa activamente en alcanzar los objetivos de calidad. Se fomenta la capacitación y el desarrollo profesional
Enfoque basado en procesos	Contamos con un mapa de procesos interrelacionados logrando comprenderlos, gestionarlos y mejorarlos para alcanzar resultados coherentes y eficientes
Mejora continua	Aplicando el ciclo PHVA (Planificar-Hacer-Verificar-Actuar) a nuestros procesos logramos hacer de la mejora un objetivo constante
Toma de decisiones basada en evidencias	Registramos y analizamos de forma sistemática datos relacionados a los procesos de producción obteniendo mayor objetividad y confianza para tomar decisiones
Gestión de relaciones	Consideramos todas las partes para el cumplimiento de los objetivos propuestos y lograr un éxito sostenido de la producción

Figura 1. Principios en los que se basa la Norma ISO 9001:2015.



Figura 2. Mapa del proceso de producción de vitroplantas de caña de azúcar certificado con la Norma ISO 9001:2015

Gracias a la implementación de la Norma ISO 9001:2015 en nuestro laboratorio se logró mejorar tanto el planteo como el cumplimiento de objetivos (Figura 3).

Satisfacción del cliente	<ul style="list-style-type: none"> • Se logró la satisfacción del 100% de los clientes con nuestro producto y su recomendación. • Se cumplió con la demanda de nuestros clientes mediante la producción y entrega de las variedades solicitadas. • Se consideraron las sugerencias y/o reclamos brindando rápida respuesta.
Oportunidades de mejora propuestas por nuestro personal	<ul style="list-style-type: none"> • Se ejecutó más del 70% de oportunidades de mejora propuestas en cada campaña. • Gracias a su implementación, se lograron mejoras en los procesos, equipamientos e infraestructura optimizando la tarea diaria y el bienestar del personal.
Producción de plantines	<ul style="list-style-type: none"> • En cada campaña se entregaron plantines de las variedades solicitadas al productor. • Se garantizó la sanidad y la pureza genética en todos los plantines entregados.
Capacitación del personal	<ul style="list-style-type: none"> • Anualmente se capacita a todo el personal para eficientizar tanto el SGC como las técnicas utilizadas.
Desvíos detectados	<ul style="list-style-type: none"> • Se resolvieron más del 70% de los desvíos detectados en cada campaña gracias a la rápida detección y correcto tratamiento.
Difusión	<ul style="list-style-type: none"> • Se logró la participación en al menos 5 eventos de interés general difundiendo el trabajo, logros y avances de cada campaña.

Figura 3. Cumplimiento de objetivos propuestos.

Consideraciones finales

La certificación del Sistema de Gestión de Calidad aplicado al proceso de producción de plantines aclimatados de caña de azúcar con calidad sanitaria y pureza genética garantizadas, constituye un distintivo de excelencia. Además, esta certificación internacional otorga un reconocimiento que fortalece la confianza y la credibilidad contribuyendo al prestigio de nuestra organización.

En síntesis, la certificación confirma que nuestro Sistema de Gestión de la Calidad se encuentra sólidamente implementado y orientado a la gestión de riesgos, la optimización de los procesos y la provisión consistente de productos que cumplen con los requisitos establecidos y los más altos estándares de calidad. Asimismo, la ampliación progresiva del alcance de la certificación refleja el compromiso sostenido de la organización y de todo su personal con la mejora continua, la eficiencia operativa y la satisfacción de las partes interesadas.

› ANEXO VARIETAL

Caracteres de fácil identificación a campo de las variedades EEAOC

- › Diego Costilla*, Diego Henriquez*, Cecilia Ghio*, Pablo Medina*, Fernanda Figueroa* y Santiago Ostengo*

›

TUC 95-10

- A. Tallos color verde intenso
- B. Color del collar de la vaina de la hoja: púrpura grisáceo
- C. Pelos o janas en la vaina



*Mejoramiento Genético de Caña de Azúcar, EEAOC.

dcostilla@eeaoc.org.ar

➤ Agradecemos a las siguientes empresas por su apoyo constante



>

TUC 03-12

A. Color púrpura del tallo expuesto al sol

B. Canal de la yema

C. Aurícula Subyacente de tamaño mediana



>

TUC 02-22

A. Color verde de los tallos

B. Canal de la yema

C. Vaina de la hoja sin
pelos o janas



>

TUC 06-7

A. Canal de la yema

B. Color de los tallos morados

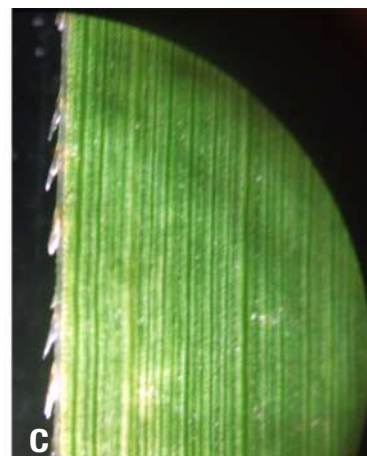
C. Tallos con mucha cerosidad



>

TUC 00-65

- A. Entrenudos cortos
- B. Aurícula Lanceolada
- C. Borde de la hoja poco aserrado



>

TUC 08-10

A. Color de los tallos morados expuestos al sol

B. Sus entrenudos son largos, de diámetro intermedio a delgado

C. Posible Presencia doubles yemas



Enfermedades sistémicas de la caña de azúcar: ¿Qué enfermedades buscamos evitar?

- › Constanza María Joya*, María Angélica Monachesi*, Jessica Anahí Lobo*, Leny Gisela Huvierne* y Victoria González*

Introducción

Las enfermedades sistémicas constituyen uno de los principales desafíos sanitarios en la producción de caña de azúcar, dado su impacto directo en el rendimiento y la calidad del cultivo. Estos patógenos, que se alojan en los tejidos internos de la planta y pueden transmitirse fácilmente mediante material de propagación infectado, representan una amenaza.

El presente trabajo tiene como objetivo brindar información actualizada sobre las principales enfermedades sistémicas que afectan al cultivo como el raquitismo de la caña soca, la escaldadura de la hoja, el carbón, el mosaico y el amarillamiento de la hoja, así como describir sus síntomas, mecanismos de transmisión y medidas de control. Este conocimiento constituye una herramienta clave para técnicos y productores interesados en mantener la sanidad del cultivo y optimizar la productividad de los cañaverales tucumanos y de la región cañera del NOA.

Enfermedades sistémicas en caña de azúcar: lo que todo productor debe saber

La caña de azúcar enfrenta desafíos sanitarios que pueden comprometer su rendimiento y calidad. Uno de los principales riesgos en su producción es la propagación de enfermedades sistémicas a través de la multiplicación comercial de caña semilla, es decir, mediante estacas o trozos de caña. Este tipo de propagación, conocida como agámica o asexual, facilita la transmisión de enfermedades sistémicas y representa el principal factor en la diseminación y en el aumento de los niveles de infección en el cultivo.

¿Qué es una enfermedad sistémica?

Las enfermedades sistémicas son aquellas producidas por patógenos que sobreviven sobre o dentro del tejido vegetal, invadiendo incluso las yemas, por lo cual pueden diseminarse rápidamente durante la multiplicación vegetativa cuando se utiliza semilla infectada.

* Sección Fitopatología, EEAOC

cmjoya@eeaoc.org.ar

➤ Agradecemos a las siguientes empresas por su apoyo constante



Entre las principales enfermedades de este tipo presentes en los cañaverales de Tucumán se destacan las bacterianas, como el raquitismo de la caña soca y la escaldadura de la hoja; virales, como el mosaico y el amarillamiento de la hoja; y fúngicas, como el carbón de la caña de azúcar.

Raquitismo de la caña soca

El raquitismo de la caña soca o RSD se encuentra ampliamente distribuido en las áreas cañeras del mundo. En nuestra provincia, todas las variedades comerciales son susceptibles, por lo que resulta imprescindible la utilización de caña semilla sana para las nuevas plantaciones.

Esta enfermedad es causada por la bacteria *Leifsonia xyli* subsp. *xyli*, la cual coloniza los vasos del xilema y produce un retraso en el crecimiento de la planta. Su severidad aumenta con la edad de la soca y puede intensificarse en presencia de otras enfermedades sistémicas.

¿Cómo reconocemos sus síntomas en campo?

El RSD no presenta síntomas externos característicos. En general, las plantas afectadas muestran un crecimiento reducido, evidenciado por una menor altura y un menor diámetro de los tallos que se presentan más cortos y delgados, así como por un acortamiento de los entrenudos. Esta combinación de síntomas les confiere una apariencia raquílica, lo que finalmente se traduce en una disminución del peso y del rendimiento productivo.

En el interior de los tallos afectados, se observan coloraciones anaranjadas-rojizas en la base de los nudos (Figura 1).

Es importante considerar que los síntomas descritos pueden confundirse fácilmente con otras causas, como deficiencias nutricionales o condiciones de estrés hídrico.

La ausencia de síntomas externos promueve el uso de este tipo de semilla y por ende la introducción del patógeno en nuevas áreas de cultivo. Por esta razón, resulta fundamental conocer el estado sanitario de los lotes que se destinarán a semilleros y realizar un diagnóstico de laboratorio adecuado y oportuno (Figura 1).

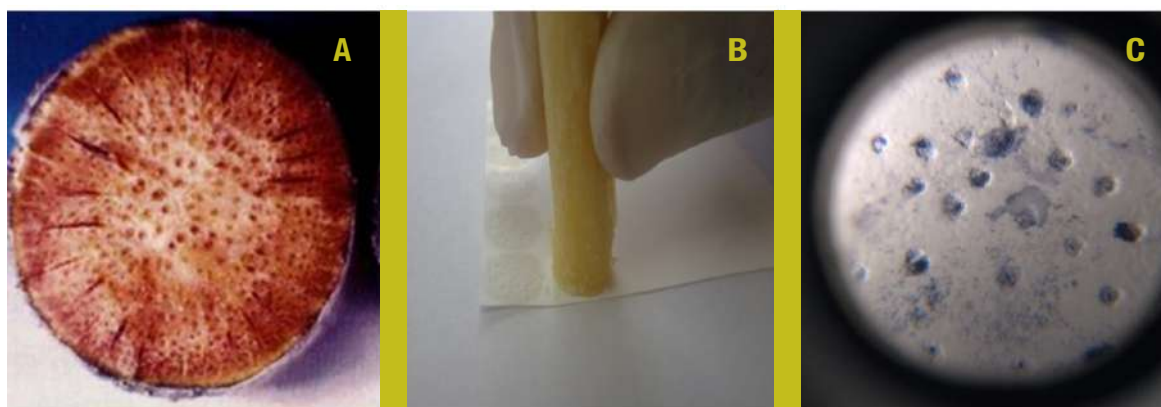


Figura 1. Síntomas internos y diagnóstico serológico de RSD. A) Coloración rojiza en el cilindro vascular asociada a la presencia de *L. xyli* subsp. *xyli* (corte longitudinal). B) Impresión de un cilindro central del tallo sobre una membrana de nitrocelulosa. C) Visualización bajo lupa binocular de la reacción antígeno-anticuerpo (positiva) evidenciando la coloración característica en los haces vasculares colonizados.

