



## V. SECTOR CAÑA DE AZÚCAR

EL AZÚCAR, EL PAPEL, EL ALCOHOL Y LOS BIOCOMBUSTIBLES CONFORMAN PRODUCCIONES FUNDAMENTALES EN VARIAS PROVINCIAS

La industria azucarera argentina inició sus actividades prácticamente junto con el país, a principios del siglo XIX, y tomó fuerte impulso con la llegada del ferrocarril a Tucumán, en el año 1876. En ese momento se incorporaron modernas maquinarias que permitieron expandir de manera notable el parque industrial, transformando a esta industria en una de las más fuertes del país.

Actualmente, cinco provincias cultivan la caña de azúcar, siendo Tucumán la principal productora ya que concentra el 63% de la producción nacional de azúcar, la cual alcanzó en el año 2008 los 2,3 millones de toneladas. De ese total, el 81% corresponde a azúcares blancos y el 19% restante a azúcares crudos con destino a mercados externos. Casi un tercio del total elaborado se exporta a diferentes países.

La agroindustria de la caña de azúcar en la Argentina produce además alcohol, un coproducto resultante de la elaboración de azúcar.

La fibra remanente de la caña se destina a la producción de papel en plantas localizadas en Jujuy y en Tucumán. En estos momentos la industria azucarera tucumana se prepara para producir alcohol etílico para biocombustibles (como se hizo en la década de 1980) y se están llevando a cabo proyectos de inversión para la cogeneración de energía.

La estructura productiva nacional está compuesta por seis mil cañeros, de los cuales cinco mil cuatrocientos se ubican en la zona cañera de Tucumán. Esta enorme mayoría, sumada a la importante demanda de mano de obra para labores de campo y fábrica, evidencia el impacto social que tiene la agroindustria de la caña de azúcar en la provincia. El parque industrial nacional cuenta con veintitrés ingenios, de los cuales quince se encuentran en Tucumán, tres en Jujuy, dos en Salta, dos en Santa Fe y uno en Misiones.

---

*Imagen de un tallo de caña de azúcar en cuyo nudo se encuentra una yema. En el año de su centenario, la EEAOC liberó al cultivo comercial tres nuevas variedades: TUC 95-37, TUC 97-8 y TUC 89-28.*



## MEJORAMIENTO

LA HISTORIA DE LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL ESTÁ ESTRECHAMENTE LIGADA AL MEJORAMIENTO GENÉTICO DE LA CAÑA DE AZÚCAR

Desde su creación en 1909, la Estación Experimental ha estado estrechamente vinculada a los trabajos de introducción, evaluación, creación y/o difusión de la mayoría de las variedades de caña de azúcar implantadas en Tucumán. Esta vasta y compleja labor requirió de visión y del trabajo anticipado que permitieron incluir en el gran cultivo nuevas variedades. Las mismas aportaron soluciones a graves crisis sanitarias y resultaron la herramienta clave para alcanzar incrementos sustanciales en la productividad de la agroindustria azu-

carera de la provincia. Estos avances se concretaron no sólo a partir de los aumentos en la producción de azúcar por unidad de área, sino también gracias a otros beneficios que los nuevos cultivos trajeron aparejados. Por ejemplo: iniciación del período de cosecha con altos niveles de rendimientos sacarinos, aumento de la calidad industrial de los jugos, mayor tolerancia a enfermedades y a condiciones ambientales más extremas (como limitaciones de suelos, heladas o sequía), entre otros.

---

*Imagen de inflorescencias de caña de azúcar, obtenidas artificialmente en la EEAOC, que constituyen el punto de partida para la creación de nuevas y superiores variedades.*

## El primer gran logro de la Estación Experimental fue encontrar una solución a la crisis provocada por el virus del mosaico de la caña de azúcar

A comienzos del siglo pasado, los cañaverales tucumanos estaban implantados fundamentalmente con la caña Criolla, la cual presentaba evidentes signos de decadencia. Las principales causas de ese declive productivo eran la elevada susceptibilidad de este tipo de caña al "gusano chupador" y a un tipo de "degeneración" que fue aumentando de forma progresiva. Esta "degeneración" provocó una severa epifitía entre 1914 y 1916, llegándose a producir pérdidas del orden del 80% en la producción de azúcar en Tucumán. Más tarde se demostró que la "degeneración" era causada por el virus del mosaico.

Esta severa crisis pudo resolverse de manera eficaz gracias a la exitosa labor desarrollada por la EEAOC, denominada en aquel entonces EEAT. Desde su creación, la institución había llevado a cabo una política activa de introducción de cultivares extranjeros desde otros centros cañeros del mundo. Entre esos materiales foráneos se encontraban variedades provenientes de Java (Indonesia), las cuales fueron probadas durante los primeros años de la hoy Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres (EEAOC).

Los resultados obtenidos en los ensayos mostraron que algunos de estos cultivares provenientes de Java no sólo eran más resistentes al virus del mosaico y al "gusano chupador", sino que duplicaban y hasta triplicaban la cantidad de caña y de azúcar por unidad de superficie, comparados con la caña Criolla.

Las variedades de Java más destacadas en los campos experimentales de la EEAOC fueron POJ 36, POJ 213 y POJ 234. Estos cultivares (también denominados "campeones") sustentaron un verdadero "triunfo científico en Tucumán" (denominación del Dr.

William Cross en un artículo de la época que divulgaba esos resultados) y permitieron que nuestra provincia ocupase un lugar preponderante entre los países azucareros del mundo.

Además de esta valiosa labor de investigación, la EEAOC tuvo un rol protagónico en el logro de un rápido reemplazo de la caña Criolla por las nuevas variedades POJ en los campos comerciales de Tucumán. La publicación y difusión de los resultados experimentales motivaron un proyecto de ley provincial para la expropiación, por parte del Poder Ejecutivo, de dos millones de kilos de caña semilla de los cultivares "campeones" para distribuir entre los agricultores y, de esta forma, difundir de manera acelerada los materiales genéticos superiores. Estas rápidas y efectivas medidas provocaron que en muy pocos años la caña Criolla fuese casi totalmente reemplazada por los nuevos cultivares, superándose así la grave crisis sanitaria en nuestra provincia. En 1919, las variedades POJ 36 y POJ 213 dominaban prácticamente los cañaverales tucumanos, lo cual provocó durante esa campaña una cosecha de "espectaculares resultados, tanto en el campo como en la fábrica". El predominio de las nuevas variedades, con sus excelentes niveles productivos, se mantuvo en Tucumán hasta principios de la década de 1940. La rápida y eficaz solución brindada por la EEAOC a la crisis provocada por la enfermedad del mosaico, evidenció la correcta orientación de sus trabajos, a muy pocos años de su creación, estableciendo en consecuencia un joven prestigio.

Esta experiencia exitosa sirvió como valioso antecedente para solucionar crisis de idéntico origen a nivel internacional, como por ejemplo: los casos de las agroindustrias de caña de azúcar en EE. UU. y España, ocurridas durante la década de 1920.

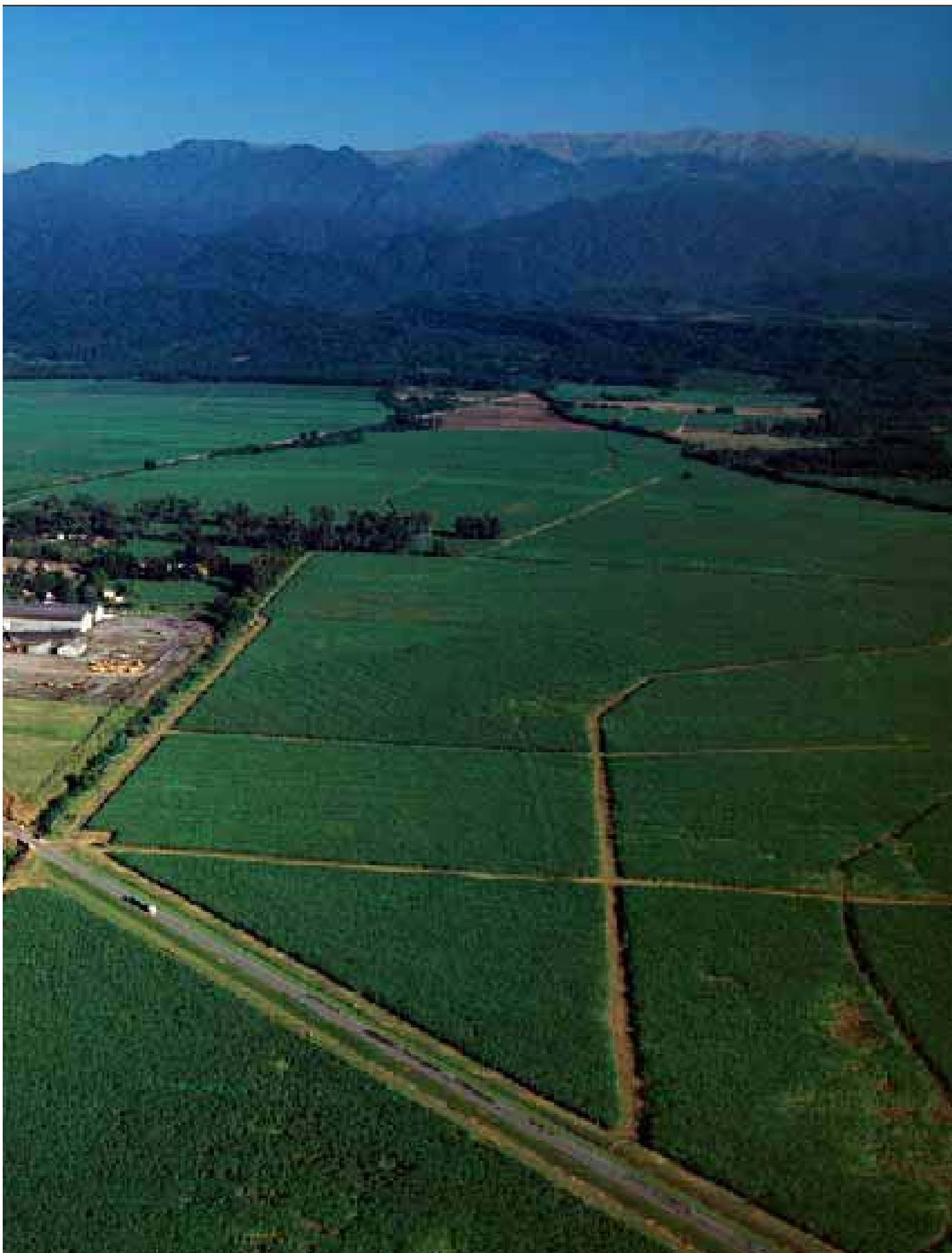
---

*Imagen de una hoja de caña de azúcar con síntomas del virus del mosaico. Esta enfermedad, causante de una severa crisis en la producción a comienzos del siglo XX, fue superada mediante nuevas variedades introducidas, ensayadas y difundidas por la Estación Experimental.*

