

CAPÍTULO 1 |

LA CAÑA DE AZÚCAR Características y ecofisiología

Autores

Eduardo R. Romero

Jorge Scandaliaris

Patricia A. Digonzelli

M. Fernanda Leggio Neme

Juan A. Giardina

Juan Fernández de Ullivarri

Sergio D. Casen

M. Javier Tonatto

Luis G. P. Alonso

LA CAÑA DE AZÚCAR

Características y ecofisiología



INTRODUCCIÓN

La caña de azúcar constituye el cultivo sacarífero más importante del mundo, responsable del 70% de la producción total de azúcar. Este cultivo se extiende a lo largo de los trópicos y subtropicos, entre los 36,5° latitud Norte (España) hasta los 31° latitud Sur (Uruguay, Australia). Su capacidad productiva varía, entre las zonas cañeras tropicales y subtropicales, de 40 a 150 t/ha de caña y de 3,5 a 15 t/ha de azúcar.

La producción de caña de azúcar en la Argentina se concentra en tres zonas: Tucumán, el Norte (Salta y Jujuy) y el Litoral. Actualmente funcionan 23 ingenios azucareros, de los cuales 15 están concentrados en Tucumán, tres en Jujuy, dos en Salta y tres en el Litoral (dos en Santa Fé y uno en Misiones).

Tucumán es la región más importante con una participación del 60-65% en la producción nacional de azúcar, el Norte aporta un 35% y el Litoral un 1%.

En el área cañera de Tucumán se cultivan alrededor de 217.000 ha, pero con una superficie potencial de 300.000 ha. La producción de azúcar de Tucumán ha venido creciendo hasta alcanzar un máximo de 1.524.000 t en el 2006.

Las innovaciones tecnológicas adoptadas por el sector, las mejoras en el manejo de los cañaverales, la incorporación de variedades, el uso de madurativos y de semilla saneada, entre otras, generaron incrementos importantes en la productividad, lo que se revela al comparar el rendimiento cultural promedio, en el período 1990-2008. En 1990 el rendimiento cultural promedio era de 26,80 toneladas de caña por ha con una producción de 2.445 kg de azúcar por ha. En el 2008 se cosecharon 219.130 ha y el promedio fué 64,52 toneladas de caña por ha.

CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS DE LA CAÑA DE AZÚCAR

En la Figura 1 se esquematizan los principales factores que interactúan en la definición de la capacidad productiva del cultivo en las condicio-

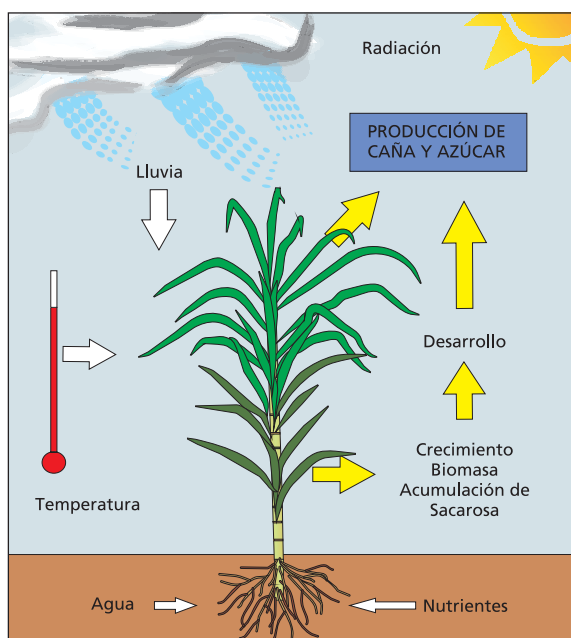


Figura 1: Factores que interactúan en la productividad de la caña de azúcar.

nes de Tucumán, con un ciclo anual de producción. El ambiente (suelo y clima) genera el marco en el que se desarrolla y crece el cultivo, definiendo las limitaciones y disponibilidades de recursos agroecológicos dentro de los cuales se debe implantar, cultivar y producir la caña de azúcar.

Resulta por lo tanto de fundamental importancia un conocimiento detallado de sus características generales y particulares para evaluar las posibilidades productivas, como también para efectuar una correcta elección de las prácticas de manejo a implementar.

La tecnología (manejo y genotipo) por su parte, buscará minimizar las limitaciones agroecológicas que afectan la productividad del cultivo, favorecer el óptimo aprovechamiento de los recursos ambientales disponibles, maximizar la eficiencia técnico-económica del sistema productivo y conservar el ambiente. Una elección acertada de estrategias de manejo estrechamente asociadas y adaptadas a las características del agroecosistema,

será la base para obtener una producción agrícola sostenida.

Los rendimientos a obtener dependerán de la participación interactiva de los distintos componentes del rendimiento, cuya magnitud se define a través de los eventos fenofisiológicos que acontecen durante el ciclo de cultivo y de sus interacciones con los recursos ambientales, el manejo suministrado y el potencial productivo del genotipo. Pero la producción final de azúcar también depende de la influencia de los factores ambientales durante la zafra y de la eficiencia con que se realice la cosecha y el procesamiento.

REQUERIMIENTOS AMBIENTALES

Este cultivo está adaptado a un amplio rango de climas tropicales y subtropicales. No tolera temperaturas de congelamiento (bajo 0°C) y el crecimiento prácticamente cesa por debajo de los 10-12°C.

Suelos: crece satisfactoriamente en una gran variedad de tipos de suelos, pero los más adecuados son los de textura franca o franco-arcillosa, bien drenados y los suelos aluviales de textura mediana. Toleran un amplio rango de acidez y alcalinidad del suelo y pueden obtenerse altas producciones en suelos con pH entre 5 y 8. Con pH menores a 5 y mayores a 8, la acidez del suelo y los problemas de alcalinidad y salinidad, se convierten en factores limitantes de la producción. Requiere además, suelos provistos de suficientes cantidades de nutrimentos o de buena fertilidad ya que es un cultivo que extrae grandes cantidades de nitrógeno, potasio y silicio.

Las condiciones ideales para el crecimiento de este cultivo serían las que cuenten con períodos primavera-estivales con temperaturas elevadas y sostenidas durante el lapso más prolongado posible y con lluvias que satisfagan su evapotranspiración.

Régimen térmico: es importante destacar que cada fase de crecimiento tiene requerimientos diferentes. La brotación se inicia o activa con temperaturas superiores a 10°C pero hasta los 16-18°C la velocidad es baja, generalizándose con valores mayores a 20°C. Las temperaturas óptimas de brotación y macollaje fluctúan entre los 28-32°C. Es de interés destacar que los valores citados presentan diferencias varietales, y también están en fun-

ción de la disponibilidad hídrica.

En cuanto al período de gran crecimiento, temperaturas inferiores a 16-17°C afectan el crecimiento vegetativo, manifestando su óptimo término entre 28-35°C. Esta sacarífera puede soportar temperaturas máximas entre 45-50°C, pero provocan retrasos en el crecimiento.

Indudablemente la duración del período con condiciones térmicas adecuadas influye significativamente en la capacidad productiva del cañaveral, si bien la selección de variedades adaptadas y un manejo adecuado a regiones agroecológicas definidas pueden reducir en cierta medida la desventaja de las zonas cañeras subtropicales.