Escaldadura de la hoja

La escaldadura de la hoja es una enfermedad bacteriana causada por *Xanthomonas albilineans*. De carácter vascular, está presente en todas las zonas de cultivo de caña y puede limitar significativamente el desarrollo de las variedades susceptibles.

¿Cómo reconocemos sus síntomas en campo?

Debido a la variabilidad de los síntomas que puede presentar, lo que dificulta la identificación de la escaldadura de la hoja a simple vista en el campo, se requiere la confirmación mediante análisis de laboratorio.

La enfermedad presenta tres fases:

A) Fase asintomática (latente): se manifiesta, generalmente, en variedades resistentes o tolerantes. En el interior de los tallos maduros se puede observar una decoloración vascular en la región nodal, similar al síntoma del RSD.

B) Fase crónica: se caracteriza por el síntoma clásico de la enfermedad: rayas blancas, finas y definidas, denominadas “*pencil line*” (Figura 2). Estas estrías, una o varias por hoja, se disponen paralelas a la nervadura central. En tallos más viejos se pueden producir brotes laterales cloróticos.

C) Fase aguda: se caracteriza por la muerte súbita de la planta sin manifestar síntomas crónicos previos. Esta condición suele presentarse luego de períodos de sequía, los cuales favorecen el desarrollo del patógeno.

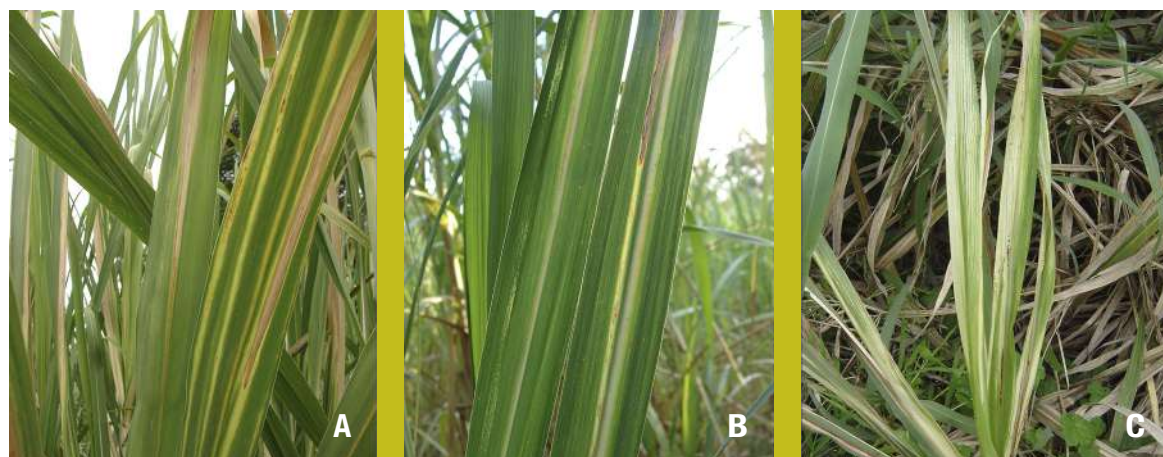


Figura 2. Síntomas de la escaldadura de la hoja. A) y B) estrías en hojas; C) síntomas en brote.

La estría roja bajo estudio: ¿enfermedad sistémica?

La estría roja, causada por la bacteria *Acidovorax avenae* subsp. *avenae*, está presente en diversas zonas cañeras del mundo, incluida Argentina.

Aunque su mecanismo de transmisión aún se encuentra bajo estudio, se considera una enfermedad no sistémica. Sin embargo, debido al incremento significativo de su incidencia en los cañaverales de Tucumán y a su posible asociación con el material de plantación, su diagnóstico se incorporó al esquema fitosanitario de enfermedades sistémicas del Proyecto Vitroplantas.

En este contexto, pasó de considerarse una enfermedad secundaria a adquirir relevancia en los últimos años, asociada a cambios en las prácticas de manejo del cultivo y a las condiciones climáticas.

¿Cómo reconocemos sus síntomas en campo?

La enfermedad se presenta de dos formas características (Figura 3):

Estrías rojas en la lámina foliar: líneas rojas, uniformes y paralelas a la nervadura central. En lesiones nuevas, es común observar escamas blanquecinas en la cara abaxial, que corresponden a exudados bacterianos.

Podredumbre del brote apical (polvillo): el patógeno afecta las hojas jóvenes, aún no desarrolladas, y provoca la pudrición del brote guía. Cuando la enfermedad avanza, el brote puede desprenderse fácilmente y emana un olor desagradable característico, debido a la pudrición de los tejidos.

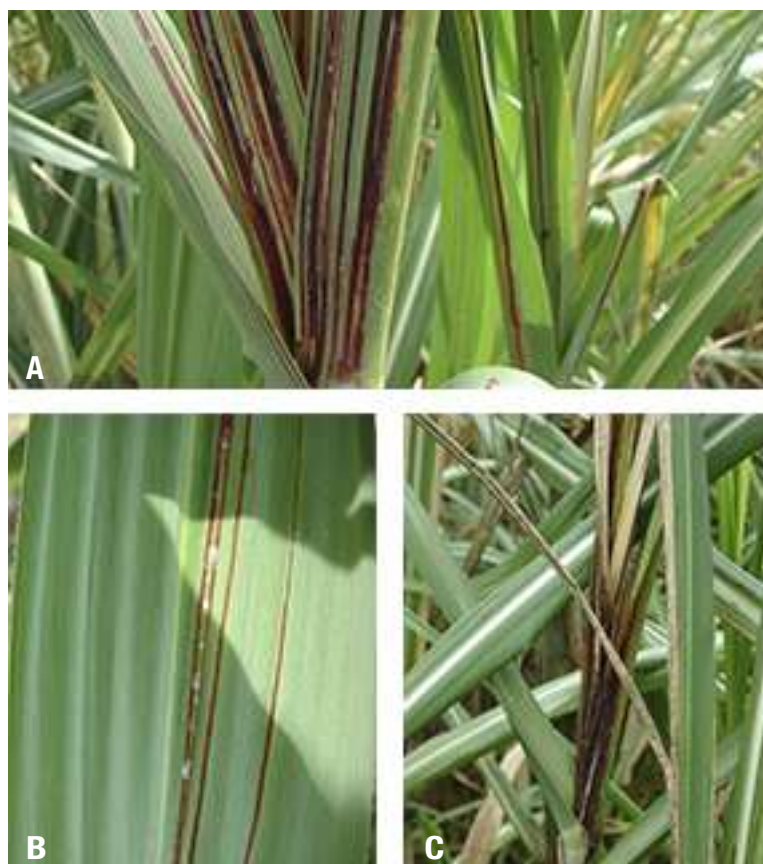


Figura 3. Síntomas de estría roja. A y B) síntoma típico en hojas, presencia de escamas blanquecinas; C) síntoma de polvillo.

Carbón

El carbón de la caña de azúcar es una enfermedad fúngica causada por *Sporisorium scitamineum*, con amplia distribución a nivel mundial. En nuestro país, está presente en las áreas cultivadas con variedades susceptibles. Los síntomas suelen manifestarse en condiciones de clima cálido y seco, especialmente durante la primavera, coincidiendo con la etapa de brotación de la caña.

¿Cómo reconocemos sus síntomas en campo?

El patógeno altera el metabolismo de la caña de azúcar, modificando su arquitectura y formando una estructura característica en forma de látigo en el ápice del tallo (Figura 4). Esta estructura contiene una gran cantidad de esporas de color marrón oscuro a negro, responsables de la diseminación de la enfermedad. En plantas maduras, la infección puede manifestarse con síntomas visibles, como el látigo terminal, en los brotes o permanecer latente en las yemas, manifestándose recién en la siguiente campaña. El patógeno también reduce el diámetro y la longitud de los entrenudos basales y disminuye el número de macollos, lo que se traduce en una menor productividad. Las plantas afectadas pueden mostrar brotes más erectos, con hojas pequeñas y estrechas, lo que les confiere una apariencia herbácea.



Figura 4. A), B) y C) Látigos de carbón, síntoma típico de la enfermedad; D) Detalle de la masa pulverulenta de esporas.

Si bien las condiciones óptimas para la germinación de las esporas del carbón son temperaturas cercanas a los 31°C y una humedad relativa superior al 80%, el desarrollo posterior del látigo se ve favorecido por ambientes cálidos, con temperaturas entre 25°C y 30°C, y una humedad relativa moderada, entre el 50% y el 60%.

Mosaico

El mosaico es una enfermedad causada por el virus del mosaico de la caña de azúcar (*Sugarcane mosaic virus*, SCMV) y el virus del mosaico del sorgo (*Sorghum mosaic virus*, SrMV).

¿Cómo reconocemos sus síntomas en campo?

Es una enfermedad sistémica que se caracteriza por causar decoloraciones en las hojas, donde se alternan zonas de color verde normal con áreas verde amarillentas a blancuzcas (patrón típico en “mosaico”), más evidentes en las hojas jóvenes (Figura 5). Las plantas afectadas presentan un retraso en el crecimiento, pudiendo disminuir su altura. En casos severos, puede observarse acortamiento de los entrenudos, reducción del desarrollo vegetativo y menor macollaje.



Figura 5. A), B) y C) Síntomas del mosaico de la caña de azúcar en hojas.

Amarillamiento de la hoja

El amarillamiento de la hoja es una enfermedad viral ampliamente distribuida a nivel mundial. Su agente causal es el *Sugarcane yellow leaf virus* (SCYLV), el cual se encuentra presente en los cañaverales de la provincia de Tucumán, donde afecta a las variedades comerciales cultivadas.

¿Cómo reconocemos sus síntomas en campo?

El síntoma típico de la enfermedad es el amarillamiento intenso de la nervadura central en el envés de hojas maduras que aún se encuentran verdes. Este amarillamiento se extiende progresivamente a lo largo de la lámina foliar (Figura 6). En estados avanzados, puede observarse un necrosamiento de la hoja que comienza en el ápice y se extiende hacia la base. Eventualmente, las hojas pueden presentar una coloración rojiza en la nervadura.

Los síntomas también pueden estar asociados a otros factores, tanto bióticos como abióticos, tales como daños causados por insectos, déficit hídrico o inviernos fríos. Además, el virus puede estar presente en plantas asintomáticas, lo que dificulta un diagnóstico visual preciso de la enfermedad y resalta la importancia de emplear técnicas de detección en laboratorio para su correcta identificación.



Figura 6. A), B) y C) Síntomas de amarillamiento de la hoja de la caña de azúcar en la nervadura central y en la lámina foliar.

Los principales síntomas, mecanismos de transmisión y medidas de control de las enfermedades mencionadas anteriormente se resumen en la Tabla 1.

Tabla 1. Enfermedades de importancia regional para el Proyecto Vitroplantas.