*En páginas siguientes: Tucumán es la principal zona de producción de azúcar de caña en la Argentina, con una participación del 64% a nivel nacional.*







## Con la creación de las primeras variedades “Tucumanas” se superó la segunda crisis sanitaria causada por el carbón

A partir de 1910, la EEAOC comenzó a desarrollar actividades para obtener sus propias variedades de caña adaptadas a las condiciones específicas de la zona de cultivo en Tucumán. En 1917, luego de años de infructuosos esfuerzos, se lograron las primeras plántulas provenientes de semillas verdaderas en un nuevo invernadero calefaccionado, que se ubicaba en predios de la EEAOC. Este hecho fue fundamental ya que estableció las bases para el logro del principal objetivo: “obtener una variedad ideal para Tucumán”. Las plántulas provinieron, en su mayoría, de semillas botánicas resultantes de cruzamientos, y fueron importadas desde otros países (ya que no se podía obtener semilla de caña de azúcar bajo las condiciones subtropicales de Tucumán). Luego se produjeron miles de plántulas, cada una de las cuales podía constituir potencialmente un nuevo cultivar. Las “cañas tucumanas de semillero” fueron minuciosamente evaluadas en función a múltiples características de interés productivo y fitosanitario. Aquellas que resultaron sobresalientes fueron seleccionadas, originando numerosos ensayos de variedades implantadas en predios de la EEAOC y en campos de agricultores cañeros de Tucumán. Los cultivos utilizados como

referencia, denominados “testigos”, fueron las variedades más difundidas comercialmente a partir de la década de 1920: POJ 36 y POJ 213, resistentes al mosaico y muy difíciles de superar desde el punto de vista productivo. Más allá de la superioridad de estos “testigos”, se logró seleccionar un conjunto numeroso de variedades que se denominaron “Tucumanas” (TUC), muchas de las cuales se difundieron de manera comercial a partir de la década de 1930, llegando a ocupar áreas importantes de cultivo.

En 1940 apareció por primera vez en Tucumán una nueva enfermedad causada por un hongo: el carbón de la caña de azúcar. A partir de 1941 la EEAOC dedicó grandes esfuerzos al estudio de esta enfermedad, de manera de catalogar la reacción y resistencia de su nutrida colección de cultivares en ensayos experimentales frente al carbón. La variedad más difundida por ese entonces, la POJ 36, resultó ser altamente susceptible a esta enfermedad, detectándose sin embargo un amplio espectro de cultivares “inmunes”, altamente resistentes o con ataques leves. A partir de 1942, la EEAOC estuvo en condiciones de comenzar a difundir resultados que indicaban las variedades más apropiadas para hacer frente a esta nueva epifitía.

Entre 1943 y 1944, después de campañas con heladas y sequías pronunciadas, la enfermedad causó severas pérdidas y afectó a la principal variedad cultivada, la POJ 36. Los ensayos anticipados de la EEAO le permitieron efectuar recomendaciones precisas sobre los cultivares más resistentes al carbón, y sobre un conjunto de prácticas culturales que ayudaban a mitigar los efectos negativos de la epifitía. Entre los materiales genéticos más resistentes al carbón, y que además mantenían altos rendimientos productivos, figuraban numerosas variedades propias ("Tucumanas") y otras importadas desde Java, India (Coimbatore) y EE. UU. (Canal Point). Del conjunto de las variedades Tucumanas, la más destacada fue TUC 2645. Este cultivar, obtenido a partir de una semilla sexual importada de las Islas Filipinas y seleccionada en ensayos experimentales de la Estación Experimental, fue altamente resistente al carbón y al mosaico, y exhibió una buena tolerancia a la sequía. TUC 2645 presentó, además, una capacidad productiva superior, llamativa por su gran altura, su porte erecto y su excelente macollaje. Los informes de la época calificaron a TUC 2645 como "un cultivar de excepcional valor", que superaba "enormemente

a POJ 36, tanto en producción de caña como de azúcar por hectárea". Esta valorización, expresada en términos cuantitativos, significaba una superioridad del orden del 85% de TUC 2645 en kilos de azúcar por hectárea, respecto a la variedad POJ 36, la más productiva hasta ese entonces. TUC 2645 se difundió rápidamente y llegó a dominar los cañaverales tucumanos durante la década de 1950.

El valioso trabajo de investigación llevado a cabo por la EEAO, la cual aportó cultivares propios y extranjeros para hacer frente a la nueva emergencia sanitaria, se complementó con una eficaz y rápida labor de transferencia. Entre dichas actividades se destacó la abundante publicación de recomendaciones, la provisión de caña semilla de variedades resistentes y la renovación de cañaverales en Tucumán, llegándose a reemplazar el 78% de las plantaciones enfermas con las variedades recomendadas por la EEAO en un solo año (1944). Esta labor de investigación y de transferencia resultó tan contundente que, en 1946, se logró la mayor cosecha de caña y de azúcar registrada hasta ese año en toda la historia de Tucumán.

---

*En páginas siguientes: imagen del "látigo" del carbón en la caña de azúcar, enfermedad que produjo una nueva crisis sanitaria en la década de 1940 y que fue superada gracias a las primeras variedades "Tucumanas", seleccionadas en la Estación Experimental.*





## Con las nuevas variedades, introducidas o creadas por la EEAOC, se incrementó el potencial productivo del cañaveral

En la década de 1980, la EEAOC liberó comercialmente dos nuevas variedades: CP 65-357 y TUCCP 77-42, las cuales causaron un significativo impacto en la agroindustria azucarera de Tucumán.

La CP 65-357, introducida desde Canal Point (Florida, EE. UU.) y ensayada por la EEAOC, tuvo gran aceptación entre los productores por su excelente potencial productivo, su elevado contenido sacarino y su maduración precoz. A pesar de sus limitantes fitosanitarias, CP 65-357 tuvo un significativo impacto en la agroindustria local ya que elevó los rendimientos de azúcar por hectárea y permitió iniciar una zafra con altos rendimientos fabriles. Esta última característica resulta fundamental en Tucumán, ya que en la zona suelen ocurrir heladas tempranas. La CP 65-357 se convirtió en la variedad más cultivada durante el período 1994-2001, llegando a ocupar el 33% del área cañera tucumana en la campaña 1998-99.

La TUCCP 77-42, seleccionada por la EEAOC a partir de semilla botánica proveniente de Canal Point, se difundió rápidamente por su sobresaliente producción de caña por hectárea y su enorme capacidad para adaptarse a diferentes tipos de suelo. La TUCCP 77-42 es, hasta la fecha, la variedad que registra mejor comportamiento en zonas marginales de cultivo de caña de azúcar. Su porte erecto y su resistencia al vuelco y al corte mecánico fueron características que favorecieron su gran aceptación debido al avance de la cosecha mecánica en Tucumán. Su característico "cierre temprano" la convirtió en una variedad muy "económica", ya que compite con elevada eficiencia frente a malezas. La TUCCP 77-42 llegó a ocupar el 32% de la superficie cañera a fines de la década de 1990 y se mantiene hasta hoy como la segunda variedad más cultivada en Tucumán. Es importante destacar que esta variedad es una de las de mayor difusión en áreas cañeras del norte de Argentina y también en algunos países limítrofes



En 1999 fue liberada comercialmente la variedad LCP 85-384, introducida en 1991 desde Louisiana (EE. UU.) y ensayada por la EEAOC. Este cultivar ocupa hoy aproximadamente el 70% del área de cultivo de Tucumán. El extraordinario avance se explica por su sobresaliente capacidad productiva, demostrada especialmente en suelos fértiles, bien drenados y sin déficit hídrico. Su elevado contenido sacarino, su maduración temprana, su excelente curva de acumulación de azúcar durante todo el período de zafra y su resistencia al deterioro por heladas son otras características que explican la gran aceptación de este cultivar, el cual se ha difundido inclusive en el norte del país. El predominio de esta variedad en el área cañera tucumana contribuyó, entre otras innovaciones tecnológicas, a sostener las campañas de producción récord de la provincia en 2005 y 2006.

En la actualidad, casi la totalidad de la superficie ocupada con caña de azúcar en Tucumán se encuentra implantada con variedades introducidas o producidas por la EEAOC, recomendadas y difundidas por ella.

El análisis sintético de un siglo de historia relacionado a las variedades de caña de azúcar que impactaron en el área de cultivo de Tucumán, pone en relieve la permanente labor de investigación y transferencia llevada a cabo por la Estación Experimental, y su oferta importantísima de materiales genéticos para la agroindustria azucarera. Estos materiales constituyeron la tecnología clave para sortear severas crisis sanitarias y para sustentar incrementos significativos, tanto en la producción de azúcar en campo, como en la recuperación de la misma en fábrica.

*Imagen de la crianza en invernadero de grandes poblaciones de plantines, originarios de semilla botánica de caña de azúcar producida en la EEAOC. En 1910, la EEAOC comenzó sus actividades para obtener variedades de caña adaptadas a las condiciones de la zona.*

*En páginas siguientes: desde 1961 la EEAOC induce la floración de tallos de caña de azúcar, mediante tratamientos fotoperiódicos, para luego realizar cruzamientos y obtener la semilla botánica destinada al programa de selección de nuevas variedades.*







## La optimización de metodologías para la transformación genética de la caña de azúcar potencia la obtención de nuevas variedades

El desarrollo de técnicas de manipulación genética molecular (transgénesis) constituye un aporte valioso a los programas de mejoramiento convencionales, principalmente en aquellas situaciones en las que la disponibilidad de caracteres (genes) de interés es limitada en especies (germoplasma) emparentadas que se puedan cruzar y engendrar descendencia viable y fértil con la planta cultivada. La nueva tecnología de transgénesis permite la incorporación, en variedades comerciales, de características (genes) de diferentes orígenes como plantas, animales e inclusive microorganismos o virus. En el año 1983 la Universidad de Gante (Bélgica) obtuvo la primera planta transgénica: una planta de tabaco que expresaba un gen bacteriano mediante el empleo de la bacteria "*Agrobacterium tumefaciens*", utilizada como vector de transformación. Más tarde se desarrollaron otras metodologías como la biobalística, la cual permitió ampliar el número de cultivos capaces de ser transformados genéticamente. Este método físico utiliza microproyectiles o micropartículas aceleradas a alta velocidad para introducir genes en células de plantas superiores y, posteriormente, regenerar plantas enteras a partir de ellas.