Radiación solar: es otro factor importante, no solo por sus efectos indirectos (variaciones térmicas, evapotranspiración, etc.), sino fundamentalmente por su incidencia en la actividad fotosintética, la que determinará el nivel de crecimiento y la acumulación de materia seca. En general, intensidades crecientes de radiación lumínica se asocian con incrementos en la producción cultural y de azúcar por unidad de superficie, ya que este cultivo ha evidenciado ser de las especies más eficientes en responder a elevadas intensidades lumínicas.

Disponibilidad hídrica: es otro factor decisivo en el crecimiento de la caña de azúcar. Al ser un cultivo de gran capacidad de producción de material vegetal por unidad de superficie, involucra altos requerimientos de agua, ya que para construir un gramo de materia seca de tallo molible requiere 0,5 L de agua y con igual cantidad de agua se acumulan de 0,25-0,40 g de sacarosa. Si bien se cultiva caña a secano en zonas desde 700 a 2000 mm anuales, las mejores producciones se obtienen en los ambientes que satisfacen adecuadamente sus necesidades hídricas. Para Tucumán se estima una evapotranspiración máxima de 1250-1400 mm para un ciclo de 10-12 meses, valor orientativo coincidente con el citado por la bibliografía internacional de entre 1300-1600 mm para cañaverales de ciclo anual. El consumo varía en cada fase de crecimiento, presentando el máximo requerimiento durante el período de gran crecimiento (diciembre-marzo). Cuando la humedad edáfica en las capas superficiales del suelo es deficiente, la evapotranspiración actual es fuertemente limitada por el desarrollo radicular y por el des-

arrollo del canopeo. Si el cierre del cañaveral es completo, la evapotranspiración actual es similar a la máxima hasta que el cultivo consume el 60-70% del agua fácilmente extraíble del suelo. Por debajo de este nivel, el cultivo soporta deficiencias hídricas crecientes.

Factores que inciden sobre la calidad de la materia prima: es decir los que afectan la maduración y la cosecha. En términos generales una estación otoño-invernal de baja humedad atmosférica y edáfica, bajas precipitaciones, alta insolación, amplitud térmica y temperaturas frescas, pero libre de heladas, serían las condiciones óptimas para lograr un elevado contenido de sacarosa y favorecer una alta eficiencia de la cosecha y el transporte de la materia prima. Estudios efectuados en Tucumán por la Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres (EEAOC), destacan que la frecuencia de temperaturas mínimas entre 13-16°C durante mayo se asocian con mejoras del nivel de sacarosa, pero la frecuencia de temperaturas mínimas menores a 9°C en dicho período, afecta el rendimiento sacarino. Por supuesto que temperaturas inferiores a 0°C inciden negativamente en la calidad, reduciendo su aptitud fabril. Lluvias de importancia o una elevada humedad edáfica durante los meses de otoño e invierno retrasan la maduración y provocan problemas en la cosecha y el transporte.

FASES FENOLÓGICAS

En la Figura 2 se representan las fases que caracterizan el desarrollo y crecimiento de la caña de azúcar, según la siguiente clasificación:

- A.-Emergencia y establecimiento de la población inicial de tallos (Brotación).**
- B.- Macollaje y Cierre del cañaveral.**
- C.-Determinación del rendimiento cultural.**
- D.-Maduración y definición de la producción de azúcar. (Período de Gran Crecimiento)**

A.- Fase de Emergencia y establecimiento de la población inicial de tallos

Tradicionalmente denominada *Brotación*. Entre los principales sucesos fenológicos que definen esta fase, se destaca la emergencia sucesiva y el mantenimiento temporal (etapa de estabilización) de tallos primarios, caracterizados por mantener una altura mínima mientras incrementa el número

de hojas verdes por tallo.

El éxito de esta fase radica en la magnitud, ritmo y uniformidad de la emergencia, como también en el logro de una adecuada distribución espacial de los tallos primarios en el surco. Emergencias pobres y prolongadas afectarán el cumplimiento efectivo de las siguientes fases y finalmente la producción del cañaveral.

Las limitaciones para discriminar en campo las fases de emergencia y macollaje, están posiblemente explicadas por la baja frecuencia con que usualmente se realizan los recuentos (cada 20-30 días), restricción que se agudiza en condiciones externas adecuadas, al acelerarse su desarrollo.

B.- Fase de Macollaje y Cierre del cañaveral

El *Macollaje* es una fase de gran importancia en la definición del rendimiento, ya que en su transcurso se establece el número potencial de órganos cosechables.

Su principal característica es el rápido aumento de la población total de tallos (Figura 2). La altura media de la población se mantiene estable hasta la mitad de esta fase, para luego registrarse un drástico cambio en el ritmo de elongación, que coincide con la finalización del macollaje y el cierre del cañaveral.

El número de hojas verdes por tallo no aumenta de manera significativa hasta la segunda mitad del macollaje, mientras que la cantidad total de hojas verdes por metro de surco o de unidad de área, debido al incremento de la población de tallos, prácticamente duplica el valor alcanzado al término de la fase de emergencia.

El ritmo de expansión del canopeo resulta favorecido por los significativos cambios que se registran en las dimensiones de las láminas foliares, aspectos que en conjunto provocan un aumento significativo del índice de área foliar (IAF), posibilitando de esta manera el *Cierre del cañaveral* que coincide con el término de la fase de macollaje. El Cierre constituye un estadio fenológico predecible y de gran importancia para el manejo del cultivo.

Si bien la radiación solar incidente (intensidad y calidad) ejerce un rol central en la regulación del macollaje, otros factores adquieren una influencia destacable como el régimen térmico, la disponibilidad de agua y nutrientes (especialmente el nitrógeno), las características del cultivar, la competencia con malezas y los efectos de plagas y enfermedades, entre otros.