Enfermedad	Principales síntomas	Transmisión	Control
Raquitismo de la caña soca (RSD)	Plantas raquíticas, tallos delgados y entrenudos cortos	Caña semilla infectada	Caña semilla sana Desinfección de implementos con hipoclorito de sodio o amonio cuaternario
Escaldadura de la hoja	Rayas blancas y definidas (<i>pencil line</i>) Marchitamiento súbito	Herramientas de corte y maquinarias sin desinfectar	Variedades resistentes (escaldadura) Diagnóstico en laboratorio
Estría roja	Estrías rojas paralelas a la nervadura central Pudrición del brote apical	Exudados bacterianos transportados por la lluvia y el viento	Variedades resistentes
Carbón	Látigo negro en el ápice del tallo Reducción de macollaje, entrenudos cortos y hojas estrechas	Caña semilla infectada Esporas dispersadas por el viento	Caña semilla sana Eliminación de plantas enfermas (semilleros) Variedades resistentes Aplicación de fungicidas
Mosaico	Patrón tipo mosaico Plantas más bajas y menor desarrollo vegetativo Acortamiento de entrenudos y menor macollaje	Caña semilla infectada Herramientas de corte y maquinarias sin desinfectar Áfido vector <i>Rhopalosiphum maidis</i>	Caña semilla sana Variedades resistentes
Amarillamiento de la hoja	Amarillamiento de la nervadura central en el envés de hojas maduras Necrosis que avanza desde el ápice hacia la base	Caña semilla infectada Áfido vector <i>Melanaphis sacchari</i>	

En este contexto, resulta fundamental considerar el comportamiento fitosanitario de las variedades liberadas por el Subprograma de Mejoramiento Genético de Caña de Azúcar (SMGCA-EEAOC) frente a las enfermedades sistémicas más relevantes (Tabla 2). Esta información es clave al momento de liberar una nueva variedad para su cultivo comercial, así como para mantener una referencia actualizada, dado que los niveles de resistencia o susceptibilidad pueden modificarse con el tiempo en función de factores ambientales, prácticas de manejo, presión de inóculo o cambios en la virulencia del patógeno.

Tabla 2. Comportamiento de las últimas variedades liberadas por el SPMGCA-EEAOC frente a las principales enfermedades sistémicas en Tucumán.

Enfermedades	TUC 00-19	TUC 03-12	TUC 06-7	TUC 00-65	TUC 02-22	TUC 08-10
Raquitismo	S	S	S	S	S	S
Escaldadura	R	R	R	MR	R	R
Estria roja	MS	MR	MS	MR	MR	R
Carbón	R	R	MR	MR	MR	MR
Mosaico	R	R	R	R	R	R

S: susceptible; MS: Moderadamente susceptible; MR: moderadamente resistente; R: resistente.

Consideraciones finales

El manejo de las enfermedades sistémicas de la caña de azúcar requiere una estrategia integral que combine la utilización de material de plantación sano, el diagnóstico oportuno en laboratorio y la aplicación de medidas preventivas adecuadas.

El trabajo conjunto entre la Sección Fitopatología, el Proyecto Vitroplantas y el Subprograma de Mejoramiento Genético de Caña de Azúcar (EEAOC) ha permitido desarrollar un sistema de producción más seguro y eficiente, sustentado en la detección temprana y en la selección de variedades resistentes.

La información aquí presentada es una herramienta para facilitar el monitoreo y el diagnóstico precoz, ambas acciones esenciales para que los cañaverales expresen su productividad.

Sanidad de la Caña Semilla - Diagnóstico y monitoreo. Estrategias de diagnóstico molecular y serológico para la trazabilidad fitosanitaria

- › Constanza María Joya*, María Angélica Monachesi*, Jessica Anahí Lobo*, Leny Gisela Huvierne* y Victoria González*

Introducción

En el cultivo de caña de azúcar, la sanidad de la caña semilla es fundamental para alcanzar buenos rendimientos y evitar la propagación de enfermedades. Por eso, contar con un diagnóstico temprano y preciso de los patógenos, junto con un monitoreo constante de los cañaverales, resulta esencial para los productores. Estas acciones permiten implementar estrategias de control eficaces, reducir pérdidas y optimizar recursos disponibles.

La inversión en servicios de diagnóstico especializados garantiza un control de calidad permanente y asegura la trazabilidad y la sanidad del material de siembra, protegiendo así la inversión y la sostenibilidad del cultivo.

Diagnóstico de enfermedades en caña de azúcar

El diagnóstico es el proceso mediante el cual se identifica el agente causal de una enfermedad. A través de una serie de pasos, se confirma o descarta su presencia en una muestra determinada.

Existen varios métodos que se pueden emplear para la detección de fitopatógenos de caña de azúcar:

- Observación directa de signos del microorganismo en microscopio óptico.
- Identificación por aislamiento en medios selectivos o semi-selectivos.
- Técnicas inmunológicas/serológicas.
- Técnicas moleculares: PCR especie-específica, PCR en tiempo real, secuenciación del genoma.

*Sección Fitopatología, EEAOC.

cmjoya@eeaoc.org.ar

➤ Agradecemos a las siguientes empresas por su apoyo constante



¿Cómo aplicamos el diagnóstico en el Proyecto Vitroplantas?

Sanidad de precisión

Actualmente, tanto las plantas madre como las líneas *in vitro* que se producen en el laboratorio de Biotecnología son evaluadas mediante **técnicas moleculares**, que ofrecen una mayor sensibilidad y precisión. Estos métodos permiten detectar incluso cantidades mínimas del patógeno, lo cual es clave para garantizar la sanidad absoluta del material vegetal, un aspecto fundamental para el éxito del Proyecto.

Por otro lado, los materiales provenientes del semillero Básico y de la Red de semilleros Registrados se analizan con **técnicas serológicas**, por su eficiencia para el procesamiento de un gran número de muestras simultáneamente.

Diagnóstico molecular

Mediante el diagnóstico molecular es posible detectar agentes causales de enfermedades en las plantas a partir de su información genética (ADN o ARN), identificando la presencia de virus, bacterias u hongos incluso antes de que aparezcan los primeros síntomas.

Una de las técnicas más conocidas es la **PCR** (por sus siglas en inglés: *Polymerase Chain Reaction* o Reacción en Cadena de la Polimerasa).

¿Qué es una PCR?

Es una técnica de laboratorio que amplifica; es decir, genera una gran cantidad de copias de una región específica de ADN. En términos simples, es como una "fotocopiadora" de ADN, que multiplica un fragmento a partir de una muestra original.

Se han optimizado y estandarizado técnicas moleculares (Figura 1), que se aplican de forma rutinaria, para el diagnóstico de las principales enfermedades sistémicas que afectan el cultivo de caña de azúcar.

Para identificar las bacterias causales del raquitismo de la caña soca (RSD, del inglés *Ratoon Stunting Disease*, *Leifsonia xyli subsp. xyli*) y de la escaldadura de la hoja (*Xanthomonas albilineans*), se aplican protocolos basados en PCR. Desde 2016, se incorporó el diagnóstico de estría roja (*Acidovorax avenae subsp. avenae*), debido a un aumento significativo en la aparición de la enfermedad en Tucumán, a pesar de que aún se desconoce si se trata de una enfermedad sistémica.

Asimismo, se emplea RT-PCR (del inglés *Reverse Transcription - Polymerase Chain Reaction*): a partir del ARN empleado como molde se obtiene un ADN copia, que luego se amplifica mediante PCR) para la detección del *Sugarcane mosaic virus* (SCMV) y el *Sorghum mosaic virus* (SrMV), responsables de ocasionar el virus del mosaico; y el *Sugarcane yellow leaf virus* (SCYLV), causante del virus del amarillamiento de la hoja.

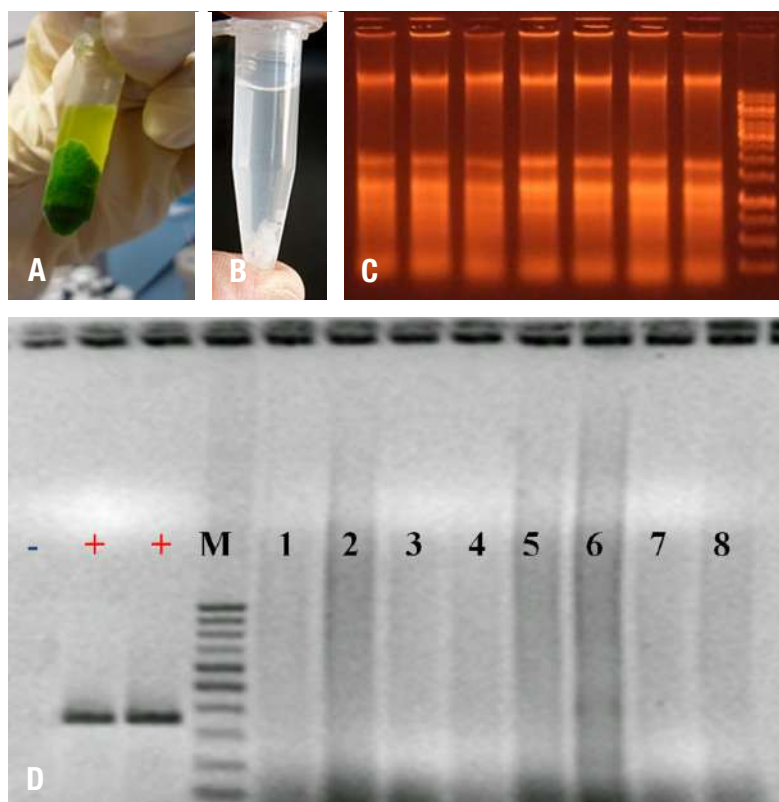


Figura 1. Etapas del diagnóstico molecular. A) y B) Etapas en la extracción de ácidos nucleicos totales; C) Evaluación de la calidad de los ácidos nucleicos mediante electroforesis en gel de agarosa; D) Visualización en gel de agarosa de los productos de PCR. -: control negativo; +: control positivo, 1 a 8 muestras negativas, M: marcador de peso molecular.

Diagnóstico serológico

El diagnóstico serológico es una metodología que se basa en la interacción entre antígenos y anticuerpos. Cuando los antígenos (proteínas de virus, bacterias u otros microorganismos) son inyectados en mamíferos, originan una respuesta inmune que desencadena la producción de nuevas proteínas llamadas anticuerpos. Estos anticuerpos específicos se emplean en el laboratorio para detectar si una planta está infectada.

Una de las técnicas más utilizadas se denomina **TBIA** (por sus siglas en inglés: *Tissue Blot Immunoassay*), que significa ensayo inmunoenzimático de impresión de tejidos. Esta metodología consiste en:

1. Cortar una parte del tejido de la planta (por ejemplo, el tallo).
2. Presionar la muestra sobre un papel especial (membrana de nitrocelulosa) para dejarla “impresa”.
3. Aplicar un anticuerpo específico.
4. Si se produce una reacción (visualización de un cambio de color), esto indica la presencia del patógeno.

Servicio de Diagnóstico de RSD

Se ofrece un servicio especializado para la detección del **RSD**, dirigido a ingenios y productores cañeros de la región, en muestras provenientes de lotes semilleros, contribuyendo al control sanitario del cultivo y a la producción de caña sana y de calidad.

El TBIA se utiliza para el diagnóstico del semillero Básico y de la Red de semilleros Registrados para determinar la incidencia de RSD y de escaldadura de la hoja.

Paso a paso para una correcta toma de muestra

1. Planificación del muestreo

Las muestras se recolectan cuando las plantas tienen entre siete y nueve meses de edad, lo que asegura una concentración patogénica suficiente en los tejidos vegetales para obtener un resultado preciso. En Tucumán, este período comienza a partir de abril.