Desde el año 2005 se han optimizado en la EEAOC, utilizando un equipo acelerador de micropartículas, diversos protocolos para transformar o hacer transgénesis en dos cultivos industriales claves para la región: la caña de azúcar y la soja.

En la caña de azúcar se transformaron variedades comerciales de interés regional con un gen que confirió resistencia al herbicida glifosato. El objetivo final es manejar de forma eficiente las malezas ya que éstas constituyen uno de los factores más negativos para el cultivo. Provocan grandes pérdidas en los rendimientos debido a que compiten por agua, luz y nutrientes, y segregan sustancias alelopáticas. Además, sirven de albergue para plagas de insectos y patógenos. El empleo de un herbicida con bajo impacto ambiental y costo incrementa la sustentabilidad del sistema de producción. Una vez obtenidos los cultivos transgénicos en laboratorio, se evalúan según los protocolos implementados por la Comisión Nacional Asesora de Biotecnología Agropecuaria (Conabia), de manera de garantizar su inocuidad para el ser humano y el medio ambiente, y alcanzar de este modo una futura liberación comercial de los mismos.

---

*Mediante el uso de microproyectiles se introducen genes en "callos" de caña de azúcar para obtener variedades transgénicas resistentes al herbicida glifosato.*





## AGRONOMÍA DEL CULTIVO

ADAPTAR Y CREAR PAQUETES TECNOLÓGICOS SUSTENTABLES Y DE ALTO RENDIMIENTO

Para explotar el potencial productivo de variedades adaptadas a un ambiente cañero específico, es necesario desarrollar técnicas que, al implementarse en el gran cultivo, generen un sistema que maximice la producción de azúcar por unidad de superficie, al menor costo posible.

La EEAOC, con el fin de posicionar a la agroindustria de la caña de azúcar en un alto nivel de productividad y buscar permanentemente nuevas variedades de mayor capacidad productiva, ha evaluado y/o desarrollado una cantidad considerable de prácticas que le permitieron conformar paquetes tecnológicos apropiados para un óptimo manejo del cañaveral.

En ese sentido deben ser destacadas las innovaciones tecnológicas que se incorporaron en distintos aspectos de la producción, como en la plantación; fertilización; control de malezas, plagas y enfermedades; manejo eficiente de la cosecha y el transporte; calidad de materia prima; entre otros. La continua labor técnico-científica relacionada a la agronomía de la sacarífera ha alcanzado constantes y significativos incrementos en la cantidad y calidad de la caña de azúcar (rendimientos), y al mismo tiempo, ha permitido reducir progresivamente los costos de la producción de azúcar en general.

---

*El logro de niveles crecientes de productividad requiere la continua generación y transferencia de propuestas, estrategias y tecnologías agronómicas destinadas a incrementar la producción de caña, la recuperación del azúcar y el aprovechamiento bioenergético integral de la caña de azúcar.*

## Se definieron criterios que optimizaron el manejo de la fertilización de la caña de azúcar en Tucumán

El estudio y la optimización de la aplicación de fertilizantes en la caña de azúcar en Tucumán, se ha relacionado a las tareas de investigación desarrolladas por la Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres, desde su fundación.

La necesidad de fertilizar la caña de azúcar fue evidente en las primeras experiencias conducidas por William Cross en la década de 1910. Más tarde, a principios de los '60, se reiniciaron los estudios en esta materia confirmando que el aporte de nitrógeno constituía la base de la fertilización de los cañaverales tucumanos, mientras que el agregado de fósforo y potasio no ofrecía ningún rédito productivo.

Sin duda, los estudios realizados por la EEAOC durante la década de 1970 provocaron un salto tecnológico sustancial, al establecer las primeras normas para la fertilización con nitrógeno de los cañaverales tucumanos. La utilización de estos parámetros de forma generalizada determinó que la actividad cañera polarizara el consumo de fertilizantes nitrogenados a nivel nacional.

La fertilización de los cañaverales con nitrógeno y en dosis única (noventa kilogramos de nitrógeno por hectárea) para todas las condiciones, se convirtió en una norma de aplicación frecuente hasta fines del siglo XX. En la década de 1970 también se adoptó la técnica de diagnóstico foliar como estudio complementario al análisis de suelo. Posteriormente, a mediados de los '90, se generaron avances significativos que modernizaron las prácticas de fertilización a la luz de nuevas técnicas de diagnóstico. Además, se incorporaron criterios para la fertilización con otros nutrientes (como fósforo y potasio), que mostraron ciertas limitaciones de productividad en algunas condiciones. De todas formas, se revalorizaron los beneficios agronómicos, económicos y ambientales de esta tecnología cuando se pudo definir, con mayor precisión, tanto el tipo de nutriente como la cantidad a utilizar en cada situación.

Al analizar los nuevos resultados disponibles se destacó que, para optimizar y tornar más eficiente el uso del fertilizante, era posible realizar un ajuste de la dosis de nitrógeno en cada situación. Esto permitió construir, por primera vez, una tabla de recomendaciones para el productor de caña que le permitió determinar la dosis espe-

cífica de nitrógeno requerida para cada lote, en función de la información de la capacidad de abastecimiento de nitrógeno del suelo (contenido de materia orgánica, nitrógeno foliar, nitrógeno total, etc.) y del rendimiento cultural esperado (toneladas por hectárea).

Respecto de la fertilización con fósforo, si bien todas las experiencias realizadas hasta los años '90 coincidían en la escasa respuesta de la caña de azúcar al aporte de fósforo (asociada a los buenos niveles de abastecimiento del nutriente en los suelos de la región), la EEAOC reportó la presencia de suelos en el noreste del área cañera que mostraban contenidos insuficientes de fósforo, observándose síntomas de deficiencia en cañas socas emergidas en el inicio de primavera.

Este descubrimiento estimuló a la EEAOC a realizar numerosas pruebas en los suelos, las cuales concluyeron con la formulación de una tabla de recomendación para dosificar los fertilizantes fosfóricos según los contenidos del suelo y foliar, y según los niveles esperados de producción.

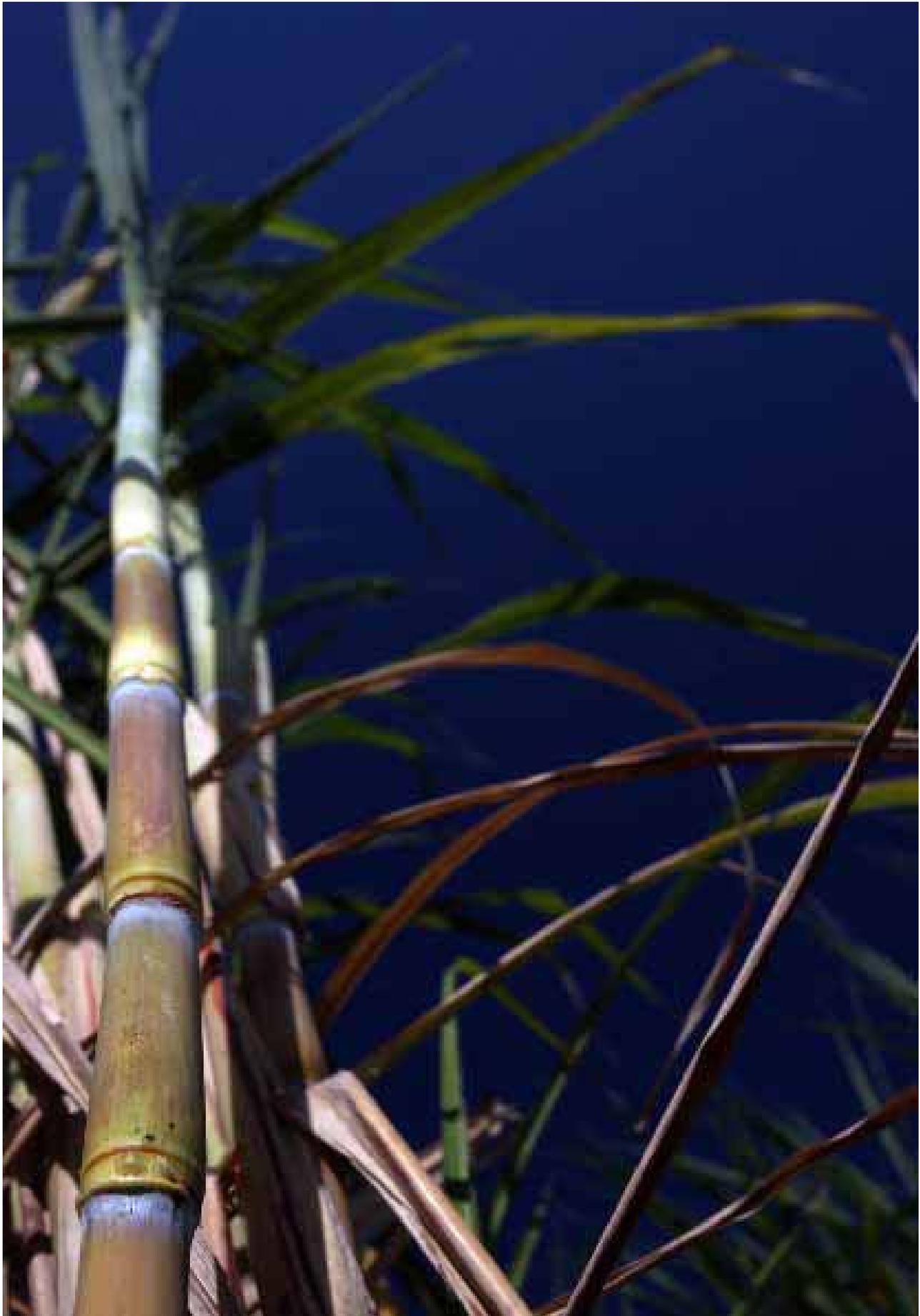
La fertilización con potasio no fue una práctica de uso tradicional en Tucumán hasta 1995, ya que ciertos estudios previos mostraban que los suelos cañeros tenían altos contenidos de potasio intercambiable, asociados a una composición mineral rica en este elemento.