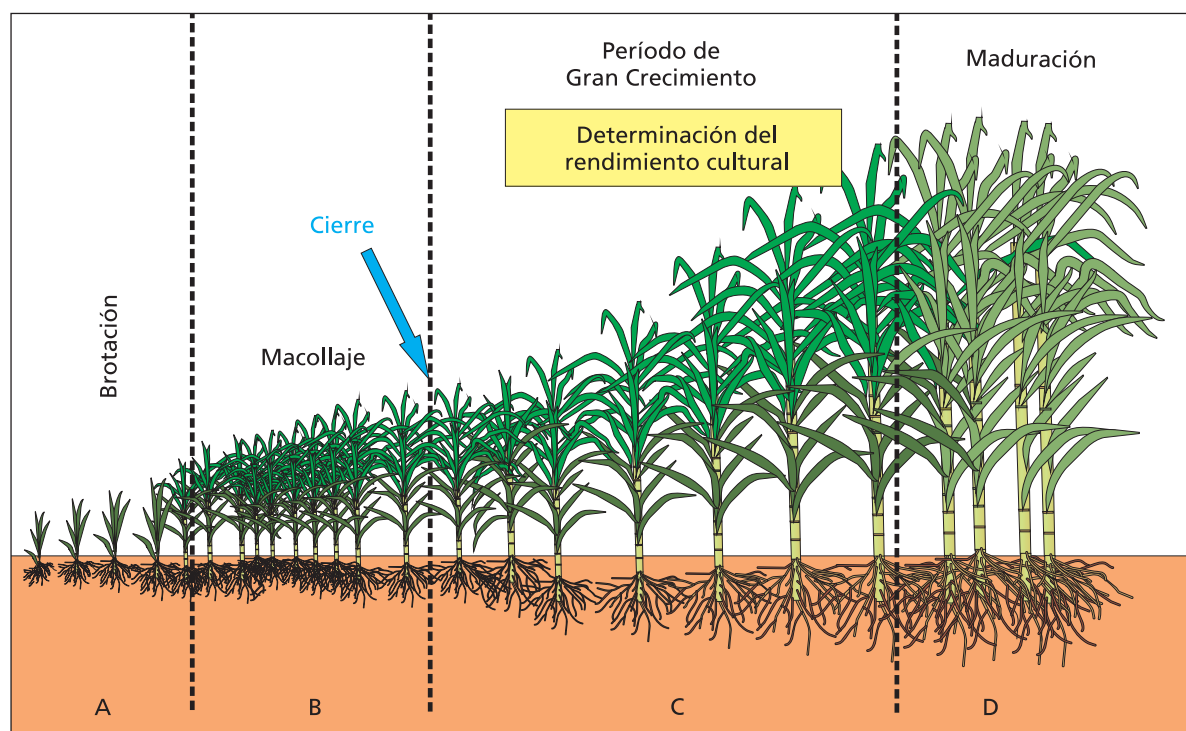


Figura 2: Fases fenológicas de la caña de azúcar.

Además, durante esta fase ocurre la generación del sistema radicular adventicio y definitivo del cañaveral.

C.- Fase de determinación del rendimiento cultural

El nombre tradicional de esta fase es el de *Período de Gran Crecimiento*. Durante ella se define la producción de caña al determinarse la población final de tallos molibles y, en gran medida, el peso fresco por tallo. Además, se inicia el almacenamiento de azúcar en los entrenudos que van completando su desarrollo. En esta fase el cultivo expresa la máxima respuesta a los factores ambientales y de manejo.

Entre los eventos fenológicos que ocurren, se destacan los incrementos notables en altura y peso fresco de los tallos, la expansión del área foliar y la mortalidad que se registra en la población de tallos, componente básico en la determinación del rendimiento cultural.

Con el Cierre del cañaveral (finalización de la fase anterior) se desencadena una condición de severa competencia que deriva en la muerte de tallos, por lo que ocurre una disminución significativa de la población establecida al término del Macollaje.

Los porcentajes de mortalidad registrados pueden variar entre un 25 y 70%, resultando el porcentaje de mortalidad más frecuente entre un 45-50%. Esta variabilidad depende de la influencia de numerosos factores genéticos, ambientales y de manejo. Posteriormente, la población muestra una estabilización hasta la cosecha, quedando así definido el número final de tallos molibles.

Indudablemente, el ritmo intenso de crecimiento se sustenta en el significativo aumento que simultáneamente se registra en el número de hojas verdes por tallo, que alcanza su máximo valor (8-12 hojas verdes/tallo) al término de esta fase. Por ésta razón el IAF no resulta mayormente afectado por la brusca disminución de la población de tallos. Además, se registra el aumento de las dimensiones foliares y del área foliar por tallo. Los aspectos señalados permiten que el cultivo alcance y mantenga su IAF máximo, como también el máximo ritmo de incremento del peso fresco y de acumulación de biomasa.

La fecha de inicio, su intensidad y la duración de esta fase dependen estrechamente del comportamiento de los factores ambientales, que resultan definidos en gran medida por la época de plantación y/o de cosecha en el ciclo anterior y por el manejo suministrado.

Sin dudas, para optimizar el aprovechamiento de los recursos ambientales y de manejo disponibles durante esta fase, adquiere una sustancial importancia el cumplimiento efectivo y rápido de las fases de emergencia y macollaje.

D.- Fase de maduración y definición de la producción de azúcar

En esta fase se define el contenido final de sacarosa en los tallos y la producción de azúcar por unidad de área. Su ocurrencia se relaciona con una progresiva disminución del ritmo de elongación caulinar y el mantenimiento temporal de un área foliar fotosintéticamente activa, si bien su magnitud disminuye progresivamente asociada con la senescencia.

En el ritmo del envejecimiento foliar influyen la disponibilidad de agua, de nutrientes, la radiación solar incidente y en gran medida el comportamiento térmico, resultando agudizado por la ocurrencia de bajas temperaturas.

Los cultivares constituyen un factor intrínseco de gran importancia en la maduración, registrándose entre ellos diferencias en la modalidad y en la producción de azúcar por ha.

TECNOLOGÍAS DISPONIBLES

En la Tabla 1 se presentan las principales tecnologías disponibles para mejorar la capacidad productiva, la fase del ciclo en que deberán implementarse y los efectos más importantes que provocan en el crecimiento y desarrollo del cultivo.

Tabla 1: Tecnologías disponibles en Tucumán para incrementar la capacidad productiva según fase del cultivo en que se las implemente y los efectos que producen en el cultivo.

Fase	Factores de manejo	Efectos observados
I Emergencia y macollaje	• Sistematización y preparación de suelos; época de plantación y/o corte; elección de cultivares; selección y tratamiento de caña semilla; laboreo, etc. • Diseño de Plantación: Surcos de base ancha. • Control de Malezas. • Riego. • Fertilización. • Plagas y enfermedades.	a.- Establecimiento de una alta población inicial de tallos: • Aumento del porcentaje y de la velocidad de brotación. • Inicio temprano del macollaje y mayor producción de tallos secundarios. • Mejor distribución espacial. b.- Cierre temprano y rápido inicio de la fase siguiente • Alta tasa de desarrollo. • Altas tasas de crecimiento radicular, foliar y caulinar.
II Crecimiento activo	• Fertilización (aplicación en fase I) • Riego. • Plagas y enfermedades. • Malezas (ejecución fase I)	a.- Altas y sostenidas tasas de crecimiento del cultivo: • Asegurar una óptima disponibilidad hídrica y nutricional. • Mantener una elevada población de tallos • Máximo aprovechamiento de las condiciones ambientales naturales del verano. b.- Lograr un inicio temprano de la fase siguiente.
III Maduración	• Elección de Cultivares (distribución por tipo madurativo) • Otros: Regulación del riego y fertilización en dosis y época adecuada. • Maduración química.	• Máxima expresión del potencial azucarero de los genotipos disponibles. • Inducir una reducción de la tasa de elongación de tallos. • Aumentar la tasa de almacenamiento sacarosa. • Mantener la actividad fotosintética. • Disminuir el contenido hídrico de tallos. • Mejorar la calidad fabril de la materia prima.
IV Cosecha	• Adecuada planificación de zafra. • Optimizar la eficiencia de los sistemas de cosecha. • Minimizar las pérdidas de azúcar. • Capacidad para reordenar el programa de cosecha por efectos de heladas.	• Encadenar la maduración de los distintos cultivares y edades de los cañaverales. • Lograr bajos niveles de estacionamiento, de trash y pérdidas de materia prima. • Despuntar en un óptimo nivel. • Minimizar las pérdidas de azúcar y materia prima por efecto de heladas.