2. Toma de muestras en el campo

Se seleccionan 20 tallos al azar y de diferentes cepas, cada cinco hectáreas (Figura 2). De cada tallo se toma la porción basal (tres o cuatro entrenudos) y se agrupan con su correspondiente etiqueta, para garantizar trazabilidad.

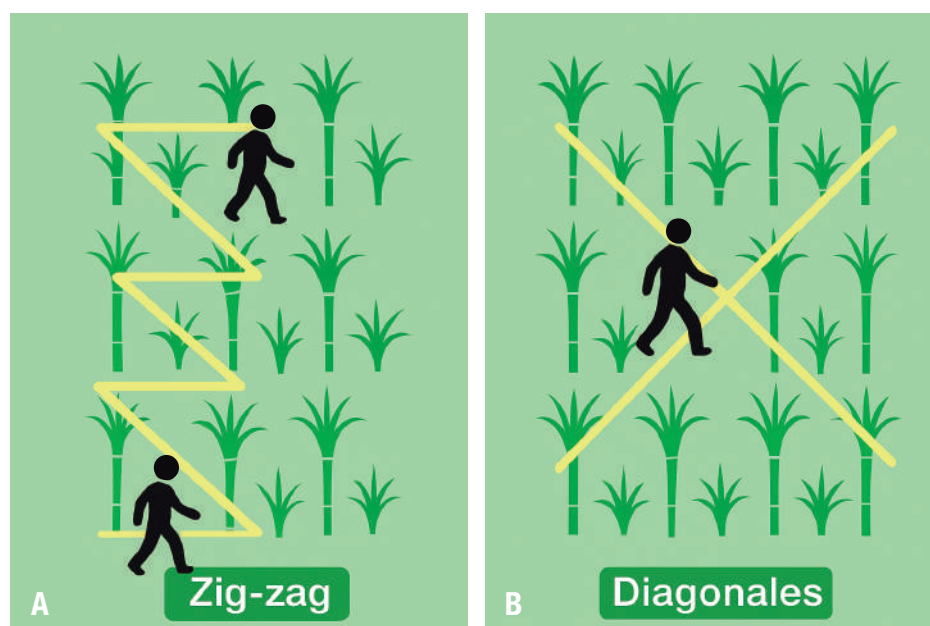


Figura 2. Modalidades de muestreo a campo: (A) En zig-zag; (B) Con trazado de diagonales.

En cada corte se deben desinfectar las herramientas o machetes con hipoclorito de sodio (lavandina) al 10% o amonio cuaternario al 3%. Los desinfectantes deben permanecer en contacto con las herramientas o cuchillas por lo menos cinco minutos. No se deben emplear tallos con perforaciones causadas por el “gusano perforador” (*Diatraea saccharalis*).

3. Recepción y preparación en el laboratorio

La muestra debe llevarse al laboratorio lo antes posible para evitar su deshidratación, ya que su calidad es fundamental para obtener resultados confiables. De cada tallo se extrae el cilindro central (Figura 3), asegurando la desinfección de las herramientas de corte.

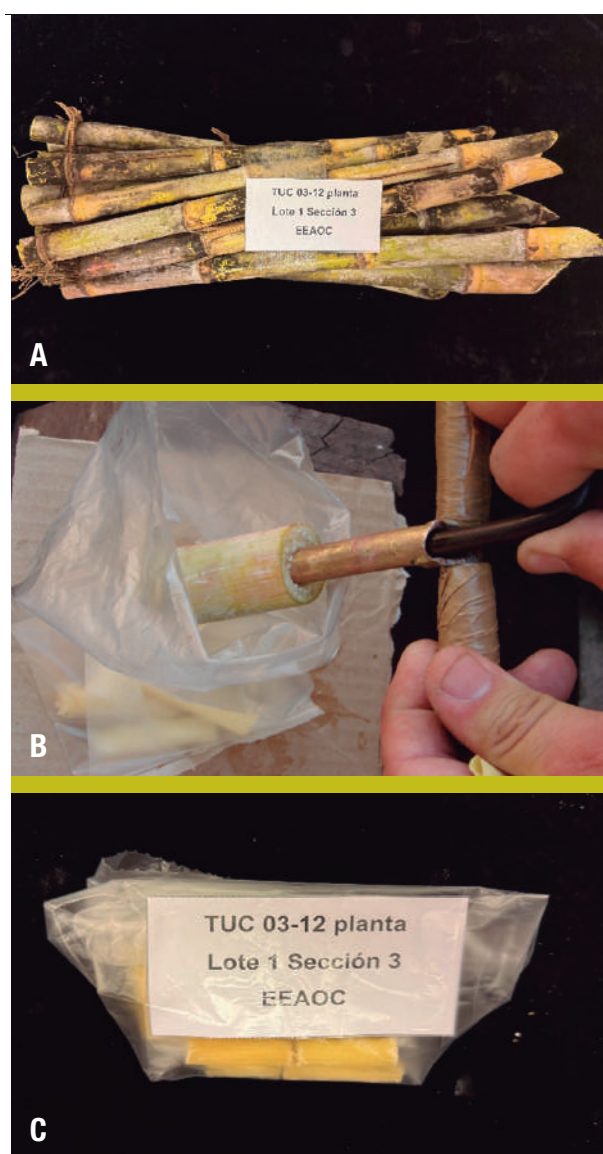


Figura 3. Procesamiento de muestras. A) Recepción en depósito (área sucia); B) Extracción del cilindro central del tallo con sacabocado y C) Acondicionamiento de muestras para su procesamiento en el laboratorio.

4. Procesamiento mediante TBIA

Las muestras se imprimen sobre membranas especiales (Figura 4), donde el patógeno, si está presente, queda fijado. A continuación, se aplican anticuerpos específicos que reaccionan con el patógeno, generando una reacción visible por cambio de color.



Figura 4. Impresión del cilindro central del tallo sobre la membrana de nitrocelulosa.

5. Evaluación de resultados y elaboración del informe

Las membranas se observan con lupa binocular. Si los haces vasculares presentan coloración, la muestra se considera positiva (Figura 5). Los resultados se registran y se comunican al productor de manera confidencial, garantizando la trazabilidad del diagnóstico.

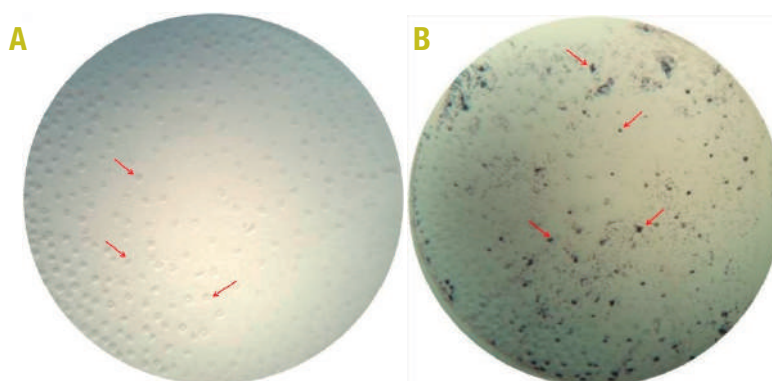


Figura 5. Visualización de la reacción antígeno-anticuerpo. A) Resultado negativo: haces vasculares sin coloración (indicados con flechas rojas); B) Resultado positivo: coloración en los haces vasculares colonizados (indicados con flechas rojas).

Consideraciones finales

El diagnóstico molecular permite garantizar el estado sanitario del material de partida mediante técnicas de alta especificidad y sensibilidad. La EEAOC pone a disposición del sector cañero esta herramienta que aporta resultados confiables en etapas tempranas o asintomáticas del cultivo.

Dado que no existe inmunidad o resistencia total al RSD, la principal estrategia de control es la utilización de caña semilla sana. Por ello, resulta imprescindible realizar cada año, antes de la plantación, un chequeo sanitario de los lotes destinados a semilleros. Además, la desinfección rigurosa de los implementos de corte debe formar parte de las prácticas rutinarias en los esquemas de manejo en cada lote cañero.

El diagnóstico fitopatológico que brinda la EEAOC constituye una herramienta estratégica para el productor que busca mejorar su rendimiento y proteger su inversión. La combinación de un diagnóstico oportuno, una planificación adecuada y medidas preventivas eficaces permite reducir la incidencia de enfermedades sistémicas y asegurar la sostenibilidad del cultivo, contribuyendo a un sistema de producción más seguro, eficiente y alineado con las demandas del sector agroindustrial.

Caña semilla de alta calidad en Tucumán: evolución fitosanitaria y dinámica de multiplicación en los semilleros Básicos y Registrados durante 2020-2024

› Sofía Fajre*, María Mercedes Medina*, Francisco Pérez Alabarce*, Constanza María Joya** y Juan A. Giardina*.

Introducción

La calidad sanitaria constituye un factor determinante en la productividad del cultivo de caña de azúcar, ya que enfermedades sistémicas como el mosaico, la escaladura de la hoja (LS), el carbón y el raquitismo de la caña soca (RSD) se transmiten fácilmente a través de la caña semilla y afectan la productividad, siendo el RSD especialmente relevante en Tucumán. Por ello, el monitoreo sanitario y el muestreo periódico, junto con la desinfección rigurosa de las herramientas empleadas en las labores de campo, son prácticas esenciales para asegurar la provisión de caña semilla sana.

Para garantizar la sanidad en todas las etapas del cultivo, resulta fundamental que las labores de plantación y cosecha, así como las de carga y transporte, se realicen utilizando herramientas y equipos previamente desinfectados. Se recomienda el empleo de soluciones de amonio cuaternario al 3% o de hipoclorito de sodio (lavandina) al 10%, con un tiempo mínimo de contacto de 15 minutos en la primera desinfección. Esta práctica es esencial para prevenir la reinfección de la caña semilla con la bacteria causante del RSD ya que puede sobrevivir hasta 18 días en las herramientas de corte, manteniendo su capacidad infectiva.

Frente a este desafío, el Proyecto Vitroplantas de la EEAOC ha desarrollado un esquema de producción de caña semilla de alta calidad, que integra el uso de vitroplantas libres de patógenos con un sistema escalonado de multiplicación que abarca semilleros Básicos, Registrados y Certificados y un estricto control sanitario en cada etapa del proceso.

Durante los últimos años, la implementación sostenida de protocolos de muestreo, diagnóstico y desinfección ha permitido consolidar un sistema de provisión de material vegetal sano, trazable y productivo, en línea con los estándares internacionales de certificación. Este trabajo presenta los resultados obtenidos entre 2020 y 2024, período en el cual se evaluó la evolución fitosanitaria y el rendimiento de los semilleros Básicos y Registrados de caña semilla en Tucumán, analizando la incidencia de las principales enfermedades sistémicas y el comportamiento productivo de las variedades más difundidas en la región.

* Sección Caña de Azúcar, **Sección Fitopatología, EEAOC.

sfajre@eeaoc.org.ar

➤ Agradecemos a las siguientes empresas por su apoyo constante



Metodología de muestreo en semilleros

Cada año, los semilleros Básicos y Registrados son muestreados antes de ser utilizados para la multiplicación, con el objetivo de determinar la incidencia de RSD y de escaldadura de la hoja. El muestreo se realiza de manera rigurosa y bajo estrictas medidas de control, a fin de obtener resultados confiables. La edad óptima del cultivo para detectar la presencia de los patógenos causales de estas enfermedades es a partir de los siete meses de crecimiento; en Tucumán, esto ocurre desde abril, por lo que la mayor parte de las muestras se toma entre abril y mayo de cada año.