A fines de la década de 1990, la EEAOC revisó esta presunción y detectó valores críticos de potasio intercambiable en algunos suelos del área pedemontana, asociados a suelos de texturas gruesas. Mediante esta constatación, diversos estudios realizados permitieron construir una tabla de recomendaciones para la fertilización potásica en las condiciones analizadas.

Un último aporte significativo se concretó en el año 2007, luego de cuatro años de investigación, con la difusión del empleo de biofertilizantes en la caña de azúcar. Mediante la utilización de un biofertilizante foliar en los estudios, se concluyó que el mismo mantenía la respuesta productiva de los cañaverales, sustituyendo la mitad de la dosis de nitrógeno aplicada tradicionalmente con fuentes sintéticas (urea, UAN). Además, la utilización del biofertilizante permitió una significativa disminución del costo por hectárea y favoreció el establecimiento de un sistema sustentable de producción de caña de azúcar.

*En la década de 1910 William Cross comenzó las primeras experiencias de fertilización de la caña de azúcar. Actualmente la EEAOC difunde el empleo de biofertilizantes, los cuales han permitido una significativa disminución del costo de producción por hectárea.*

*En páginas siguientes: la fertilización en la producción cañera, que incluye mejoras sustanciales en los equipos y los métodos de aplicación, proporciona diversos beneficios económicos, energéticos y ambientales.*







## Plantación de caña azúcar en surcos de base ancha: una contribución al incremento de los rendimientos culturales

La población de tallos molibles es el principal componente en el cálculo de los rendimientos de la caña de azúcar.

Los surcos de base ancha constituyen un diseño de plantación que tiene por objetivo aumentar los niveles de producción de caña y azúcar por hectárea, mediante la mejora de la población de tallos molibles. Si bien se disponía de algunas investigaciones al respecto en otras áreas cañeras del mundo (como Louisiana, EE.UU.), aún no se había concretado su implementación comercial.

El diseño de surcos de base ancha consiste en obtener una configuración especial del surco que permita distribuir la caña semilla en una banda ancha (entre 0,45 y 0,60 metros) en lugar de la faja angosta que caracteriza al surco simple del sistema tradicional. Se logra así un surco poblado con cepas que disponen de un espacio vital más amplio, lo cual genera un surco con elevada densidad de tallos molibles.

La investigación, desarrollo y difusión de la técnica de surcos de base ancha requirió más de ocho años de trabajo (entre 1982 y 1990) hasta alcanzar el diseño más apropiado para incrementar la productividad de los cañaverales de Tucumán, sin exigir modificaciones significativas del parque de maquinarias (ya que en Tucumán se mantiene la distancia convencional entre surcos de 1,60 metros).

Simultáneamente, durante ese período de estudio se evaluó y ajustó el desempeño de los diferentes implementos requeridos para la utilización de los surcos anchos a escala comercial, y para el manejo posterior de los cañaverales.

La plantación en surcos de base ancha se adaptó perfectamente a las condiciones de cultivo, de cosecha y a los diferentes agro-

ecosistemas existentes en el área cañera de Tucumán. Mediante su implementación se aumentó un 15% (como promedio general) la capacidad productiva de la caña de azúcar, con respecto al sistema de plantación de surco simple. Los incrementos productivos se registraron en cañaverales de todas las edades y variedades, destacándose los mayores efectos en las cepas más jóvenes, en especial en la caña planta.

Con la plantación en surcos de base ancha, además de aumentar la capacidad de producción por unidad de superficie, se facilitó el control de malezas y se aumentó la longevidad del cañaveral.

En la adopción y éxito generalizado de este diseño de plantación, también influyó la ventaja de ser una alternativa tecnológica que no exigió modificaciones significativas en el parque de maquinarias, en las estrategias de manejo, ni incrementó de forma sustancial el costo de implantación respecto de la alternativa tradicional.

Para fomentar su práctica, la EEAOOC diseñó un equipo compuesto por un surcador de reja y vertedera integrado a dos discos, los cuales terminaban de realizar la extracción de tierra dejando claramente formado el surco con una cresta central, lo que le permitía separar la caña semilla. Este equipo se utiliza de la misma manera que un surcador tradicional, manteniendo igual distancia entre surcos que el sistema convencional (1,60 metros).

Por sus efectos, la práctica se difundió con rapidez en los '90, llegando a ser utilizada en el 100% de los cañaverales actuales de la provincia. Se destaca el rol complementario de este cambio tecnológico en el aumento de la producción cultural, el cual se logró en los últimos años sin que se registren alteraciones en el desarrollo sustentable del sistema productivo.

---

*La plantación en surcos de base ancha aumentó un 15% la capacidad productiva de la caña de azúcar. Hoy la totalidad de los cañaverales de Tucumán utilizan esta técnica, desarrollada por la EEAOOC. Foto: surcos plantados con caña de azúcar con el sistema convencional (izquierda) y el de base ancha (derecha).*



## Importante impacto agronómico, fabril y económico de la maduración química de la caña de azúcar en Tucumán

La maduración química es una práctica muy importante que se utiliza en las principales regiones cañeras del mundo. Esta técnica debió ser ajustada a las condiciones agro-ecológicas de Tucumán, a su espectro de variedades y al manejo de sus cañaverales.

La maduración química, ajustada y difundida por la EEAOC, fue la única estrategia pre-cosecha disponible para anticipar la maduración e inducir incrementos significativos en la recuperación fabril de azúcar, mejorando la calidad de la materia prima que se procesaba durante la fase inicial y media de la zafra.

Desde 1920 se ha investigado a nivel mundial la posibilidad de adelantar la maduración con agentes químicos o físicos, sin resultados alentadores.

Las investigaciones sistemáticas sobre el empleo de maduradores químicos modernos se iniciaron en la década de 1960. Pero los primeros resultados satisfactorios se obtuvieron recién a fines de la década de 1970 e inicios de los '80, continuándose los estudios hasta el presente.

En nuestro país, y especialmente en Tucumán (gracias a la EEAOC y a la Facultad de Agronomía y Zootecnia de la Universidad Nacional de Tucumán), las investigaciones sobre los efectos de distintos madurantes comenzaron en la década de 1970 e inicios de los '80, sin que esa tecnología se llegara a utilizar comercialmente.

La EEAOC reinició los estudios en 1994, y con la participación de empresas de agroquímicos y azucareras interesadas en el tema, se realizaron las primeras pruebas comerciales con resultados satisfactorios.

En estas investigaciones se evaluaron más de doce agroquímicos potencialmente útiles, entre los que se seleccionaron y difundieron sólo tres alternativas.

El glifosato, cuya difusión a escala comercial como madurador se efectuó en 1997, es en la actualidad el más utilizado a nivel mundial debido a su consistencia, eficacia, bajo costo y porque permite un mayor período de cosecha. Dentro de los herbicidas gramínicos se destacan el Fluazifop p-butil (muy utilizado internacionalmente) y

el Cletodim (que se desarrolló localmente y resultó efectivo para la variedad TUCCP 77-42). Estos maduradores fueron difundidos en Tucumán por la EEAOC en los años 2000 y 2005, respectivamente.

La principal consecuencia de esta tecnología, relacionada a la modificación de las condiciones naturales de maduración y al incremento temprano del contenido de sacarosa, es que provoca una mayor producción y recuperación de azúcar por tonelada de caña, con aumentos que fluctúan entre un 5 y un 15%, sin afectar el rendimiento cultural de los cañaverales ni provocar alteraciones en la calidad que perjudiquen el proceso fabril.

Además, la maduración química induce efectos adicionales al favorecer una adecuada acumulación de sacarosa en los entrenudos apicales (normalmente inmaduros) y provocar el desecamiento temprano del follaje. Esto permite un despuntado más alto (mayor producción cultural) y la disminución del contenido de materias extrañas que llega a fábrica, mejorando la calidad de la materia prima y la eficiencia de la cosecha y transporte.

Otro beneficio adicional se obtiene frente a la ocurrencia de heladas, ya que los cañaverales tratados con maduradores, al haber alcanzado un mayor contenido de azúcar pre-heladas, minimizan el efecto del frío cuando éste detiene el proceso madurativo, e incluso pueden reducir la velocidad de deterioro de los jugos.

La implementación de un programa de manejo de la maduración química, correctamente planificado y de uso generalizado, permite elevar y estabilizar los niveles de recuperación de azúcar, mejorar la eficiencia global de la cosecha e introducir modificaciones estratégicas en el desarrollo de la zafra.

Un manejo efectivo de esta tecnología posibilita obtener al menos trescientos kilos extras de azúcar por hectárea, lo que resulta muy rentable, más aún si se incluyen en el balance total los ingresos adicionales que genera la maduración química, relacionados con efectos agronómicos y fabriles, directos y secundarios, asociados a su empleo.

---

*En páginas siguientes: la técnica de maduración química de la caña de azúcar se aplica a más de setenta mil hectáreas del cañaveral tucumano, en las que se obtienen entre trescientos y setecientos kilogramos extras de azúcar por hectárea.*



## Con el Proyecto Vitroplantas se logró poner a disposición de los productores “caña semilla” de alta calidad genética y sanitaria

Este proyecto, de alto impacto en el medio productivo, comenzó en los años 2000-2001 y tuvo como principal objetivo ofrecer a los productores “caña semilla” saneada (libre o con mínima incidencia de enfermedades sistémicas), vigorosa y de identidad genética garantizada.

Históricamente, el productor cañero había utilizado como “caña semilla” la misma caña destinada a la industria, sin tomar en consideración su estado sanitario ni fisiológico. Esta práctica hizo que a menudo se plantasen cañas enfermas y sin el vigor fisiológico apropiado, lo que afectó negativamente la producción de los cañaverales.

La innovación tecnológica que implementó y difundió la EEAOC solucionó ese grave problema en la producción de caña de azúcar. Para obtener “caña semilla” de alta calidad se contemplaron dentro del Proyecto Vitroplantas tres etapas bien definidas: (1) producción de vitroplantas en laboratorio; (2) rusticación en invernáculo; (3) multiplicación de los materiales en el campo, en diferentes categorías de semilleros: Básico, Registrados y Certificados.