CAPÍTULO 2 |

CARACTERÍSTICAS DE LOS SUELOS PARA CAÑA DE AZÚCAR Recomendaciones de manejo

Autores

G. Agustín Sanzano

Guillermo S. Fadda

CARACTERÍSTICAS DE LOS SUELOS PARA CAÑA DE AZÚCAR

Recomendaciones de manejo



INTRODUCCIÓN

El cultivo de la caña de azúcar se extiende por distintas regiones agroecológicas de la provincia de Tucumán. Cada una de ellas posee características fisiográficas, climáticas y edáficas particulares, lo que genera diferentes condiciones y aptitudes para el cultivo.

En este capítulo prestamos especial atención a los suelos y a otros factores estrechamente relacionados como el relieve y la condición climática.

Las distintas características y cualidades del recurso edáfico pueden ser determinantes de potenciales productivos diferenciales, pueden afectar de distintas maneras los costos de producción, ordenamiento y conservación, a través de las distintas exigencias de manejo que ellas plantean.

De allí la importancia para los técnicos y productores cañeros de tomarlas en consideración para decidir la adopción de la tecnología de manejo más apropiada para cada situación particular.

A tal fin se describirán las características más importantes de los suelos de cada región agroecológica ocupada por el cultivo de la caña de azúcar y se brindarán una serie de recomendaciones de manejo de los suelos que se consideran apropiadas para las características fisiográficas y edafoclimáticas de cada región.

Tomando como información de base el Bosquejo Agrológico de la Provincia de Tucumán de Zuccardi y Fadda, más del 90% del área cañera de Tucumán se extiende en las Regiones del Pedemonte, la Llanura Deprimida y la Llanura Chaco-pampeana (Figura 1).

SUELOS DE LA REGIÓN DEL PEDEMONTE

Los suelos dominantes del área son de origen aluvial, bastante heterogéneos texturalmente, pero con predominio de las texturas medias y

gruesas, y en algunos casos con presencia importante de gravas y guijarros en el perfil.

Son suelos bien drenados, a excesivamente drenados en el caso de texturas muy gruesas o con gravas. La reacción química de los suelos es moderadamente ácida (pH 5,5 a 6,5).

También existen en esta región suelos desarrollados sobre materiales originales eólicos, más homogéneos texturalmente que los anteriores, con predominio de texturas más finas, y que suelen presentar un horizonte subsuperficial con acumulación de arcilla. En general son de textura franca o franco limosa en la capa superficial y franco arcillosa o franco arcillo limosa en profundidad. La reacción química de los suelos es de moderadamente ácida a neutra (pH 5,8 a 7).

Tanto los suelos aluviales como los de origen eólico presentan un contenido moderado a alto de materia orgánica, en general con escasas limitaciones para el cultivo de la caña de azúcar.

Desde el punto de vista de la fertilidad química, se identifican en la región algunos suelos que ocupan escasa extensión, de textura arenosa, ácidos, con bajos contenidos de bases intercambiables, en los que se han encontrado respuestas a la fertilización potásica en caña de azúcar.

Debido a su escasa capacidad de almacenamiento de agua, los suelos excesivamente drenados de texturas gruesas y/o con presencia de gravas en el perfil, pueden generar condiciones de sequía estacional en el cultivo.

Limitaciones y manejo

Las principales limitaciones en la región del pedemonte son, en la mayor parte de los casos, más topográficas que edáficas.

La mayor parte de la región presenta un relieve de normal a excesivo con escurrimiento superficial rápido. Las pendientes son variables, pero en general la caña de azúcar se cultiva principalmente en áreas entre 1 y 3% de pen-

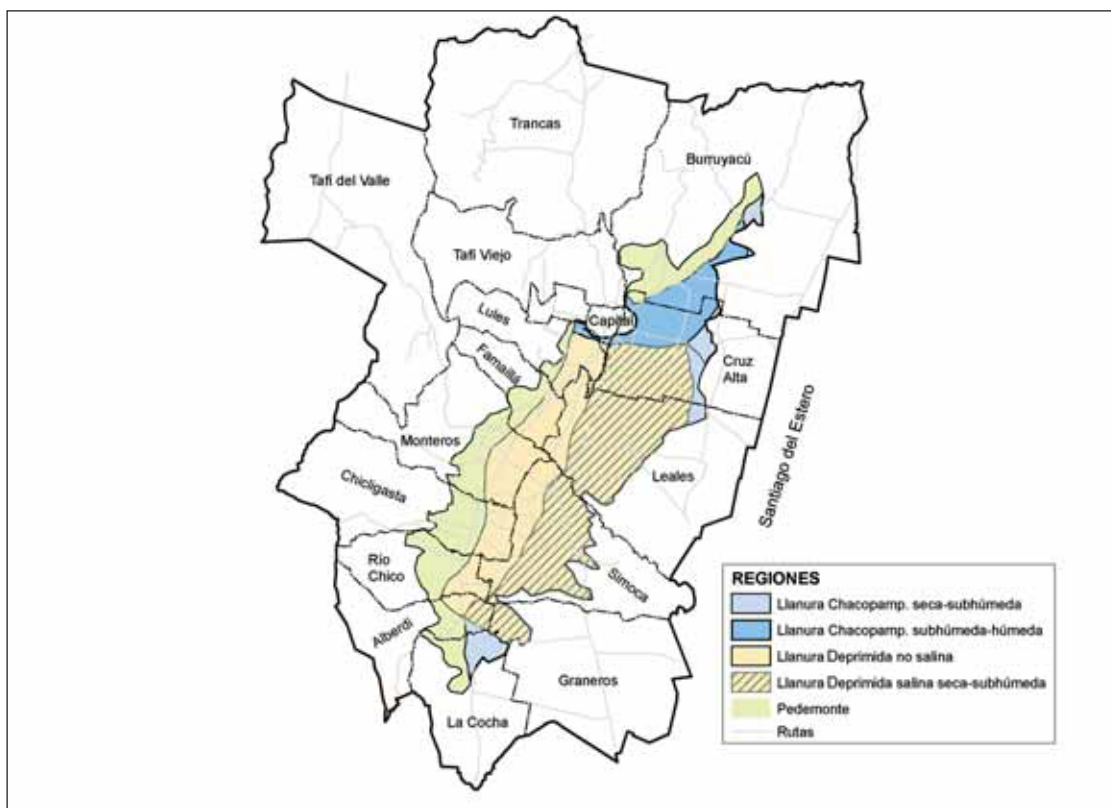


Figura 1: Área cañera tucumana con las diferentes regiones agroecológicas (Fuente: Zuccardi B, R. y Fadda, G. S. 1985. Bosquejo Agrológico de la Provincia de Tucumán. Miscelánea N°86 FAZ. UNT. Mapa: Sensores Remotos y SIG, EEAOC).

diente, aunque en algunos casos pueden alcanzar del 3 al 5%.

Teniendo en cuenta que el régimen de precipitaciones está en el orden de los 1200 mm anuales, fuertemente concentrados en el período estival, el riesgo de erosión hídrica es de moderado a severo, ocasionando en algunos casos la decapitación del horizonte superficial y la exposición en superficie de capas arcillosas, de baja permeabilidad y menor contenido de materia orgánica.

El manejo del suelo debe hacerse tomando en consideración las limitaciones expuestas anteriormente.