En los semilleros Básicos, el muestreo consiste en tomar dos tallos al azar por surco o por línea, entendiéndose por línea al conjunto de plantines derivados de un mismo meristema apical de la planta donante. Si en un surco existen varias líneas, se toma una muestra de cada una de ellas. Cuando una línea se extiende por más de un surco, se toma una muestra por cada surco o fracción de surco.

En los semilleros Registrados, el procedimiento consiste en extraer 20 tallos al azar por hectárea, por variedad y por edad del cultivo, evitando tomar tallos de la misma cepa. Se recomienda recorrer el lote en forma diagonal o en zigzag, de manera que el muestreo sea representativo y abarque la mayor superficie posible.

Las muestras obtenidas son analizadas en el laboratorio de la Sección Fitopatología de la EEAOC, donde se emplea la técnica serológica de impresión de tejidos (TBIA, por sus siglas en inglés), que permite determinar el nivel de incidencia de RSD y escaldadura de la hoja. El material ingresa al laboratorio codificado como “muestras ciegas”, es decir, sin identificación visible de su origen. Una vez procesado, se realiza la decodificación correspondiente para calcular el porcentaje de incidencia de cada enfermedad, definido como la relación entre el número de tallos infectados y el número total de tallos analizados. Este cálculo se realiza individualmente para cada variedad y lote semillero y, en el caso de los semilleros Básicos, para cada surco o por línea.

El muestreo en ambas etapas del esquema de multiplicación, semilleros Básicos y Registrados es realizado por personal técnico de la EEAOC, lo que garantiza la trazabilidad y confiabilidad de todo el procedimiento.

Evolución fitosanitaria de los semilleros Básicos

Durante el período 2020-2024, se colectaron 1485 muestras para realizar el análisis fitosanitario.

Los resultados evidenciaron que los semilleros Básicos, a partir de los cuales se provee caña semilla a los semilleros Registrados, presentaron incidencias inferiores al 0,20% tanto de RSD como de escaldadura de la hoja (Tabla 1). Cabe destacar que, aun cuando los niveles detectados fueron muy bajos, los surcos que resultaron positivos a una o ambas enfermedades se excluyeron del proceso de provisión de caña semilla.

Tabla 1. Estado sanitario de los semilleros Básicos durante el período 2020 – 2024, Tucumán

Año	Incidencia (%) Básico 11-15		Incidencia (%) Básico EEAOC	
	RSD	LS	RSD	LS
2020	0,05	0,06	0,00	0,00
2021	0,00	0,00	0,00	0,00
2022	0,01	0,00	0,02	0,08
2023	0,01	0,01	0,04	0,19
2024	Cosechado 2023	Cosechado 2023	0,00	0,00

RSD: raquitismo de la caña soca; LS: escaldadura de la hoja.

En todas las situaciones analizadas, la incidencia se calculó de forma ponderada según el número de surcos, lo que permite expresar la dimensión real de las enfermedades presentes en los semilleros.

Evaluación de la incidencia de raquitismo de la caña soca y escaldadura de la hoja en los semilleros Registrados

Los datos obtenidos durante 2020-2024 reflejaron el excelente estado sanitario frente a RSD de los semilleros Registrados. Aunque las incidencias no superaron el 1%, se destaca que los valores correspondientes a los años 2023 y 2024 fueron los más bajos de toda la serie con niveles de incidencia de 0,27% y 0,16%, respectivamente (Figura 1). Este resultado representa un avance significativo dentro del esquema de multiplicación, y se espera que tenga un impacto positivo en la sanidad de los lotes comerciales, los cuales se establecen a partir de los semilleros Certificados implantados con caña semilla proveniente de lotes Registrados.

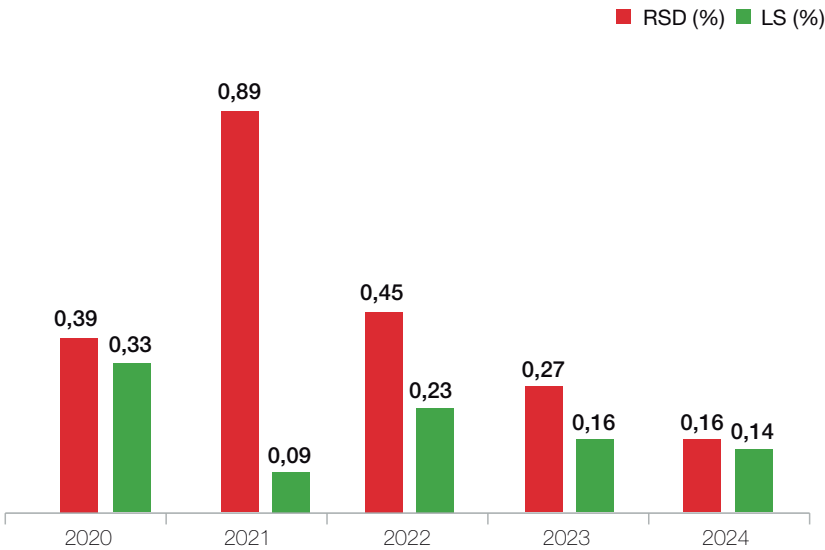


Figura 1. Porcentaje de incidencia de RSD y LS en los semilleros Registrados durante 2020-2024. Promedio general ponderado por número de surcos.

De manera similar a lo observado para RSD, los niveles de incidencia de escaldadura, correspondientes al período analizado se mantuvieron de manera constante por debajo del 1%, con una mejora notable en 2023 y 2024 que refleja una tendencia sanitaria positiva en esta etapa de producción de caña semilla.

Cabe destacar que, en todos los años evaluados, los niveles de incidencia de ambas enfermedades se mantuvieron por debajo de los umbrales de tolerancia aceptados internacionalmente para esta etapa del esquema de multiplicación en países cañeros.

Rendimiento cultural de los semilleros Registrados

Durante el período analizado se implantaron 343 semilleros Registrados, que abarcan una superficie de 1276,58 hectáreas distribuidas en toda la provincia (Tabla 2).

Tabla 2. Superficie expresada en hectáreas por variedad y año en los semilleros Registrados entre 2020 y 2024.

Variedad	2020	2021	2022	2023	2024	Total
LCP 85-384	48,20	54,90	60,41	22,95	15,73	202,22
TUCCP 77-42	0,60	0,80	0,76	0,00	0,00	2,07
TUC 97-8	27,90	22,00	7,41	3,89	2,54	63,72
TUC 95-37	2,40	0,00	0,00	0,00	0,00	2,40
TUC 95-10	61,80	79,30	46,32	14,40	16,08	217,90
TUC 00-19	17,90	224,30	2,15	1,28	0,00	245,57
TUC 03-12	19,00	39,70	49,02	41,29	71,32	220,38
TUC 00-65	0,00	0,00	0,00	29,98	52,75	82,73
TUC 06-7	0,00	0,00	0,00	44,82	76,14	120,96
TUC 02-22	0,00	0,00	0,00	41,24	77,39	118,63
Total ha	177,69	421,00	166,06	199,85	311,94	1.276,58

A lo largo del período analizado, los semilleros Registrados mostraron rendimientos superiores al promedio provincial, con diferencias que oscilan entre 11 y 31 t/ha, según el año (Figura 2). Esta brecha refleja la mejor condición fitosanitaria y el manejo diferenciado del material de plantación empleado.

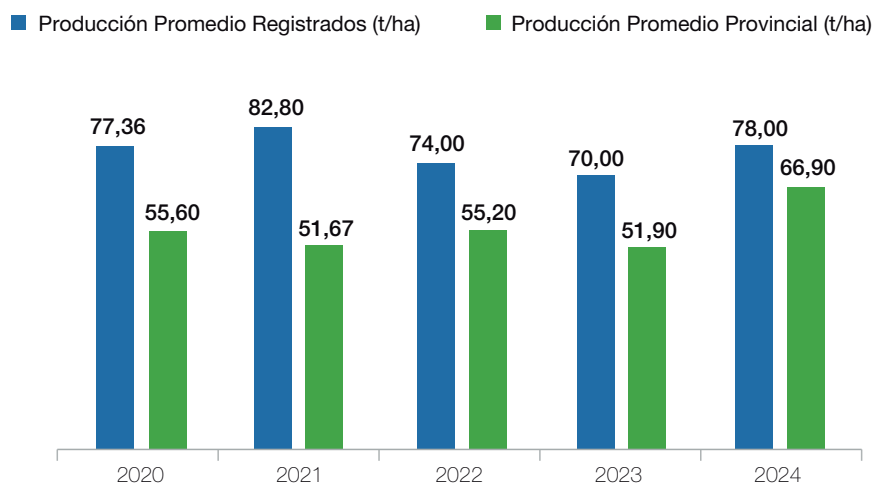


Figura 2. Producción promedio anual de semilleros Registrados y producción promedio anual en Tucumán, período 2020 - 2024.

Es importante destacar que, en la mayoría de los semilleros Registrados, no se realizan prácticas de riego y que los valores promedio considerados incluyen todas las condiciones de manejo y las distintas situaciones agroecológicas de la zona cañera de Tucumán (Figura 3).



Figura 3. Semillero Registrado. A) Caña planta y B) Plantación en la edad de soca 1. Departamento Simoca – Tucumán. 2023.

Consideraciones finales

Los resultados de incidencia de RSD y escaldadura de la hoja evidencian la eficiencia del esquema de producción y multiplicación de caña semilla implementado por el Proyecto Vitroplantas, consolidando la provisión de material vegetal con elevados estándares sanitarios. Los muestreos realizados en semilleros Certificados y lotes comerciales reflejan bajos niveles de incidencia de RSD, lo que indica la factibilidad de establecer cañaverales con adecuada sanidad, especialmente cuando esto se complementa con un manejo agronómico apropiado.

La desinfección de herramientas y maquinarias constituye una práctica esencial para limitar la transmisión de enfermedades sistémicas, cuya persistencia reduce la productividad de los cañaverales.

En relación con la productividad, los semilleros Registrados superaron de manera consistente el promedio provincial entre un 14% y un 38%, demostrando la eficacia del sistema y poniendo de manifiesto un potencial productivo aún no alcanzado en campos comerciales. La adopción de tecnologías como la selección varietal, el uso de semilla de alta calidad y la implementación de medidas de manejo oportuno resultan determinantes para reducir esta brecha.

En conjunto, el Proyecto Vitroplantas representa un cambio cultural en la producción de caña de azúcar, al promover la planificación anticipada de las plantaciones, optimizar el uso de caña semilla de alta calidad y reducir la densidad de implantación, con beneficios económicos y productivos significativos.