Las vitroplantas fueron producidas en laboratorio mediante el empleo de técnicas de cultivo de meristemas y micropropagación. El material obtenido se encontró libre del virus del mosaico de la caña de azúcar, de la escaldadura de la hoja y del achaparramiento o raquitismo de la caña soca o RSD, lo cual garantizó su calidad sanitaria. Para asegurar la calidad fitosanitaria, se

adaptaron y desarrollaron metodologías moleculares que detectaban patógenos y medían la cantidad de los mismos. El advenimiento de la biología molecular, específicamente de la Reacción en Cadena de la Polimerasa (PCR), logró aumentar considerablemente la sensibilidad en la detección de patógenos. Ninguna institución del país, pública o privada, la había utilizado para agentes causales de enfermedades de la caña de azúcar. De esta forma, se pudo optimizar el diagnóstico molecular mediante PCR de cuatro enfermedades sistémicas que afectaban a la caña de azúcar: el raquitismo de la caña soca, la escaldadura de la hoja, el mosaico de la caña de azúcar y el síndrome de la hoja amarilla. En una primera etapa se realizó el diagnóstico de todas las líneas de multiplicación y, a partir de la implementación del plantel de plantas madres donadoras de meristemas, se verificó que estas plantas sólo se mantuvieran con una carga patogénica no detectable, lo que introducía eficiencia y disminuía los costos en el proceso.

Por otra parte se ajustaron los métodos para asegurar la pureza genética de las vitroplantas, ya que el cultivo “in vitro” podía producir variaciones genéticas en las células y tejidos cultivados que se transmitirían a la descendencia y afectarían caracteres agronómicos. Esta transmisión sería un claro inconveniente para garantizar la pureza genética de una variedad

que se multiplicaba con fines agronómicos, en donde todas las plantas debían tener idéntica constitución genética para asegurar que lo que llegaba al productor respondiera a la variedad que se estaba multiplicando.

Los plantines micropropagados que se desarrollaron en el laboratorio, bajo condiciones controladas, debieron ser aclimatados o rusticados en invernáculos antes de ser transplantados al campo, de manera que no se produjeran grandes pérdidas.

Con los plantines micropropagados, a fines del año 2001 se implantó el primer semillero Básico en un lote de diez hectáreas en Luisiana, Cruz Alta. Desde entonces, todos los años se implanta el semillero con plantines micropropagados de las principales variedades comerciales. Aún hoy, el semillero es operado exclusivamente por la EEAO y está sometido a estrictos controles sanitarios.

Con la caña semilla obtenida en el semillero Básico se plantaron los semilleros Registrados en lotes de ingenios, cooperativas y productores. A partir de la semilla obtenida en esos semilleros se plantaron los semilleros Certificados, los cuales proveyeron la semilla de alta calidad a las plantaciones comerciales.

El asesoramiento y control del manejo agronómico y sanitario de los semilleros Registrados ha sido efectuado por la EEAO, mientras que la ejecución de las labores culturales y la entrega

de la caña semilla de los mismos ha quedado a cargo de los semilleristas.

En el año 2002 se plantaron los doce primeros Semilleros Registrados, ubicados al oeste de la Ruta 38.

En la actualidad existe una red de cuarenta semilleros Registrados, distribuidos en toda el área cañera de la provincia.

Según nuestras estimaciones, la producción de caña semilla proveniente del Proyecto alcanzaría para el 40-45% de las renovaciones anuales del cañaveral tucumano. La continuidad en el uso de semilla de este origen y un adecuado manejo del cañaveral para evitar re-infecciones (especialmente con la bacteria causante del RSD) favorecerá la mejora del estado sanitario e incrementará la productividad de los cañaverales tucumanos.

Otro aporte importante de este Proyecto ha sido la rápida multiplicación y difusión de nuevas variedades superiores, creadas o introducidas por la EEAO.

El Proyecto Vitroplantas es un servicio de alto nivel tecnológico que brinda la institución para solucionar una problemática concreta. Además busca incrementar, en el corto plazo, la productividad y competitividad de la agroindustria azucarera.

El Proyecto Vitroplantas genera una intensa interacción con el sector productivo en su rol de semilleristas y de usuarios de la semilla producida. El compromiso del sector asegura la viabilidad del proyecto.

---

*En páginas siguientes: la caña semilla de alta calidad se obtiene mediante el uso de técnicas de micropropagación en los laboratorios de la EEAO. Luego, la cantidad se multiplica en los campos mediante un esquema de semilleros, los cuales son controlados y/o asesorados por la EEAO.*









## Utilización de sensores remotos en la estimación anual de la producción de la zafra azucarera para establecer estrategias productivas y de mercado

La caña de azúcar se cultiva en las provincias de Tucumán, Jujuy, Salta, Santa Fe y Misiones, siendo Tucumán la principal productora con el 63% del total de azúcar del país. La planificación de la pre-cosecha de la superficie y de la producción de caña de azúcar es fundamental en el trazado de estrategias productivas y de comercialización para la actividad azucarera en la provincia.

La gran subdivisión de la tierra impide contar con estimaciones seguras de superficie y producción en Tucumán, de allí el especial interés por desarrollar técnicas que permitan aproximar lo más posible las estimaciones a lo que será la realidad de la campaña. Con esta línea de pensamiento, la EEAOOC desarrolló, a partir del año 1997, diferentes convenios con la Comisión Nacional de Actividades Espaciales (Conae) y el Consejo Federal de Inversiones (CFI). Los mismos tuvieron como objetivo realizar el relevamiento y la valoración del rendimiento cultural de los cañaverales utilizando imágenes satelitales Landsat.

Este primer relevamiento se llevó a cabo con la cooperación de los técnicos del Conae Córdoba, quienes realizaron las tareas de aná-

lisis digital de las imágenes, mientras que el trabajo de campo y reconocimiento de lotes de control fue realizado por la EEAOOC.

Desde el primer año los resultados obtenidos fueron exitosos. La provincia de Tucumán se convirtió en la primera del país en realizar, de manera integral, el relevamiento de caña de azúcar utilizando imágenes satelitales Landsat.

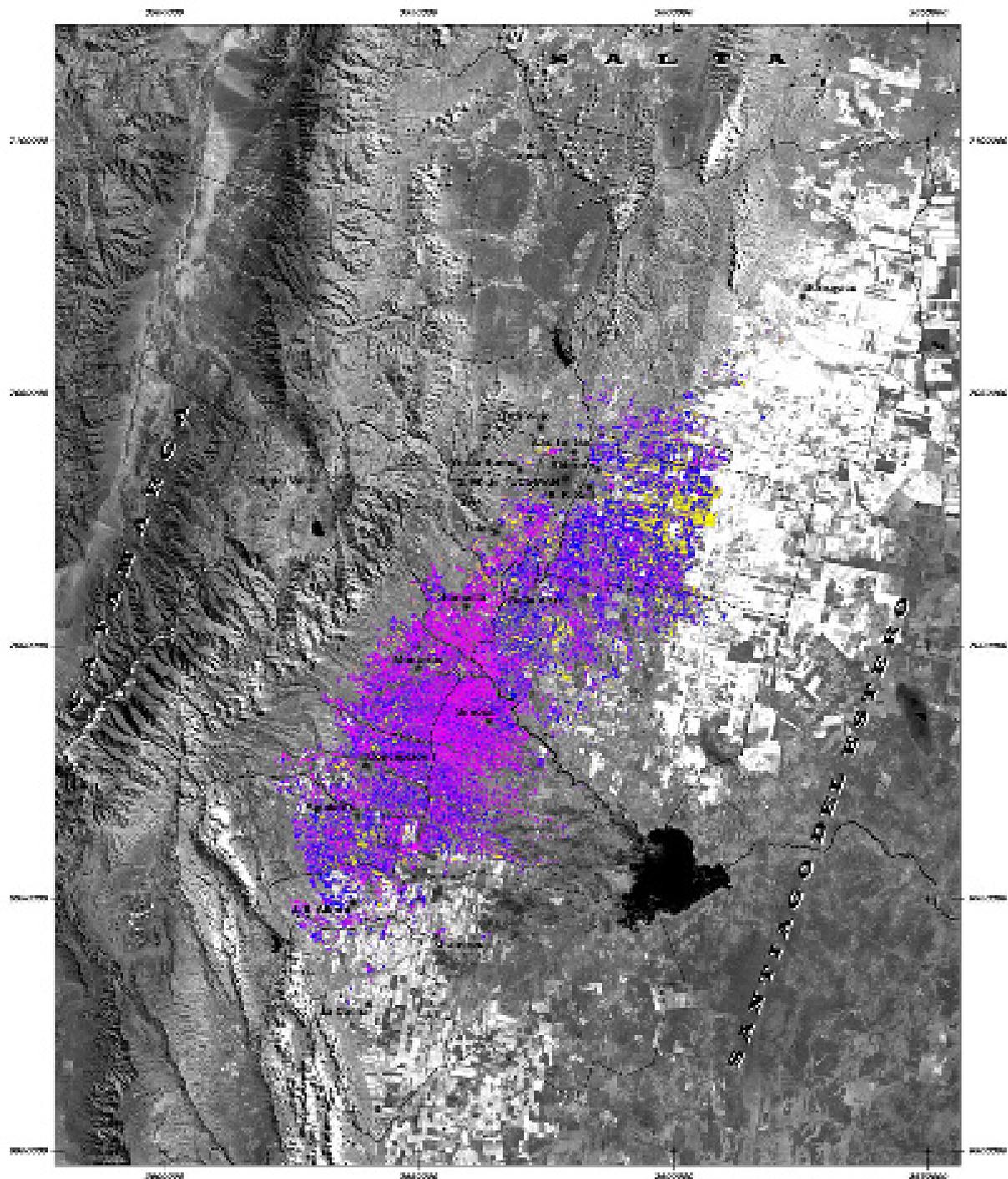
A partir de 1998 la EEAOOC, con el propósito de formar un equipo de trabajo propio, contrató a expertos en teledetección formados en la provincia y realizó el relevamiento pre-zafra de la campaña 1998. Este equipo se ha consolidado en sus tareas. La EEAOOC ha logrado mantenerlo de forma operativa y permanente, facilitando que realice las estimaciones pre-zafra con frecuencia anual y, además, realice el monitoreo satelital de toda la superficie provincial y de las áreas de influencia. Se ha mantenido el compromiso de investigar nuevos sensores y plataformas que permitan mejorar la obtención de resultados y faciliten una mejor planificación, una mayor comprensión del uso y la preservación de las tierras de la provincia.