Para el control de la erosión hídrica a nivel de predio deben aplicarse tecnologías que tiendan a controlar la velocidad del escurrimiento superficial. En el caso de la caña de azúcar, deben evitarse remociones intensas del suelo en la renovación del cañaveral, si es posible, haciendo descepado químico. Además la preparación del terreno y la plantación debe realizarse en curvas de nivel (Figura 2).



Figura 2: Cultivo en curvas de nivel.

También es importante el ordenamiento de caminos y canales colectores de desagües pluviales. Otro aspecto a considerar es el momento de la preparación del terreno para la plantación. La realización temprana de las labores de preparación de suelos y plantación evitan que el suelo esté desnudo al inicio del período de lluvias, disminuyendo el riesgo de erosión. Las gotas de lluvia al impactar sobre el suelo desnudo producen la ruptura de los agregados y favorecen la formación de costras superficiales. También es importante el manejo de la cobertura con maloja después de la cosecha, ya que protege al suelo del impacto de las gotas de lluvia, mejora la infiltración, reduce el escurrimiento superficial y favorece el control de la erosión hídrica. Por lo tanto, los suelos que se manejan manteniendo la cobertura de residuos sobre la superficie después de la cosecha, resultan menos propensos a la degradación o erosión por efecto de las lluvias.

Además la cosecha en verde sin quema posterior, contribuye a incrementar lentamente el contenido de materia orgánica y la estabilidad estructural del suelo.

Esta práctica debe hacerse aún cuando el terreno haya sido sistematizado en curvas de nivel, ya que ambas son prácticas que se complementan para el control de la erosión hídrica.

Otro aspecto a considerar es la posible presencia de capas compactadas subsuperficiales (pie de arado), que pueden ocasionar dificultades para la exploración radicular y para el movimiento de agua y nutrientes (Figura 3). En estos casos, es imprescindible un diagnóstico de situación para cada lote en particular, a fin



Figura 3: Capa compactada en un suelo cañero.

de constatar la necesidad o no de la labor, evaluando propiedades físicas del suelo tales como resistencia a la penetración, densidad aparente, porosidad e infiltración. Si el problema está presente, deberán utilizarse equipos descompactadores. Esta labor es recomendable que se realice al momento de la preparación del suelo para la plantación, dado que con el cañaveral ya implantado se corre riesgos de dañar la cepa, y además, la labor pierde eficiencia y no cumple plenamente el objetivo perseguido.

Las consideraciones hechas sobre la compactación del suelo son válidas para todas las regiones cañeras de Tucumán.

SUELOS DE LA REGIÓN DE LA LLANURA CHACOPAMPEANA

El cultivo se extiende principalmente sobre la subregión occidental de la llanura, de característica subhúmeda-húmeda, aunque también se cultiva en parte de la subregión central, que es seca-subhúmeda.

Los suelos de ambas subregiones están desarrollados sobre materiales de origen eólico, lo que les confiere una gran uniformidad textural.

Subregión occidental

En la subregión occidental, se encuentran suelos de textura franco limosa en superficie y franco arcillo limosa en la capa subsuperficial. Son suelos con alta capacidad de retención de agua, con permeabilidad moderadamente lenta por la presencia de arcilla y moderadamente bien drenados. La reacción química es ligeramente ácida o neutra (pH 6,1 a 7,3).

Limitaciones y manejo

Los suelos de esta subregión muestran escasas limitaciones edáficas para el cultivo de la caña de azúcar. Se ha señalado para algunas áreas, especialmente el sudoeste del departamento Burruyacú y el noroeste del departamento Cruz Alta, un bajo contenido de fósforo disponible en el horizonte superficial de los suelos, lo que determina la necesidad de la fertilización fosfatada para asegurar altos rendimientos.

Las limitaciones climáticas para el cultivo derivan del déficit hídrico primaveral, más acentuado hacia el este de la subregión. En el

sector noroeste existen algunas áreas con relieve ondulado, al que le caben las mismas consideraciones que las hechas sobre la región pedemontana, en relación a los riesgos de erosión.

El manejo del suelo en esta subregión debe tender al mantenimiento de los niveles de fertilidad química (tanto nitrogenada como fosfatada). Es importante señalar que la práctica de la fertilización, a los fines de ajustar la dosis y el tipo de fertilizante, debe realizarse sobre la base de un correcto diagnóstico fundamentado en el análisis de suelo y en los niveles de producción esperados.

En el caso del fósforo, por ser un elemento poco móvil en el suelo, una buena fertilización de base, previa a la plantación, podrá suplir la necesidad del cultivo durante todo el ciclo comercial del cañaveral.

Por otra parte, en esta subregión existen áreas en las que se utiliza la práctica del riego para suplir los déficit hídricos estacionales, generalmente producidos en las primeras etapas del cultivo.

En el caso del riego por gravedad, la sistematización del terreno es una práctica necesaria para mejorar la eficiencia del sistema. Tanto la pendiente de los surcos, como el caudal aplicado deben mantenerse dentro de márgenes bien establecidos a los fines de evitar efectos erosivos por la acción del agua de riego.

Existe en el área experiencia a escala comercial sobre el riego por aspersión, sistema que mejora considerablemente la eficiencia del riego, lo que permite ampliar la superficie beneficiada con esta práctica. En estas experiencias, se obtuvieron incrementos productivos del orden del 38,8% con riego por surco y del 46,4% con riego por pivot central respecto al cultivo de secano.

También a nivel experimental, la EEAOC ha constatado la excelente repuesta de la caña de azúcar a los sistemas de riego por goteo. Cuando este sistema se utilizó colocando cintas en todos los surcos se manifestaron los más altos niveles de producción de caña, que en promedio resultaron un 55% superiores al secano, lográndose una producción extra acumulada en los cuatro ciclos, de 168 t/ha de caña y 11,6 t/ha de azúcar.

Subregión de la llanura central

La subregión de la llanura central o seca-subhúmeda está dominada por suelos muy homogéneos en su composición textural, predominantemente de clase franco limosa en todo el perfil, con moderado a bajo contenido de materia orgánica en su horizonte superficial. Tienen una alta capacidad de almacenaje de agua, son de permeabilidad moderada y generalmente bien drenados. La reacción química es neutra en superficie (pH 6,6 a 7,3) y moderadamente alcalina en profundidad (pH 7,4 a 8,4).

Limitaciones y manejo

En esta subregión se acentúan las limitantes de carácter climático, teniendo en cuenta que el balance hídrico se torna más negativo. El déficit hídrico estacional es más prolongado que en la subregión anterior. Por otra parte, el riesgo de ocurrencia de heladas es de moderado a severo. Estos dos parámetros climáticos, régimen de precipitaciones y temperaturas, le dan a la subregión un carácter marginal para el cultivo, por lo cual representa sólo un 5% de la superficie total cultivada con caña de azúcar en la provincia.

Los limitantes de suelo derivan de su bajo contenido en materia orgánica y su alto contenido en limo, lo que genera una pobre estabilidad estructural y propensión al planchado o encostramiento superficial.

Aunque las pendientes raramente superan el 1%, la longitud de las mismas y las características edáficas expuestas, generan un riesgo de erosión moderado.