› ANEXO ENFERMEDADES

Principales enfermedades de la caña de azúcar en Tucumán

- › Constanza María Joya*, María Angélica Monachesi*, Jessica Anahí Lobo*, Leny Gisela Huvierne* y Victoria González*



Enfermedad

› **Escaldadura de la hoja**

Agente Causal

Xanthomonas albilineans



Enfermedad

› **Estría roja**

Agente Causal

Acidovorax avenae subsp. *avenae*



Enfermedad

› **Raquitismo de la caña soca**

Agente Causal

Leifsonia xyli subsp. *xyli*

* Sección Fitopatología, EEAOC

cmjoya@eeaoc.org.ar

➤ Agradecemos a las siguientes empresas por su apoyo constante





Enfermedad

Agente Causal

> **Carbón***Sporisorium scitamineum*

Enfermedad

Agente Causal

> **Mancha anillada***Leptosphaeria sacchari*

Enfermedad

Agente Causal

> **Mancha en ojo***Bipolaris sacchari*

Enfermedad

Agente Causal

> **Mancha parda***Cercospora longipes*



Enfermedad

> **Pokkah boeng**

Agente Causal

Complejo de *Fusarium fujikuroi*

Enfermedad

> **Pudrición roja**

Agente Causal

Colletotrichum falcatum

Enfermedad

> **Roya marrón**

Agente Causal

Puccinia melanocephala

Enfermedad

> **Amarillamiento de la hoja**

Agente Causal

Sugarcane yellow leaf virus (SCYLV)



Enfermedad	Agente Causal
> Mosaico	<i>Sugarcane mosaic virus (SCMV)</i> <i>Sorghum mosaic virus (SrMV)</i>

Semillero básico. Del laboratorio al cañaveral: cómo la EEAOC multiplica la caña semilla de calidad

Del cultivo *in vitro* a la multiplicación en campo

› Juan Antonio Giardina*, María Mercedes Medina *, Sofía Fajre*, y Francisco Pérez Alabarce*

Introducción

En el Proyecto Vitroplantas, la producción de caña semilla de alta calidad se realiza empleando las técnicas de cultivo de meristemas y micropropagación. Las vitroplantas obtenidas se rustican en invernáculos y luego se multiplican en el campo utilizando un esquema de semilleros: Básicos, Registrados y Certificados (Figura 1). Los semilleros son lotes en los que se multiplica la simiente de alta calidad, mediante un manejo y controles adecuados que aseguran los estándares de sanidad, identidad genética y vigor. Estas etapas de multiplicación en campo son necesarias para disponer de semilla suficiente para las plantaciones comerciales.

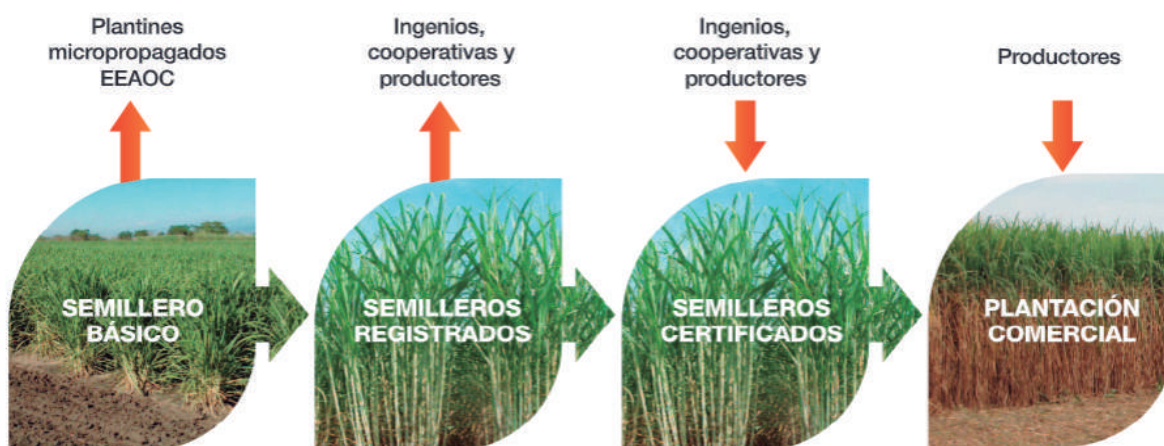


Figura 1. Esquema de semilleros del Proyecto Vitroplantas de la EEAOC.

* Sección Caña de Azúcar, EEAOC.

jgiardina@eeaoc.org.ar

➤ Agradecemos a las siguientes empresas por su apoyo constante



¿Qué permite la implantación de un semillero Básico?

El semillero Básico constituye la primera etapa de multiplicación en campo de los plantines micropropagados (vitroplantas) obtenidos en laboratorio mediante técnicas de cultivo de meristemas y micropropagación. Estas plantas, previamente aclimatadas en los invernáculos de la EEAOC, son establecidas en campo donde se realizan tareas fundamentales: preparación del terreno, trasplante, cuidados culturales, monitoreos fitosanitarios intensivos, control de identidad genética, “roguing” (erradicación de plantas o cepas) y cosecha, todo bajo estricto control técnico de la EEAOC.

Dentro del Proyecto para obtener caña semilla de alta calidad, el objetivo principal de esta etapa es conseguir la mayor cantidad posible de material de propagación (estacas) para el establecimiento de los semilleros registrados, garantizando tanto la pureza genética como la sanidad del material. Esto significa que las plantas están libres o presentan una incidencia mínima de enfermedades como el raquitismo de la caña soca o RSD (*Leifsonia xyli* subsp. *xyli*), la escaldadura de la hoja (*Xanthomonas albilineans*) y el mosaico de la caña de azúcar (SCMV).

Además, el Subprograma Agronomía de Caña de Azúcar ha incorporado la técnica de multiplicación a partir de yemas uninodales provenientes de materiales saneados de nuevas variedades. Esta metodología permite incrementar significativamente la disponibilidad de plantines, alcanzando tasas de multiplicación de hasta 1:60. Como resultado, se acelera la producción de caña semilla de alta calidad para nuevos cultivares recientemente liberados, favoreciendo su rápida difusión, sin comprometer su pureza genética ni el estado sanitario.

Condiciones de manejo agronómico para garantizar la sanidad y pureza varietal especializado del semillero Básico

El establecimiento del semillero Básico comienza con una preparación del lote cuidadosa y planificada. Es fundamental que el lote provenga de un barbecho de al menos seis meses, durante el cual deben eliminarse completamente las cepas remanentes de cultivos anteriores de caña de azúcar, así como las malezas presentes. Esto es clave para prevenir posibles fuentes de inóculo de enfermedades y plagas que puedan comprometer la sanidad del material vegetal. Durante este período, además, se recomienda la aplicación estratégica de herbicidas para el control de malezas perennes problemáticas, como pasto ruso (*Sorghum halepense*), grama bermuda (*Cynodon dactylon*), cebollín (*Cyperus rotundus*), pasto cubano y tupulo (*Sycius poliacanthus*).

Asimismo, la rotación con especies leguminosas como crotalaria, soja u otras, contribuye a mejorar las condiciones biológicas del suelo y a reducir la presión de plagas y enfermedades. El barbecho y la rotación son prácticas esenciales para garantizar tanto la sanidad como la pureza varietal del semillero.

A su vez, antes del trasplante, es recomendable realizar un análisis de suelo completo. Este diagnóstico permite identificar limitantes físicas y químicas y definir las enmiendas o fertilizaciones necesarias para favorecer un óptimo desarrollo del cultivo.

El trasplante de los plantines se lleva a cabo una vez finalizada la preparación del suelo, y puede realizarse de forma mecánica o manual, dependiendo del tamaño y desarrollo de los plantines. El marco de plantación utilizado es de 0,40 m entre plantas y 1,60 m entre surcos, lo que equivale a una densidad aproximada de 12.000 plantines por hectárea (Figura 2).



Figura 2. A) Plantación mecánica semillero Básico. B) Vista aérea del semillero Básico.

La caña semilla producida en el semillero Básico se aprovecha durante el ciclo de caña planta y en su primera soca, asegurando así material de propagación de alta calidad.

El manejo agronómico del semillero Básico es cuidadosamente controlado, realizándose tareas oportunas de control de malezas, picado de trocha, fertilización y cosecha con el propósito de maximizar la cantidad de caña semilla producida por unidad de superficie, manteniendo elevados los niveles óptimos de sanidad y pureza genética de los materiales multiplicados.

El control de malezas se realiza en forma manual, mecánica y química; esta última mediante la aplicación de herbicidas de bajo impacto ambiental. Es crucial que el semillero se mantenga libre de malezas para asegurar el rápido establecimiento y crecimiento vigoroso de las plantas.

Resultados 2020 – 2024: crecimiento sostenido y expansión de los semilleros Básicos

Entre los años 2020 y 2024 funcionaron simultáneamente dos semilleros Básicos (Lote 11-15 y Las Talitas) bajo la supervisión y manejo exclusivo del personal técnico de la EEAOC. Estos lotes se implantaron con plantines de caña saneados y micro-propagados, provenientes de los invernáculos de la EEAOC. La superficie destinada a semilleros Básicos varió en ese período entre 7 y 16,5 hectáreas, como se detalla en la Tabla 1.

Tabla 1. Superficie de semilleros Básicos, expresadas en hectáreas. Período 2020-2024.

Semilleros Básicos	2020	2021	2022	2023	2024
Lote 11-15	6,95	7	8,86	12,29	-
Lote Las Talitas	0,28	0,28	4,63	4,25	6,8
Total ha	7,23	7,28	13,49	16,54	6,8

En el período analizado se observa un crecimiento sostenido de la superficie de los semilleros Básicos, alcanzando 16,54 hectáreas en 2023. Esta expansión permitió incrementar la producción de caña semilla de alta calidad destinada al establecimiento de semilleros Registrados.

A partir de los semilleros Básicos, y utilizando caña en edad de planta y soca 1, se implantaron 343 semilleros Registrados, distribuidos estratégicamente en las diferentes zonas cañeras de Tucumán.

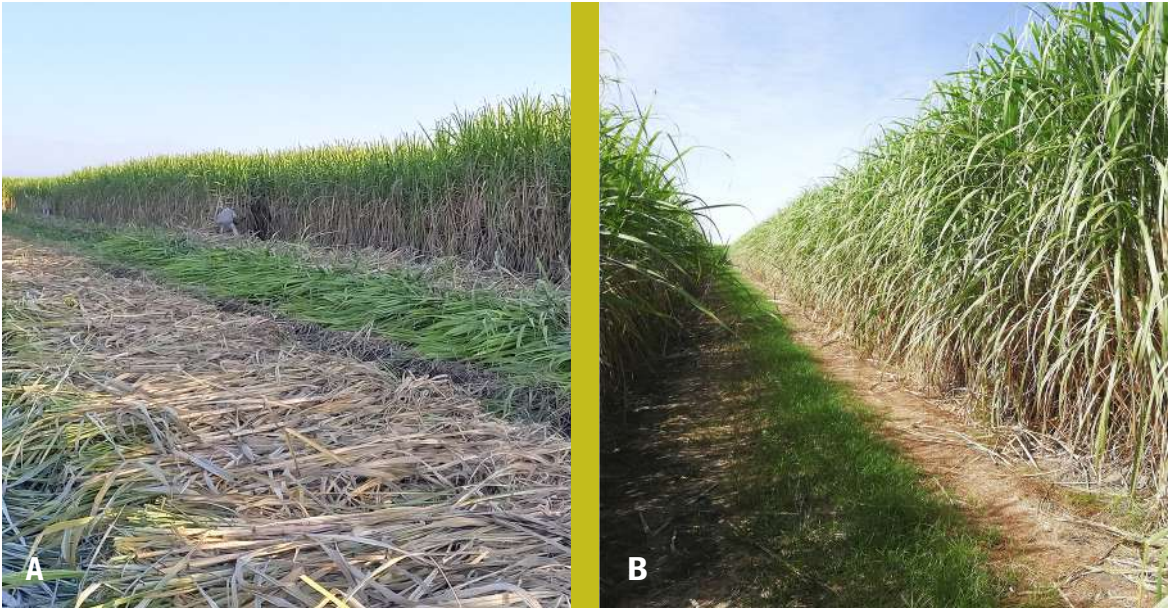


Figura 3. A) Cosecha semillero Básico. B) Semillero Registrado

Superficie de semilleros Registrados (2020-2024)

- En 2020 se contó con aproximadamente 110 hectáreas de lotes Registrados.
- El área se incrementó progresivamente, alcanzando su máximo en 2023 con 312 hectáreas disponibles.
- En el acumulado de los últimos cinco años, se dispuso de un total de 981,4 hectáreas de caña semilla de alta calidad para los productores.