---

*Desde 1997 se releven en forma satelital los principales cultivos de la provincia y las áreas de influencia, destacándose las estimaciones pre-zafra de producción de caña de azúcar.*

# PROVINCIA DE TUCUMAN

Área cañera discriminada por niveles de producción - Zafra 2006 -



EEAOC - PROSAP/SIIA - CFI - CONAE

Estación Experimental Agroindustrial "Obispo Colombesi"

Sección Recursos Remotos y SIG

Clasificación multitemporal: Imágenes Landsat TM  
Orbitales 211 y 230; Capas 70 y 73; Bandas 3-4-8  
Fecha de actualización: Abril de 2006

Elaborado por: Agr. Gabriela Paredes (As. Próximos Usos) y Agr. Pablo Escobar (As. de SIG)

## NIVELES DE PRODUCCIÓN

	<b>BAJO</b>	(Menor de 50 t/ha)	Sup: 72.240 ha
	<b>MEDIO</b>	(Entre 57 y 75 t/ha)	Sup: 81.698 ha
	<b>ALTO</b>	(Mayor de 75 t/ha)	Sup: 38.230 ha
			<b>Superficie Total: 100.170 ha</b>



## El perfeccionamiento en el manejo de las malezas de los cañaverales permitió incrementar los rendimientos culturales del cultivo

Desde sus comienzos, la EEAOC contribuyó al manejo de malezas en la caña de azúcar. Los primeros aportes fueron diversas recomendaciones para el control mecánico de malezas, el estudio de la operación de nuevos aperos de labranza y la difusión de las primeras estrategias para el manejo de especies como el sorgo de Alepo, cuya propagación preocupaba a la Estación Experimental. En esta cuestión cabe recordar que la EEAOC recomendó al Ministerio de Agricultura de la Nación (MAN) la conveniencia de declarar al sorgo de Alepo como "plaga agrícola". El Gobierno nacional promulgó un decreto a este efecto en 1930. Luego, a pedido del Ministerio, la Estación Experimental preparó un informe especial sobre la extirpación del sorgo de Alepo, difundido como Publicación N° 942 de la Sección Propaganda, Publicaciones, Concursos y Exposiciones del MAN, lo cual constituyó una base a la intensa campaña nacional contra esta maleza.

Algunos ejemplos de la comunión de objetivos entre la institución y los productores de aquella época fueron el diseño de

equipos de labranza (como el cultivador EEAOC para caña planta) y el auxilio técnico para la importación de equipos que se utilizaban en los Estados Unidos (desboquilladores, azadones rotativos, paquetes de discos, etc.).

Sin duda, la aparición de los herbicidas fue el acontecimiento que dio origen al estudio de la Matología y en este sentido, la institución puede sentirse orgullosa por haber realizado las primeras experiencias de control químico en el país, cuando el Dr. William Cross, en 1934, evaluó al clorato de sodio para el control del sorgo de Alepo.

La dedicación de la EEAOC al control químico de malezas en caña de azúcar, a partir de 1970, motivó que la institución sea identificada como un referente en la materia. Los principales herbicidas utilizados aún hoy en ese cultivo fueron experimentados y difundidos por la EEAOC. Complementariamente, la organización de dos Coloquios (en 1972 y en 1974), las actividades de extensión y el desarrollo de sistemas de aplicación contribuyeron al progreso inicial de esta tecnología.

A partir de 1995, cuando se creó la sección específica dedicada al manejo de malezas, se continuó la transferencia tecnológica del uso y aplicación de herbicidas. También se continuaron las investigaciones sobre la aplicación de nuevos herbicidas y su toxicidad en la caña de azúcar.

La identificación temprana de nuevos problemas, como la gran expansión del área invadida por “tupulo” (una maleza problemática en nuestros cañaverales que surgió como consecuencia de la cosecha mecanizada de la caña de azúcar) facilita la contención y solución mediante nuevas fórmulas de herbicidas difundidas por la EEAOC.

Manteniendo la cooperación con los fabricantes de equipos de aplicación manual de herbicidas (hidroneumáticos), se resguarda el apoyo a esta industria dedicada al desarrollo de pulverizadores. Mediante esta tradición, la institución se ha convertido en un referente para la evaluación y presentación de los mismos. También ha trabajado de forma conjunta con la actividad privada en el diseño de equipos

para la aplicación segura de glifosato en caña de azúcar y ha recurrido a la incorporación de modernas técnicas biotecnológicas, para la obtención de variedades transgénicas tolerantes a dicho herbicida.

Actualmente la EEAOC ha logrado que se adopte, de forma generalizada en la provincia, el control químico pre-emergente de malezas en caña planta, mediante el desarrollo y la demostración en los semilleros fiscalizados distribuidos en toda la zona cañera local.

La incidencia del control químico en los costos de producción resulta tan significativa como la incidencia de las malezas en los rendimientos culturales (si no son controladas eficientemente). Estos aspectos de eficiencia económica han sido contemplados por la estructura técnica de la EEAOC, la cual ha participado en todos los adelantos tecnológicos en la especialidad. Actualmente, es el único equipo estatal del NOA dedicado a las investigaciones aplicadas para el manejo de malezas en caña de azúcar de la región.

---

*En páginas siguientes: imagen de una prueba en laboratorio para la selección de biotipos de caña de azúcar tolerantes a glifosato.*





## El “Estudio de Reconversión de la Agroindustria Azucarera en la Argentina” logró superar la crisis de la caída del precio de azúcar

A inicios de la década de 1990, la industria azucarera argentina estaba aun regulada por el Gobierno nacional, lo que significaba el establecimiento de cupos de producción y la fijación, en forma indirecta, del precio del producto final.

En 1991 este esquema fue revocado por el mismo Gobierno, generando una notable caída del precio del azúcar que alcanzó valores de quebranto de 0,18 US\$ el kilogramo. Se desató entonces una crisis muy grave para la cadena agroindustrial del azúcar, la cual provocó la quiebra de la mayoría de los ingenios y de muchos productores, quienes debieron retirarse de la actividad: de los trece mil cañeros independientes registrados en Tucumán a fines de la década de 1980, sólo sobrevivieron cinco mil.

Para comprender la gravedad de la crisis se debe recordar que la Argentina había pasado de ser un país con excedentes de producción, que abastecía su mercado doméstico, exportaba al mercado internacional y además producía alcohol para proveer de alconafita al mercado de combustibles, a ser un país importador de azúcar para satisfacer el consumo interno.

Esta difícil situación impulsó la necesidad de realizar un estudio de diagnóstico del sector para analizar las potenciales vías de solución de la problemática. Así, surgió un proyecto encomendado a la EEAOOC y organizado por el Grupo de Países Latinoame-

ricanos y del Caribe Exportadores de Azúcar (GEPLACEA) que se denominó “Estudio de Reconversión de la Agroindustria Azucarera en la Argentina”.

La ejecución del proyecto insumió dos años. Se realizó una evaluación de diagnóstico y se analizaron las alternativas tecnológicas y organizativas, basadas fundamentalmente en nuevos desarrollos tecnológicos y sistemas productivos que podían generar condiciones de alta eficiencia en la producción agrícola e industrial, para recuperar la rentabilidad de todos los eslabones de la cadena.

Entre las conclusiones más sobresalientes del estudio, realizado por los técnicos de la EEAOOC junto a otros profesionales invitados, se deben destacar las siguientes:

- Tucumán tenía un potencial mayor de producción de caña y azúcar.
- Era necesario incorporar modernas tecnologías en todas las etapas del proceso productivo.
- Resultaba imperioso modernizar los sistemas de cosecha y transporte para lograr mayor eficiencia y reducir drásticamente los costos.
- Se debía enfatizar la mejora y el cuidado de la calidad de la materia prima.

- Era necesario impulsar un sistema de servicios de plantación, cultivo y cosecha que permitiera realizar labores de manera oportuna, eficiente y con bajo costo.
- Era importante reorganizar y modernizar el parque de maquinarias de la zona cañera.
- Se debía intensificar la transferencia y difusión de las tecnologías ya disponibles.

Finalizado el proyecto, se inició un proceso de reconversión en la actividad que posibilitó avanzar rápida y eficazmente en las modificaciones del sistema productivo. Estas modificaciones permitieron, más tarde, incrementar la capacidad de producción de los cañaverales, mejorar la calidad de la materia prima y, especialmente, reducir de forma significativa los costos de producción.

En esos momentos fue muy importante la instrumentación del sistema de WARRANT, asociada a la concreción de los cambios tecnológicos. El sistema posibilitó disponer del financiamiento necesario para acometer la zafra y defender los precios del mercado interno. Como consecuencia de la implementación de las estrategias y de las tecnologías innovadoras propuestas por el “Estudio de Reconversión de la Agroindustria Azucarera en la Argentina”, la productividad y la rentabilidad del sector creció de prisa, lográndose incrementos sus-

tanciales en la producción de caña, y duplicándose prácticamente la cantidad de azúcar producida por unidad de superficie.

La nueva agroindustria, surgida a partir del Estudio de reconversión, marcó enormes diferencias estructurales y tecnológicas con la anterior, y evitó que Tucumán perdiera posición como zona cañera. En el año 1993, la producción de azúcar de Tucumán había caído a quinientas sesenta mil toneladas por año, en contraste con el millón seiscientos mil toneladas de azúcar por año estimadas para la zafra 2009.