Tanto en esta subregión como en la anterior, es recomendable la cosecha en verde y el posterior mantenimiento sobre la superficie (Figura 4). Esto es especialmente importante, como ya se ha señalado, para la protección del suelo contra la erosión, pero también para disminuir las pérdidas de agua por evaporación y por escurrimiento, lo que contribuye a mejorar el almacenaje y la conservación del agua en el perfil del suelo. La reducción de las pérdidas de la humedad del suelo, particularmente en los primeros centímetros de profundidad, favorece la emergencia y el crecimiento inicial de la caña, siempre que hayan sido satisfechos sus requerimientos térmicos.



Figura 4: Cañaveral con cobertura de maloja en la Llanura Chacopampeana.

SUELOS DE LA REGIÓN DE LA LLANURA DEPRIMIDA

En esta región la superficie con caña de azúcar representa aproximadamente el 50% del total cultivado en la provincia de Tucumán.

La característica dominante de la región es la presencia de una capa freática que fluctúa durante el año a escasa o mediana profundidad. Según la naturaleza química de la capa freática se pueden diferenciar dos subregiones: una no salina en el sector occidental y otra salina en el sector oriental.

Subregión no salina

La subregión no salina presenta diferentes grados de afectación por excesos de agua como consecuencia de sus características hidrográficas, topográficas, climáticas y edáficas que condicionan el drenaje superficial y profundo.

El área se caracteriza por la presencia generalizada de una capa freática fluctuante, a profundidades variables según las zonas, que en algunos lugares, en los períodos de máximo ascenso, puede alcanzar profundidades inferiores a los 50 cm, e incluso con anegamiento superficial. En los sitios mejor drenados puede localizarse a profundidades superiores a los 3 m. Las fluctuaciones de esta capa freática responden fundamentalmente al régimen de precipitaciones.

Los suelos son de origen aluvial, muy heterogéneos espacialmente, lo que está fuertemente ligado a la posición que ocupan en el relieve. Las texturas varían desde arenosas francas hasta franco arcillosas. Esta variabilidad textural se observa también en profundidad, encontrándose en algunos casos, suelos que presentan una sucesión de tres o más capas de texturas distintas.

Limitaciones y manejo

La principal limitante de esta subregión está constituida por la acumulación de excesos de agua y su lenta eliminación, que son responsables de la disminución de la aptitud agrícola para el cultivo. En los sectores más chatos, y especialmente si la textura del suelo es fina, el agua de la capa freática permanece estancada y es de lenta movilidad. Esto ocasiona asfixia radicular por disminución del oxígeno disponible, y además altera la disponibilidad de nutrientes para la planta.

Por otra parte, los suelos saturados presentan limitaciones para la realización oportuna de labores agrícolas (especialmente cosecha) y dificultades al tránsito de maquinarias y rodados. La estructura del suelo se ve seriamente afectada por el peso de los equipos, generándose capas compactadas que constituyen un impedimento para el crecimiento radicular y el movimiento de agua en el suelo.

La caña de azúcar es una especie que muestra una respuesta muy marcada a las condiciones de drenaje. En años con precipitaciones inferiores a las normales, la freática hace un aporte importante a los requerimientos de agua disminuyendo el estrés hídrico, lo que impacta favorablemente en los rendimientos. Por el contrario, en años muy húmedos, las malas condiciones de drenaje se extienden a una superficie mayor y reducen los rendimientos culturales en forma significativa.

Estudios realizados por la EEAOC en 2006 y 2007 evidenciaron una buena correlación entre la clase de drenaje del suelo evaluada en estudios de campo con la estimación de los rendimientos culturales realizada a través del análisis de imágenes satelitales. Las clases de drenaje discriminadas fueron:

- **Suelos con drenaje pobre:** signos de hidromorfía en los 50 cm superficiales de profundidad y/o capa freática a menos de 100 cm de profundidad, normalmente en posiciones de relieve deprimidas, a veces subnormales, generalmente de texturas moderadamente finas.
- **Suelos con drenaje imperfecto:** signos de hidromorfía entre 50 y 100 cm de profundidad, capa freática raramente presente a menos 100 cm de profundidad, generalmente en posiciones subnormales a normales de relieve, texturas medias y moderadamente finas.
- **Suelos bien y moderadamente bien drenados:** no presenta signos de hidromorfía hasta el metro profundidad, capa freática ausente, generalmente en posiciones normales de relieve o en albardones, normalmente con texturas moderadamente gruesas.

Esta heterogeneidad en la condición de drenaje de los suelos del área, induce a tomar medidas de control de los excesos hídricos que se ajusten a cada situación en particular.

Para la primera situación, con suelos de drenaje pobre, es recomendable tanto la evacuación del agua superficial mediante desagües, como la disminución del nivel freático mediante obras de drenaje.

Para el logro del primer objetivo es imprescindible la sistematización de los campos, orientando los surcos, planificando los callejones y aprovechando los bajos como vías naturales de desagüe. Los costos para la realización de estos trabajos son generalmente accesibles para el productor, pero constituyen una solución parcial del problema.

Para disminuir el nivel de la capa freática, debe recurrirse a técnicas que incluyen la realización de canales de drenaje (a cielo abierto o entubados), que generalmente deben ser llevadas a cabo por grupos de productores dentro de una misma cuenca o por productores cuyas tierras ocupen una superficie extensa dentro de una cuenca (Figura 5). De esta manera se logra la disminución efectiva de la profundidad de la freática y se obtienen resultados de carácter permanente. Por supuesto, la aplicación de tecnologías de implementación de drenajes subsuperficiales es costosa, ya que incluye movimientos de suelo y obras de arte (puentes,



Figura 5: Canal de drenaje en la región de la Llanura Deprimida.

alcantarillas, etc.), debiéndose igualmente tomar en consideración los costos de mantenimiento, por lo que deberá evaluarse la relación costo/beneficio, para cada situación.

Por otra parte, en estos suelos con drenaje pobre, el mantenimiento del residuo sobre el suelo después de la cosecha aumenta la problemática del exceso hídrico, por la disminución de la pérdida de agua del suelo por evaporación. Esto genera durante casi todo el año un exceso de humedad en el perfil, ocasionando las dificultades ya mencionadas para el cultivo. Además, la cobertura de maloja sobre suelos muy húmedos o saturados, retarda el calentamiento del suelo, con lo que la emergencia y crecimiento inicial de la caña de azúcar puede demorarse. En estos casos, la práctica de dejar el residuo en superficie después de la cosecha no es recomendable. Para evitar la quema, debiera extraerse el residuo de la cosecha para destinarlo a otros fines o incorporar parcial o totalmente el mismo al suelo mediante equipos cultivadores.

Para el manejo de los suelos con drenaje imperfecto, será suficiente asegurar la rápida evacuación del agua superficial a través de un buen diseño de plantación, con correcta orientación de surcos y callejones. Con esta práctica se observará una mejora sensible en la condición de drenaje del suelo, lo que seguramente se traducirá en un mejor rendimiento cultural del cañaveral. Por otra parte, puede mantenerse el residuo de la cosecha en la superficie del

suelo, sin que ocasione problemas serios, aunque será necesario seguir de cerca el comportamiento del lote, ya que el aumento del volumen del mismo con las sucesivas cosechas, puede llegar a retardar seriamente la evacuación del agua superficial.