Con el objetivo de fortalecer y garantizar la disponibilidad de caña semilla de alta calidad, recientemente se firmó un convenio de cooperación con la Compañía Azucarera Los Balcanes, que pone a disposición una superficie de 20 hectáreas destinada a la implantación de semilleros Básicos. Este nuevo espacio permitirá incrementar significativamente la producción de material de propagación, mejorando el abastecimiento y la eficiencia en la distribución de caña semilla en la región cañera.

Diversificación varietal del cañaveral: evolución en los semilleros Básicos

Uno de los objetivos centrales del Proyecto Vitroplantas es acelerar la adopción y difusión de nuevos cultivares generados por el Subprograma Mejoramiento Genético de la Caña de Azúcar de la EEAOC (SMGCA). Para lograr este propósito, tanto en los semilleros Básicos como en los Registrados, se prioriza la multiplicación de variedades recientemente liberadas, que ofrecen mejoras en sanidad, productividad y adaptabilidad.

La Tabla 2 muestra la evolución de la composición varietal en los semilleros Básicos durante el período 2020-2024.

Tabla 2. Distribución varietal en semilleros Básicos en el período 2020-2024.

	Distribución varietal (%)				
	2020	2021	2022	2023	2024
TUC 95-10	31	16	8	7	6
TUC 00-19		4			8
TUC 97-8	7	5	3	2	
TUC 03-12	33	35	15	18	16
LCP 85-384	29	12	7	7	
TUC 00-65		9	12	11	18
TUC 06-7		19	34	37	23
TUC 02-22			21	18	29

Durante el período 2020-2024, los nuevos cultivares representaron más del 70% de la superficie de los semilleros Básicos, lo que manifiesta un avance concreto hacia la diversificación varietal de los cañaverales tucumanos. Esta estrategia no solo aporta estabilidad y competitividad al sector, sino que también reduce los riesgos productivos al evitar la dependencia de pocas variedades, promoviendo sistemas cañeros más sustentables y resilientes. Este progreso se refuerza con el último censo (campaña 2023-2024), el cual determinó que más del 70% de la caña semilla utilizada por los cañeros provino de esquemas de semilleros basados en vitroplantas, garantizando así la calidad y sanidad del material de propagación.

Servicio de flete: una herramienta clave para la eficiencia en la implantación de semilleros Registrados

Desde 2018, la EEAOC brinda el servicio de flete de caña semilla desde los semilleros Básicos hacia las distintas zonas productivas del área cañera de Tucumán (Figura 4). Gracias a este servicio, se ha logrado cubrir de manera eficiente toda la región cañera de la provincia, garantizando la llegada oportuna de la caña semilla de alta calidad a los productores.



Figura 4. Carga y descarga de caña semilla de alta calidad mediante el servicio de flete.

Contar con este servicio especializado aporta múltiples ventajas

- **Optimización de los tiempos entre cosecha y plantación:** el traslado rápido y programado de la caña semilla desde los semilleros Básicos permite reducir significativamente el intervalo entre el corte, el transporte y la implantación del lote semillero. Esto es fundamental para mantener el vigor y la sanidad del material de propagación.
- **Eficiencia en la logística y distribución:** al centralizar el traslado de la caña semilla, se logra una mejor organización de las entregas, minimizando demoras, pérdidas de calidad o problemas asociados a un transporte inadecuado.
- **Cobertura integral del área cañera tucumana:** el servicio de flete permite llegar a las diferentes zonas de la provincia, sin importar la distancia del lugar de destino respecto a los semilleros Básicos, posibilitando de esta manera el acceso a este tipo de simiente.
- **Reducción de riesgos sanitarios:** al evitar que cada productor gestione su propio transporte, se minimizan los riesgos de contaminación cruzada o de introducción de material enfermo procedente de otras áreas, contribuyendo a la sanidad general de los lotes.

Para maximizar los beneficios de este sistema, es fundamental que los productores planifiquen con anticipación la implantación de sus semilleros Registrados.

Coordinar con tiempo la entrega de caña semilla y el servicio de flete permite garantizar la disponibilidad de material en el momento adecuado, evitar retrasos y aprovechar al máximo las ventajas de contar con caña semilla de alta calidad.

Consideraciones finales

A pesar de los desafíos productivos y climáticos, la EEAOC ha logrado sostener e incrementar la disponibilidad de caña semilla de alta calidad, cumpliendo un rol estratégico en el abastecimiento de material saneado y con identidad genética.

Durante el período 2020-2024, los semilleros Básicos multiplicaron preferentemente los nuevos cultivares liberados por el (SMGCA), siendo el nexo estratégico para lograr la diversificación varietal de los cañaverales tucumanos.

El servicio de flete resultó estratégico en el programa de provisión de caña semilla de alta calidad, contribuyendo a una cadena de producción más eficiente, rentable y sustentable. El potencial de su impacto requiere que los productores cañeros planifiquen con anticipación la implantación de sus semilleros Registrados.

La articulación entre los semilleros Básicos, Registrados y las nuevas alianzas institucionales son fundamentales para garantizar la sanidad, la productividad y la competitividad del sector cañero provincial.

Protocolo para el establecimiento de un lote semillero

› María M. Medina*, Sofía Fajre*, Jesús F. Pérez Alabarce* y Juan A. Giardina*

Introducción

Un aspecto clave a tener en cuenta al momento de realizar la plantación del cañaveral es el empleo de caña semilla de alta calidad. La EEAOC recomienda a los productores cañeros que implanten lotes semilleros para disponer todos los años de este tipo de semilla de calidad para las plantaciones comerciales. A su vez, se ofrecen acompañamiento y asesoramiento técnico para que puedan establecer sus lotes semilleros y multiplicar la caña semilla manteniendo los estándares de calidad.

Actualmente, en Tucumán existe una red de 88 semilleros Registrados en toda el área cañera, originados a partir del Proyecto Vitroplantas, que proveen caña semilla para la plantación de semilleros Certificados y su posterior uso en lotes comerciales.

Formar parte de la Red de semilleros implica una serie de pasos

3 | 2

› 1. SELECCIÓN DEL LOTE

El lote que se destinará al establecimiento del semillero Registrado debe estar en barbecho o en rotación con otro cultivo, de manera de garantizar un período mínimo de seis meses sin caña.

› 2. DETERMINACIÓN DE LA SUPERFICIE A PLANTAR Y ELECCIÓN DE LAS VARIEDADES

En función de la superficie de caña que el productor renueva anualmente (generalmente el 20% del total del cañaveral), se establecerá la superficie del lote semillero. De acuerdo a la disponibilidad del material, se determinarán las variedades recomendadas y la cantidad de las mismas para cada productor.

› 3. FIRMA DE CONVENIOS

Con los datos personales del productor/empresa, el nombre, la superficie y la ubicación del lote semillero, se procederá a la firma del Convenio para el establecimiento del semillero Registrado, en el cual se establecen las obligaciones de ambas partes.

› 4. COORDINACIÓN DE LA ENTREGA

Una vez establecida la fecha de entrega de la caña semilla, esta podrá ser trasladada en las unidades de transporte puestas por los semilleristas con las medidas de desinfección necesarias, o también se podrá optar por el servicio de flete provisto por la institución.

*Subprograma Agronomía de la Caña de Azúcar, EEAOC.

jgiardina@eeaoc.org.ar

➤ Agradecemos a las siguientes empresas por su apoyo constante



› 5. PLANTACIÓN

Al momento de llevarse a cabo la plantación de la caña semilla, se contará con la supervisión del profesional técnico designado de acuerdo a la zona donde se establezca el semillero Registrado (Figura 1).



Figura 1. Plantación de semillero Registrado.

› 6. MONITOREO FITOSANITARIO

Entre los meses de octubre y marzo se realizará el monitoreo de cada lote, en conjunto con los especialistas de la Sección Fitopatología, para detectar síntomas de enfermedades (Figura 2).



Figura 2. Monitoreo fitosanitario con especialistas de la Sección Fitopatología de la EEAOC.

› 7. VISITAS TÉCNICAS PERIÓDICAS A LOS LOTES SEMILLEROS

Los profesionales técnicos realizarán visitas periódicas para el seguimiento del estado general del lote, su desarrollo y la prescripción de las labores de cultivo (Figura 3).



Figura 3. Visita técnica al lote semillero.

› 8. MUESTREO FITOSANITARIO Y ESTIMACIÓN DE PRODUCCIÓN

Entre los meses de abril y mayo se realizará el muestreo y posterior análisis de laboratorio para confirmar el estado sanitario de la caña semilla. A su vez, también se realizarán las estimaciones de producción cultural.

› 9. ENTREGA DE RESULTADOS FITOSANITARIOS

Una vez obtenidos los resultados sanitarios, los mismos se informarán a los semilleristas para el posterior uso de la caña semilla.

› 10. GESTIÓN DE PAGOS

Con los datos obtenidos en la estimación de producción y habiendo acordado previamente con los semilleristas el valor final de la misma, se procederá a la facturación del 30% de lo producido en las edades de caña planta y soca 1.

› TESTIMONIOS

Caña semilla saneada: la herramienta que acompaña al productor cañero

- › Testimonio del Sr. Rolando Campos, productor de caña de azúcar. Amberes, Monteros (Tucumán).



› Sr. Rolando Campos

La evolución de un esfuerzo

La primera vez que trabajamos con este tipo de semilla fue en 2002. Hicimos un semillero con la variedad LCP 85-384 en La Mesada - Santa Lucía, con caña semilla proveniente de Cerco Represa, cerca del ingenio Concepción. A partir de ahí empezamos a trabajar con este material.

Luego de unos años dejamos de usar semilla saneada por cuestiones de manejo, de traslado y, básicamente, de costos. En el 2013 retomamos el trabajo con lotes semilleros por medio del programa PROICSA y, en la actualidad, continuamos con el Proyecto Vitroplantas. Aquel primer semillero que establecimos mediante el PROICSA nos permitió contar con una amplia gama de variedades nuevas y saneadas hasta el día de hoy.

Ventajas competitivas de los nuevos materiales saneados

Una de las grandes diferencias que notamos en el uso de caña semilla saneada son los rendimientos, sin dudarlo, tanto culturales como fabriles. Por otra parte, antes usábamos en surcos tradicionales tres cañas amontonadas; ahora la LCP 85-384 la plantamos con una sola caña en los lotes Registrados, lo que nos permite obtener 1833 kilos/surco en caña planta. Hoy en plantaciones comerciales estamos usando dos cañas, una en cada costilla, y como resultado tenemos un excelente cañaveral. Todo eso lo incorporamos a partir del Proyecto Vitroplantas.