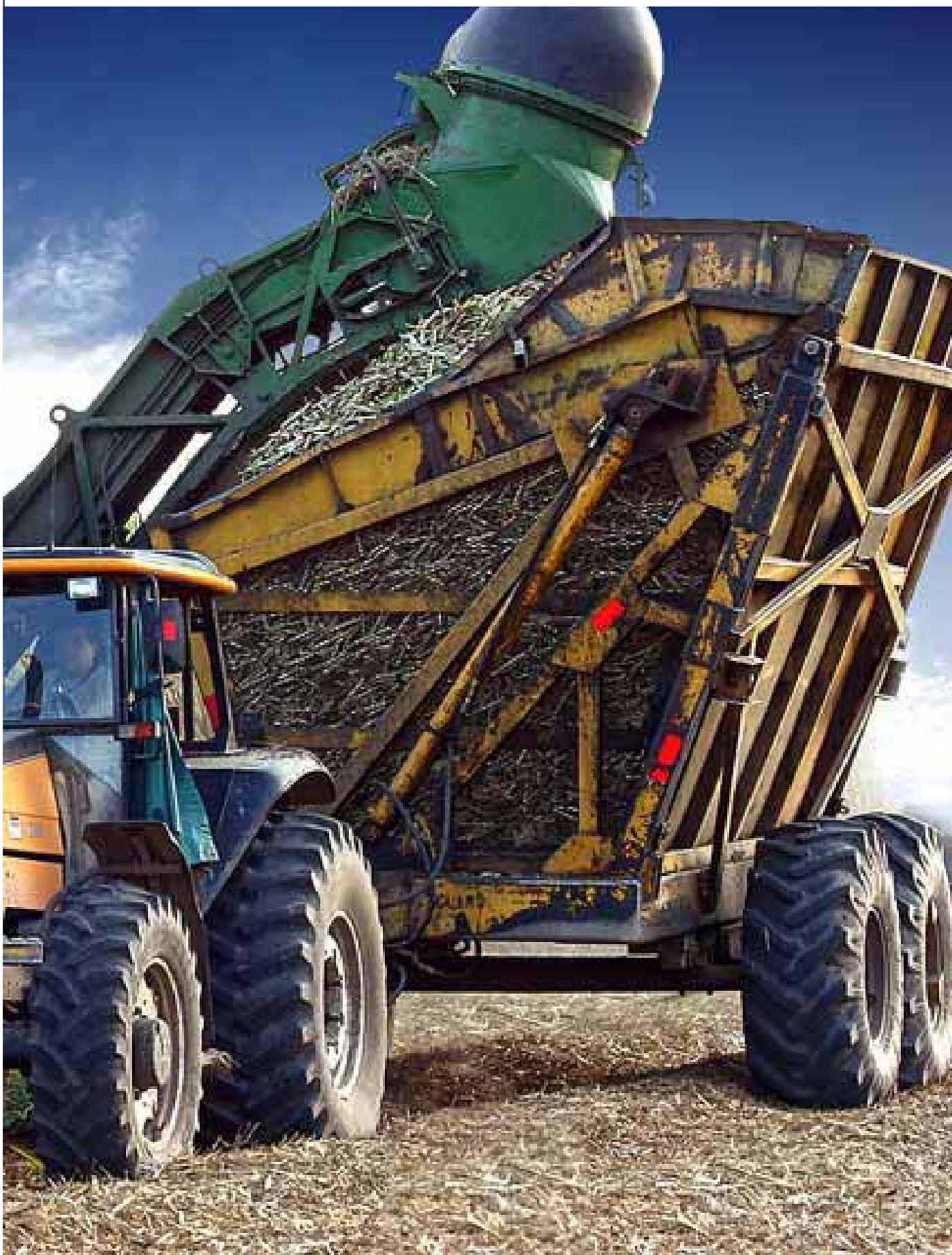
Los efectos benéficos de la transformación productiva encarada por la agroindustria de la caña de azúcar en Tucumán, generada por las propuestas estratégicas del estudio mencionado y sostenida en el tiempo por la continua labor de desarrollo tecnológico realizada por la EEAOC, permitieron consolidar a la agroindustria como productora de azúcar, e incluso analizar la contribución de productos bioenergéticos que el país requiere. Las principales medidas adoptadas en la transformación productiva fueron: la modernización del sistema de cosecha y transporte, y el mejoramiento de la calidad de la materia prima.

Si bien el Estudio se efectuó para todas las áreas cañeras del país, los cambios se percibieron de manera más enfática en Tucumán por ser ésta el área de mayor importancia en la producción azucarera a nivel nacional y, por lo tanto, el área más afectada por la crisis.

---

*En páginas siguientes: imagen de cosecha mecanizada. En la década de 1960, la zafra se realizaba de forma manual y absorbía más del 50% del costo total.*





***La modernización del sistema de cosecha y transporte permitió que se redujeran los costos de producción de la materia prima y los costos finales de la elaboración de azúcar***

Tal como se mencionó anteriormente, en los comienzos de la década de 1990 la industria azucarera argentina inició un proceso de transformación cuyo objetivo fundamental fue alcanzar niveles de costo de producción de azúcar compatibles con la marcada y sostenida disminución de precios de azúcar en el mercado interno. La principal causa de esta declinación en los precios fue la necesidad de adaptarse a la integración económica regional, la cual incluía al primer productor de azúcar del mundo.

La reestructuración del sector exigió un aumento significativo de la eficiencia de producción, tanto en la etapa primaria del campo como en la etapa posterior de proceso industrial. Para mejorar la productividad de la caña de azúcar se impusieron metas muy exigentes en la reducción de costos de las labores y, al mismo tiempo, en el crecimiento de la producción de azúcar por hectárea. Bajo estas circunstancias comenzó una etapa de cambios en la agroindustria de la caña de azúcar donde la tecnología jugó un papel fundamental.

Debido a que la cosecha y el transporte de la materia prima resultaban los componentes más significativos del costo de producción de caña de azúcar, se puso especial énfasis en la optimización de esas etapas del sistema productivo. La EEAOOC acompañó el proceso de transformación mediante la realización de una serie de experiencias y evaluaciones técnico-económicas, cuyos resultados permitieron definir ventajas evidentes y corregir algunas limitaciones para que tuvieran una amplia difusión en la zona cañera.

La modernización del sistema de cosecha y transporte permitió una considerable reducción de los costos de producción de la materia prima, que posibilitaron a su vez una significativa reducción de los costos finales en la elaboración de azúcar.

Las mejoras técnicas incorporadas a las cosechadoras integrales de última generación ocasionaron una reducción significativa de los costos de la cosecha al posibilitar progresos en la velocidad de trabajo, en la capacidad operativa, en la eficiencia de recolección y limpieza, en la vida útil y en las necesidades de mantenimiento. Todo esto permitió que los costos operativos actuales por tonelada de materia prima sean muy inferiores a los costos que se obtenían años atrás.

La utilización de los equipos de auto-vuelco disminuyó los daños sobre el cañaveral, a la vez que posibilitó que el frente pudiera continuar funcionando durante un tiempo adicional en condiciones de falta de piso por exceso de humedad en el suelo.

Por otra parte, el incremento de la capacidad de carga de los equipos de transporte redujo en forma significativa los costos. También fomentó una mejor organización en la recepción de la materia prima, y generó una reducción significativa de los tiempos de descarga, lo cual resulta importante para la adecuada conservación y calidad de la caña.

Todos estos resultados han permitido que se cosecharan con el nuevo sistema hasta el 85% de los cañaverales. Así, la agroindustria ha alcanzado una mejora significativa de la productividad y, junto a otras importantes innovaciones tecnológicas incorporadas, ha accedido a niveles de rentabilidad apropiados, aún en las condiciones de alta exigencia de los mercados en los que participa la producción de azúcar argentina.

---

*La generalización de la cosecha mecanizada, el empleo de sistemas de transporte más eficientes y de menor costo, y la continua incorporación de mejoras organizativas y tecnológicas, contribuyen significativamente a la sostenibilidad de nuestro sistema productivo.*



***Calidad de la materia prima: las estrategias para mejorar la calidad contribuyeron significativamente al incremento de la competitividad de la agroindustria azucarera***

En Tucumán se han conquistado avances muy importantes en la recuperación de azúcar y en la reducción de costos mediante el ajuste y la corrección de las ineficiencias detectadas durante el proceso de producción de la caña de azúcar. Estos logros se han obtenido gracias a una organización adecuada y también a una mejor coordinación y control de distintas operaciones, siendo estas estrategias las que aseguran un mayor aprovechamiento del azúcar que se forma en el campo. El logro de una zafra ordenada y eficiente ha sido una meta propuesta por todos los sectores de la actividad agroindustrial, en el camino para alcanzar altos rendimientos fabriles.

Estos aspectos han sido una prioridad para la EEAO en los últimos veinticinco años y se encuentran contemplados en la ejecución del proyecto "Calidad de la Materia Prima y Producción de Azúcar". El

proyecto se orienta a definir las mejores prácticas de manejo que contribuyan a la optimización de la aptitud de las materias primas y de la producción de azúcar por unidad de superficie.

Dentro de este marco se realizaron numerosas investigaciones con el propósito de identificar y cuantificar (en las etapas de programación, cosecha, poscosecha y procesamiento) las consecuencias de los principales factores responsables de pérdidas de azúcar: el nivel de maduración, las pérdidas de materia prima en campo, el contenido de materias extrañas, la quema, el estacionamiento y las heladas.

Además, sobre una base de información disponible, se desarrolló un modelo matemático capaz de estimar las pérdidas de azúcar ocurridas durante los procesos de cosecha y transporte de caña en Tucumán. El modelo fue presentado tanto en el ámbito local como en el exterior, desarrollándose luego (en el año 2001) un programa informático de libre acceso.

El software integra, de forma interactiva y en un solo sistema, numerosas funciones de pérdidas de azúcar determinadas en los



estudios realizados anteriormente. También considera distintos sistemas de cosecha, diferenciando la eficiencia de recolección y limpieza de cada uno de ellos, la importancia de la altura de despuntado, las consecuencias en el proceso fabril de las materias extrañas, la incidencia del estacionamiento, los efectos de la quema del cañaveral y de la ocurrencia de heladas.

A su vez, el modelo estima la cantidad de azúcar que se pierde en la cosecha de caña según las condiciones que le indica el usuario, y expresa los resultados en unidades de peso, como porcentajes de pérdidas por tonelada de caña o por hectárea. También discrimina las pérdidas de azúcar provocadas por cada factor, y cuantifica la influencia total de las heladas como incidencia relativa en los distintos factores externos. El sistema provee una planilla que resume las entradas y los efectos, y construye gráficos de barras para visualizar los resultados.

De esta manera, el software ha facilitado la elaboración de diversos análisis dinámicos, utilizando datos reales o históricos, y la simulación de diferentes escenarios. Ha demostrado ser suma-

mente útil en el armado de programas de cosecha, en su posterior monitoreo y, en caso de heladas u otros inconvenientes, en su reprogramación.