Por último, en aquellas áreas bien drenadas, con capa freática profunda en posiciones altas del relieve, no solo no se requieren medidas especiales de control del exceso de agua, sino que la cosecha en verde y el posterior mantenimiento del residuo en superficie, puede mejorar el almacenaje y conservación del agua del suelo.

Subregión salina

La subregión salina de la Llanura Deprimida se ubica al este de la anterior, ocupando parte de los departamentos Cruz Alta, Leales y Simoca, y se caracteriza por la presencia de una capa freática con profundidad y fluctuaciones estacionales similares a las del área no salina. La diferencia fundamental radica en el tenor salino de la misma, ocasionado por el balance hídrico negativo y por la inexistencia de una red de drenaje natural organizado que asegure la eliminación de las sales del área.

Los suelos, al igual que los de la subregión anterior, son de origen aluvial y heterogéneos en sus características texturales. En esta subregión se asocian, en un patrón de distribución muy intrincado, suelos sin problemas de salinidad con los afectados en diferentes grados por condiciones de salinidad o de salinidad y alcalinidad, ocupando en general estos últimos las posiciones más bajas del relieve.

Limitaciones y manejo

En lo referente a los excesos hídricos, son válidas las consideraciones hechas para la región no salina, en lo referente a evacuación del agua superficial y drenajes subsuperficiales. Igualmente se debe tener un cuidado especial en el tratamiento del residuo maloja que queda después de la cosecha, ya que ocasiona los mismos inconvenientes citados anteriormente.

En los suelos del área salina, el contenido en sales solubles de los horizontes superficiales varía de moderado a alto y el sodio domina

entre las bases presentes en el suelo. La reacción química varía desde moderadamente alcalina hasta fuertemente alcalina (pH 7,9 a más de 9). Esta salinización y/o alcalinización de los suelos es consecuencia de la presencia de la capa freática salina a escasa profundidad, y cuya influencia es mayor en la medida en que la textura de los suelos es más fina. Aunque la capa freática determina condiciones de asfixia radicular en los períodos de máximo ascenso, es el contenido en sales sódicas de la misma lo que afecta en mayor medida el rendimiento del cultivo.

La caña de azúcar es una especie moderadamente sensible a la salinidad. En general, y aunque hay respuestas varietales diferentes, existen estudios que señalan que puede soportar niveles de salinidad ponderada en el metro superior del suelo de 1,7 dS/m (decisiemens/metro = milimhos/centímetro) en el extracto de saturación, y a partir de allí declina su rendimiento a medida que se incrementa la conductividad eléctrica del suelo.

A su vez, la presencia de sodio como catión dominante genera condiciones de fuerte alcalinidad (en general pH superiores a 8,5), lo que dificulta de modo severo la disponibilidad de la mayoría de los nutrientes. Además, el exceso de sodio induce a la pérdida de porosidad del suelo, lo que disminuye la circulación del agua en el mismo.

Para mejorar y/o recuperar la aptitud agrícola de estos suelos, es necesario implementar una serie de prácticas a nivel parcelario, que van desde el drenaje del suelo para disminuir el nivel de la capa freática y asegurar la eliminación por lavado de las sales solubles, hasta la aplicación de enmiendas químicas (yeso, azufre, etc.) para reemplazar al sodio presente en el suelo.

El diseño e instalación de un sistema de drenajes y recuperación de suelos salinos o salino alcalinos requiere de una planificación detallada, basada en estudios climáticos, hidrológicos, hidrogeológicos y edafológicos, que normalmente exceden los límites de una propiedad particular para tomar un carácter regional (por ejemplo la red de canales primarios y secundarios), así como el análisis de costos, que permita decidir la factibilidad económica de su implementación.

CAPÍTULO 3 |

VARIEDADES PARA EL ÁREA CAÑERA DE TUCUMÁN

Autores

María I. Cuenya

Ernesto R. Chavanne

Miguel A. Ahmed

Carolina Díaz Romero

María B. García

Modesto A. Espinosa

Santiago Ostengo

Diego Costilla

VARIEDADES PARA EL ÁREA CAÑERA DE TUCUMÁN



DISTRIBUCIÓN DE LAS PRINCIPALES VARIEDADES EN TUCUMÁN (CAMPAÑA 2007/08)

Entre marzo y abril de 2008 se realizó una encuesta sobre variedades de caña de azúcar implantadas en Tucumán, en la cual se relevaron 102.009 ha, que significan el 46,6% de la superficie total cultivada en la provincia. En la Figura 1 se muestra la distribución porcentual de las principales variedades implantadas en el área cañera tucumana, obtenida a partir de la encuesta mencionada. Se observa que el cultivar predominante es LCP 85-384 con un 65,18% de la superficie encuestada, siguiendo en orden decreciente TUCCP 77-42, RA 87-3 y CP 65-357 con un 17,17%; 7,95% y 5,79%, respectivamente.

En la Tabla 1 se presentan las distribuciones porcentuales de variedades de caña de azúcar obtenidas en las dos últimas encuestas efectuadas por la EEAOC en Tucumán (campanas 2004/2005 y 2007/2008) y las diferencias registradas entre ambos relevamientos. Se observa que durante el período 2005/2007 (tres campañas de plantación), LCP 85-384 y RA 87-3 fueron las dos únicas variedades que incrementaron su superficie de cultivo, registrándose una evidente preferencia por la pri-

mera (con un aumento de casi el 21%) y una notable difusión de la segunda (con un aumento del 6,5%), liberada comercialmente en 2002. TUCCP 77-42 disminuyó su área en casi un 6%, manteniéndose desde 1994 como la segunda variedad más cultivada en Tucumán. CP 65-357 mostró la mayor caída (de casi el 13%), explicándose esta tendencia decreciente y pronunciada a partir de 2001/2002 (campana en que registró un 30% del área plantada), por la difusión acelerada de LCP 85-384, cultivar con similares requerimientos agroecológicos.

CARACTERÍSTICAS DE LAS PRINCIPALES VARIEDADES

LCP 85-384

Esta variedad fue introducida desde Louisiana (EE. UU.) por la EEAOC en 1990 y luego de una exhaustiva valoración de su comportamiento en Ensayos Comparativos, fue liberada al cultivo comercial en Tucumán en 1999.

LCP 85-384 presenta un elevado rendimiento cultural, con una excelente capacidad de macollaje. Sus tallos son livianos, de diámetro delgado y una altura media a baja. Su hábito de crecimiento