➤ Agradecemos a las siguientes empresas por su apoyo constante



Caña semilla saneada: la herramienta que acompaña al productor cañero

Personalmente, creo que, cuando uno dispone de una amplia gama de variedades para elegir, comienza a muestrearlas desde marzo, a medida que alcanzan su maduración. Hoy, un punto del rendimiento equivale a entre 5 o 6 kilos de azúcar. Además, cuando viene algún año con heladas, contar con una gama de variedades más amplia –y con un distinto comportamiento post-heladas– permite enfrentar las situaciones desfavorables de otra manera.

Por otra parte, los nuevos materiales, al ser en su mayoría de maduración temprana, ya tienen concentrado su azúcar en mayo y sus contenidos sacarinos se deterioran muy poco. Esas cosas son las que el cañero tiene en cuenta al momento de tomar decisiones.

La innovación como pilar fundamental del pequeño y mediano productor

Muchas veces el esfuerzo del productor no se ve reflejado en el rendimiento fabril que entrega al ingenio; pero esto se compensa algunas veces con el rendimiento cultural obtenido gracias a la semilla y a un manejo adecuado.

Hay variedades realmente espectaculares. En Amberes andan muy bien la TUC 06-7 y la TUC 03-12. En esa zona, en algunos lotes arenosos la TUC 02-22 tuvo un muy buen comportamiento. La TUC 00-65 ha entrado también en la consideración de muchos productores por su rendimiento cultural. Poder encontrar la variedad que nos dé buenos resultados en nuestros lotes es importantísimo. A eso se suma poder contar con la asistencia técnica y el acompañamiento de los profesionales técnicos de la EEAOC.

Qué puedo decir: este sí es un logro de la gente que se dedica a investigar, comparar, evaluar y mejorar todo aquello que involucra al sector productivo cañero. A medida que pasa el tiempo, si uno como productor cañero no se renueva si no usa semilla saneada, nuevas variedades y nuevas tecnologías que van surgiendo, en nuestro nivel desapareceríamos.

Este proyecto ha venido a acompañar sobre todo al pequeño y mediano productor, ya que le ha permitido acceder no solo a la caña semilla saneada sino también a una herramienta más: la asistencia técnica.

En otras palabras, no puedo cuantificar el éxito que han tenido: **es espectacular lo que han hecho y esto creo que resume todo.**

› TESTIMONIOS

Crece hacia arriba, no en superficie La sanidad como estrategia productiva

- › Testimonio del Sr. Santiago Moyano: Gerente de campo de Bulacio Argenti S.A.



› Sr. Santiago Moyano

Cómo comenzó todo y por qué la semilla saneada cambió nuestro sistema

En San Genaro, nuestro campo principal de caña, siempre supimos que las condiciones adversas nos obligaban a implementar prácticas distintas si queríamos mejorar la productividad. Fue en 2003 o 2004 cuando el ingenio Fronterita, que contaba con su semillero Registrado, nos ofreció la posibilidad de establecer nuestro propio semillero Certificado. Como empresa ya teníamos la firme convicción de que debíamos intentar algo nuevo, aun sin conocer qué resultados podríamos obtener, y aceptamos la propuesta. Así armamos nuestro primer semillero Certificado.

Como suele pasar, el primer año no se observó ninguna diferencia evidente, pero aun así decidimos avanzar. Utilizamos la semilla obtenida como base y plantamos nuestro primer lote comercial con semilla saneada, acompañado con todos los análisis correspondientes.

La caña que llegaba de otro origen presentaba un nivel elevado de RSD, mientras que la proveniente del semillero Certificado estaba sana. Ese contraste fue decisivo y nos llevó a abrir dos caminos en paralelo: por un lado, continuar solicitando semilla Registrada al ingenio y, simultáneamente, acercarnos a la Estación Experimental para desarrollar también nuestro propio semillero bajo su metodología de trabajo. Ahí comenzó nuestra relación con el Proyecto Vitroplantas y, con el tiempo, entendimos que ese paso marcaría el rumbo de todo nuestro sistema productivo.

Los resultados hablan por sí solos

Al principio del proceso comprendimos que la sanidad no se limita a tener un buen lote semillero, ya que si no se cuidan la cosecha y cada etapa del manejo del cultivo, la reinfección es inevitable.

Con esa idea en mente, diseñamos un sistema de desinfección montado en una cosechadora Cameco, incorporando un depósito con amonio cuaternario y protocolos precisos para desinfectar las cuchillas. Con apoyo técnico de la Experimental, ajustamos el procedimiento y los resultados comenzaron a verse rápidamente. En paralelo, ya veníamos trabajando sin quema, dejando rastrojo, usando herbicidas en vez de cultivo y manejando mejor la humedad de suelo. Todo ese esfuerzo se potenció verdaderamente cuando lo combinamos con material saneado y trazable.

Esa integración caña semilla saneada más un manejo coherente fue la que nos permitió pasar de 58 a 78 toneladas y, además, extender la vida útil de los cañaverales. Hoy hacemos más cortes donde antes, de manera casi matemática, la producción se venía abajo en el quinto año.

Más adelante incorporamos la plantación mecánica, fundamental para no reinfectar el cañaveral con RSD, y adaptamos las plantadoras con depósitos de desinfección y múltiples boquillas para desinfectar cada superficie de contacto con la caña. También desinfectamos tractores, carros y autovuelcos. Puede parecer engorroso, pero no es costoso, y cada uno de esos hábitos de higiene sostiene la sanidad que trae la semilla proveniente del Proyecto Vitroplantas.

Manejo por ambiente, monitoreo y trazabilidad: una forma de trabajo que nace de la sanidad

A partir del vínculo con la EEAOC empezamos a medir todo con un nivel de detalle al que antes no hubiéramos llegado. En San Genaro realizamos alrededor de 240 análisis de RSD por año, y la mayoría corresponde a caña planta y soca 1, aunque también analizamos cañas de socas avanzadas a punto de desceparse, para evaluar cómo han llegado al final de su ciclo. De ese total, entre 20 y 24 análisis suelen dar RSD, casi siempre asociados a variedades más susceptibles, mientras que más de 200 muestras analizadas arrojan un resultado del 0%.

Esa reducción del riesgo sanitario es consecuencia directa de trabajar con semilla saneada y de aplicar las prácticas de manejo y prevención aprendidas en el programa.

Un caso muy ilustrativo ocurrió con la variedad TUC 06-7, en la cual un análisis general mostró 5% de RSD. Antes hubiéramos descartado el lote completo, pero con la metodología incorporada a partir del Proyecto Vitroplantas hicimos 50 análisis individuales (uno por surco), y sólo uno dio positivo. Cosechamos los 49 surcos sanos para semilla y ese surco infectado se cosechó de manera diferenciada, siguiendo los protocolos para evitar la diseminación de la enfermedad. Ese nivel de precisión nos permitió reducir los riesgos de reinfección de una manera drástica, y se volvió parte estable de nuestro sistema de manejo.

Por otra parte, la trazabilidad también se transformó. Hoy contamos con tres estaciones meteorológicas y estamos instalando la cuarta, trabajamos con dron para aplicaciones selectivas y para ajustar ambientes, y desarrollamos un sistema propio de tickets y balanza con el que registramos lote, variedad, edad de caña, máquina, tractor, horarios y peso. De esta manera, durante la zafra podemos ver cada movimiento en tiempo real. No es un exceso de información: es lo que evita la reinfección y permite sostener la sanidad inicial del material.

A su vez, la experiencia de todos estos años de trabajo nos permite decidir con claridad qué lotes conviene priorizar, cuáles conviene dejar y cómo se comporta cada variedad frente a helada o ambiente. También aprendimos que ninguna variedad debe superar el 30% de la superficie; la elección de la variedad es por lote y por ambiente, no por preferencia. Y si tenemos que trasladar semilla a un lote arenoso para poner una TUC 02-22, lo hacemos, porque los resultados también dependen de ubicar cada variedad en el ambiente adecuado.

La sanidad como base del sistema

Al momento de la cosecha, cosechamos como cañeros y no como contratistas: decidimos la velocidad, controlamos el cambio de cuchillas y monitoreamos cada máquina. Esa rigurosidad se sostiene en una convicción: si la cosecha rompe la sanidad, todo el trabajo previo se pierde, y esto lo aprendimos trabajando codo a codo con la Experimental.

A lo largo de los años realizamos numerosos ensayos de fertilidad, manejo, maquinaria, riego y variedades, como si fuéramos una pequeña subestación experimental. Sin embargo, entre todos los cambios que atravesamos, hay uno que marca un antes y un después, y es el Proyecto Vitroplantas. Los promedios culturales actuales son muy superiores a los de hace 30 años. Aún existen promedios bajos, pero hoy predominan los altos, y eso no ocurría antes. La razón es sencilla: la sanidad del cañaveral, sostenida en el tiempo con las prácticas de manejo que propone el proyecto, es el pilar central del sistema. Por eso hoy alcanzamos siete u ocho cortes, algo impensado en otros tiempos.

La prevención del RSD es clave, ya que la enfermedad no se cura, pero sí puede prevenirse, y esa prevención empieza en un semillero sano y continúa con las prácticas adecuadas en campo.

Todo lo demás la elección varietal por ambiente, el manejo del rastrojo, la rotación, el uso ajustado de herbicidas, los biofertilizantes, el drenaje, el riego por goteo funciona porque está apoyado sobre la base sanitaria que aporta la caña semilla saneada. Incluso muchos de nuestros aprendizajes surgieron de casualidades que solo pudimos interpretar adecuadamente porque teníamos material saneado: la rotación con soja, el manejo del rastrojo cuando el ingenio comenzó a aceptar caña cruda, los primeros ensayos de biofertilizantes. Todo eso cobró sentido gracias a la sanidad y la trazabilidad.

Sustentabilidad y futuro

Hoy estamos analizando comenzar a certificar normas como GlobalG.A.P. y evaluando Bonsucro, porque sabemos que el mercado mundial y en algún momento también el interno exigirá sustentabilidad real, lo que nos permitirá acceder a negocios algo más rentables.

En gran parte, llegamos a esta mirada de largo plazo porque el trabajo con el proyecto nos obligó a pensar el cañaveral como un sistema vivo, que se sostiene durante años y requiere coherencia técnica, sanitaria y ambiental. En esa línea estamos desarrollando corredores biológicos, buscamos reemplazar las especies introducidas por especies autóctonas, manejamos mejor el monte, ordenamos drenajes y ajustamos el uso del suelo.

Finalmente, como empresa, más allá de nuestra escala, nuestro compromiso es producir mejor considerando siempre la sustentabilidad: **crecer hacia arriba más que hacia los costados**, y el Proyecto Vitroplantas nos dio la base para hacerlo posible. Llegar a este nivel no fue fácil, pero mantenerse es mucho más difícil. Es por eso que, cuando ingresa gente nueva a la empresa, siempre les decimos: esto es lo que hemos logrado; ahora no podemos relajarnos. Ese sigue siendo nuestro desafío central.