En los últimos años se ha continuado con los estudios y monitoreos de aspectos asociados a mejoras en la planificación de la zafra, a la cuantificación de los efectos negativos de las heladas y a los criterios de manejo destinados a minimizar su impacto.

Estas tareas estuvieron acompañadas por una intensa actividad de transferencia y difusión de las estrategias para modificar el desarrollo de la zafra y mejorar la recuperación de azúcar en la implantación y manejo cultural de cañaverales, en la cosecha y transporte de la materia prima, en la utilización de tecnologías que incrementen los rendimientos fabriles, etc. Las investigaciones y las actividades de difusión han alcanzado resultados concretos en la zafra del año 2006, en la que se obtuvo un récord histórico de rendimiento fabril en la zona azucarera de Tucumán: 11,21%.

---

*El proceso de investigación obtuvo resultados concretos en la zafra de 2006, cuando alcanzó un récord histórico de rendimiento fabril: 11,21%*



## Caña verde: implementación de sistemas productivos más sustentables a nivel económico, ambiental y social

La actividad cañera internacional se orienta, de manera progresiva, a implementar sistemas productivos más eficientes, más sustentables y menos agresivos para el medio ambiente y la sociedad. Evitar la quema de cañaverales implica extender la cosecha en verde y, a su vez, implementar sistemas de manejo que incluyan el mantenimiento de los residuos de cosecha en el campo u otras alternativas de aprovechamiento cuando su conservación resulte inconveniente.

La provincia de Tucumán no se ha mantenido al margen de este fenómeno y, en consecuencia, la EEAOC ha desarrollado significativos aportes a la agroindustria.

Uno de sus principales proyectos de investigación en caña de azúcar se ha orientado a desarrollar, adaptar y transferir distintas estrategias agronómicas de manejo. Las mismas procuran reducir el impacto ambiental (eliminación de la quema, reemplazo de fertilizantes sintéticos, uso agrícola de efluentes, etc.) y difundir la implementación de sistemas productivos sustentables en base a la cosecha en verde y al aprovechamiento de los residuos de cosecha.

En el año 1990 se iniciaron las primeras actividades en este sentido, las cuales evaluaban diferentes sistemas de cosecha, los efectos de la quema y la potencialidad de la cosecha en verde. Desde 1995 se ha trabajado en la evaluación y monitoreo de las cosechadoras integrales de nueva generación, especialmente en lo que se refiere a la valuación de su desempeño operando en condiciones de caña verde. Se han realizado significativos aportes al desarrollo de equipos aptos para la aplicación de fertilizante y para la ejecución simultánea de labores de labranza vertical, en cañaverales con cobertura de

rastraje. También se estudiaron y cuantificaron los distintos aspectos operativos y económicos involucrados en la mecanización de la cosecha y el cultivo de caña verde.

Además, se han llevado a cabo numerosos estudios sobre la influencia de la cobertura de rastrojos, en las condiciones de los suelos (especialmente temperatura y humedad) así como en la emergencia, crecimiento y productividad del cultivo de la caña de azúcar.

En los últimos años se efectuaron valiosas contribuciones para el manejo del cultivo y las pautas de fertilización de la caña de azúcar bajo cobertura de residuos. Asimismo, se estudió e informó sobre las malezas en el cultivo de caña de azúcar, su dinámica, las pérdidas que ocasionan y las posibles estrategias de control, como el uso de sensores remotos para identificarlas y manejarlas.

También se estudió la incidencia de la cobertura de residuos en el comportamiento de las plagas que afectan a la caña de azúcar, especialmente las relacionadas al "gusano perforador de la caña de azúcar" y al "gusano perforador del brote".

Una demostración de la repercusión del trabajo de la EEAOC en esta materia fue su activa participación en la organización y ejecución del VIII Taller de la Sociedad Internacional de Tecnólogos Azucareros (ISSCT), Sección Ingeniería Agrícola, denominado: "Mejora de la productividad de la Caña de Azúcar bajo condiciones de manejo sin quema". El mismo fue realizado en nuestra provincia durante el mes de septiembre de 2006, y en él participaron los más destacados expertos y profesionales de las principales zonas azucareras del mundo.

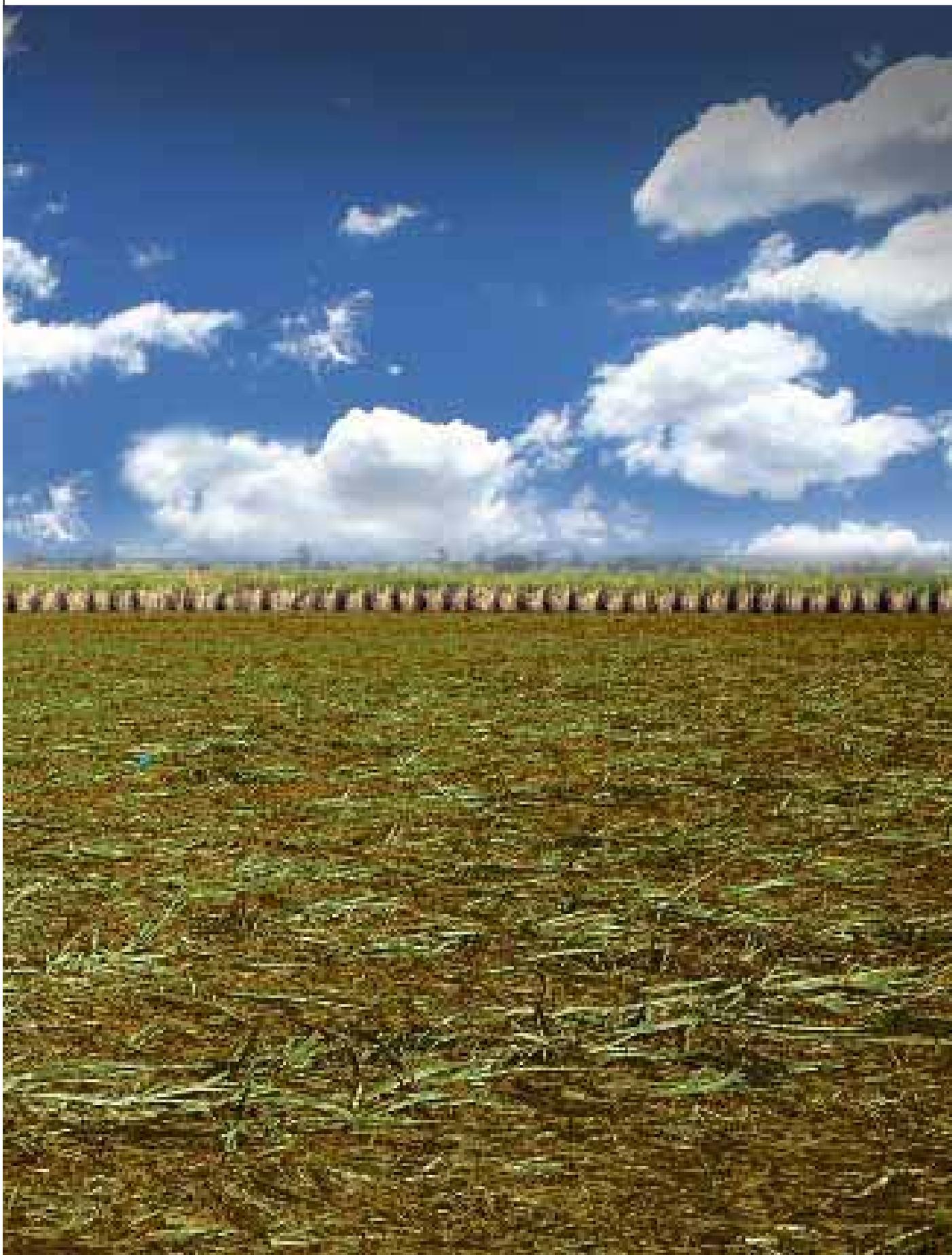
---

*Imagen de la pérdida del contenido sacaroso de la caña de azúcar, debido a la práctica de la quema.*

*En páginas siguientes: la EEAOC trabaja activamente en la generación e implementación de las mejores estrategias de manejo que permitan la eliminación de la quema, para asegurar la sustentabilidad de los recursos ambientales y mejorar la rentabilidad del sistema productivo.*







## EPÍLOGO

### En la última década, gracias a los aportes de la EEAOC, el rendimiento de azúcar por hectárea aumentó un 70%

En sus cien años de vida, la EEAOC puso especial énfasis en el desarrollo de soluciones para los problemas productivos, y se comprometió responsablemente con el incremento de la rentabilidad del sector mediante la investigación y el desarrollo tecnológico.

La agroindustria de la caña de azúcar ha sido uno de los pilares del desarrollo económico y social de Tucumán. Por este motivo, el objetivo permanente de la EEAOC ha sido posicionar al sector productivo entre los sectores más avanzados del conocimiento tecnológico internacional.

Desde sus inicios, ha contribuido en la mejora de las variedades de caña de azúcar (uno de sus propósitos fundamentales) mediante la liberación al medio productivo de nuevos cultivares, los cuales permitieron solucionar graves crisis sanitarias y elevar progresivamente los niveles de producción y de calidad de la materia prima, manteniendo a la agroindustria en excelentes condiciones de competitividad.

Las innovaciones tecnológicas que se desarrollaron en la EEAOC, referidas al manejo de diferentes etapas de producción (como la

plantación, el cultivo, la cosecha y el transporte), han favorecido el crecimiento de la agroindustria de Tucumán y del país en términos de productividad, y han sostenido el abastecimiento de mercados nacionales e internacionales de su principal producto: el azúcar. Por otra parte, esos desarrollos también generaron avances en procesos de diversificación ya que permitieron obtener, además, productos energéticos como el alcohol y la cogeneración de energía eléctrica.

La evolución de la productividad en Tucumán estuvo estrechamente ligada a la EEAOC, ya que se concretaron incrementos sustanciales mediante los desarrollos tecnológicos que la misma incorporó al sector productivo. Los registros históricos reflejan esta evolución. En la década de 1980, la producción promedio fue de 2.960 kilos de azúcar por hectárea. En el período que se inició en el año 2000, la producción promedio dio un salto significativo, pasando a 5.870 kilos de azúcar por hectárea. Finalmente se alcanzó un récord absoluto de 7.780 kilos de azúcar por hectárea en la zafra del año 2006.

---

*En la zafra del año 2006 se alcanzó un récord absoluto de 7.780 kilogramos de azúcar por hectárea.*