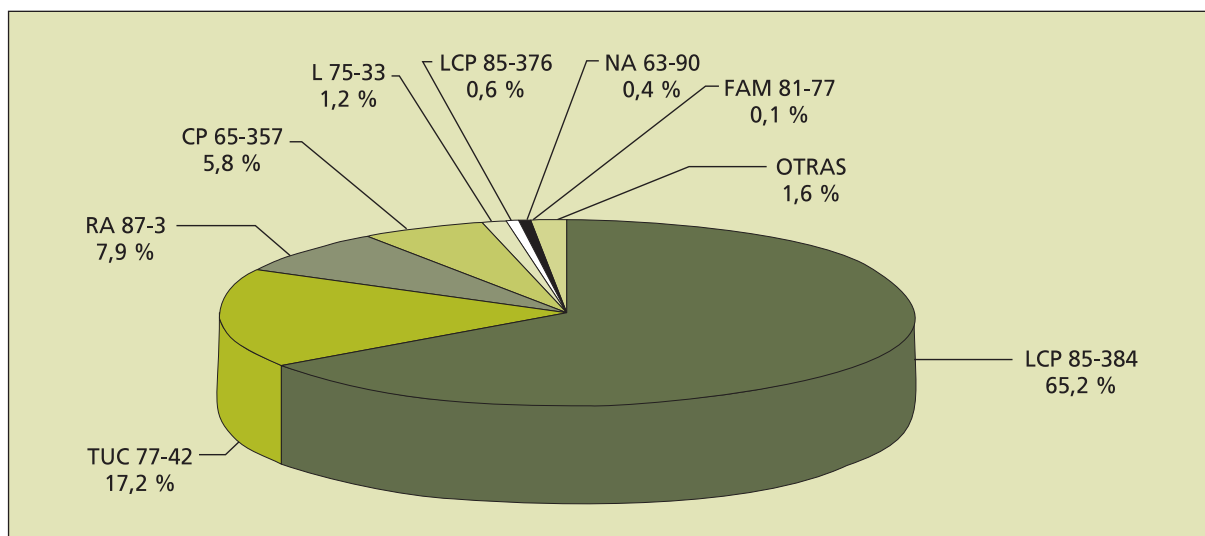


Figura 1: Distribución porcentual de las principales variedades cultivadas en el área cañera de la provincia de Tucumán (campana 2007/2008).

Tabla 1: Distribución porcentual de variedades, superficie total (implantada y relevada) y diferencias registradas a partir de las encuestas 2004/05 y 2007/08 en Tucumán.

Variedades y superficie total implantada y relevada	Encuesta		Diferencia (2004/05 - 2007/08)
	2004/2005	2007/2008	
LCP 85-384	44,3	65,18	20,88
TUCCP 77-42	22,8	17,17	-5,63
RA 87-3	1,4	7,95	6,55
CP 65-357	18,4	5,79	-12,61
L 75-33	2,3	1,18	-1,12
LCP 85-376	2,9	0,60	-2,0
NA 63-90	1,9	0,37	-1,53
FAM 81-77	1,5	0,4	-1,36
OTRAS	4,6	1,62	-2,98
Total de ha implantadas	200.530	219.130	18.600
Total de ha encuestadas	96.588	102.009	5.421

es erecto, aunque su resistencia al vuelco es baja. En caña planta, la brotación de LCP 85-384 es lenta y su macollaje es sensiblemente menor al registrado luego del primer corte. Presenta una muy buena longevidad de cepa. Las vainas de las hojas se encuentran fuertemente adheridas a sus tallos, por lo cual el porcentaje de *trash* en cosecha

mecanizada tiende a incrementarse.

En la Figura 2 se presenta la evolución del Azúcar Recuperable % para LCP 85-384 conjuntamente con otras variedades, entre los meses de mayo y octubre para la localidad de Las Talitas. LCP 85-384 es un cultivar de maduración temprana que en condiciones climáticas buenas (heladas

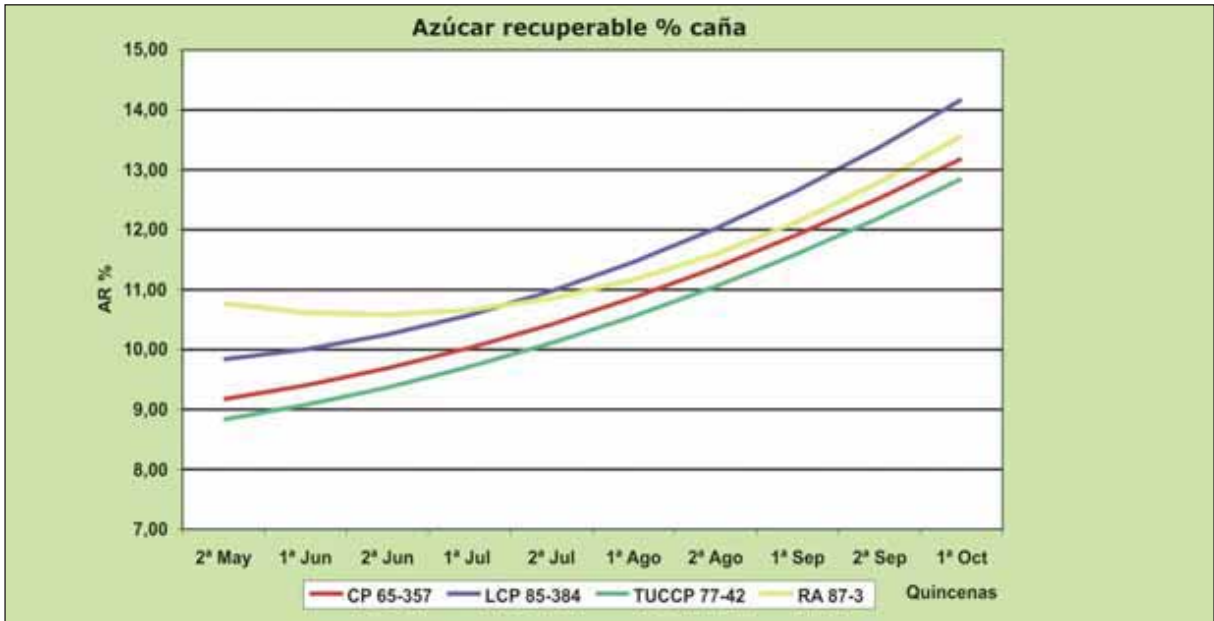


Figura 2: Azúcar Recuperable % caña desde la segunda quincena de mayo hasta la primera quincena de octubre. Valores promedio para los años 2001 a 2005 en la localidad de Las Talitas (Departamento Tafí Viejo).

suaves o ausencia de las mismas) exhibe un excelente comportamiento con respecto a la acumulación de sacarosa para finales de zafra, adecuándose por lo tanto, a ser cosechada durante toda la época de zafra. Esta variedad presenta además, una buena resistencia de su jugo al deterioro por heladas. Posee un contenido de fibra que varía entre el 11% y 12%.

En la Tabla 2 se presentan los valores promedios de toneladas de caña/ha obtenidos a través de varias cosechas en Ensayos Comparativos de Variedades llevados a cabo por la EEAOC en diferentes localidades de Tucumán. En esta tabla se han agrupado las localidades dentro de dos categorías: "Ambientes favorables" y "Ambientes con limitantes". Esta discriminación

general pretende agrupar, a grandes rasgos, por un lado a ambientes con buenos suelos y adecuados regímenes pluviométricos y por otro, a ambientes con suelos pobres o con problemas de drenaje y/o menor pluviometría. Se observa que LCP 85-384 alcanza un rendimiento promedio de 94,3 t en los ambientes favorables. Sin embargo, ese excelente potencial productivo decrece marcadamente en los ambientes con limitantes (64,9 toneladas).

En la Tabla 3 se presentan los valores promedio de toneladas de azúcar/ha en mayo y julio, respectivamente y las diferencias de producciones promedio entre "Ambientes favorables" y "Ambientes con limitantes". Se observa para LCP 85-384 una caída promedio de alrededor

Tabla 2: Toneladas de caña/ha en diferentes localidades de Tucumán (agrupadas en ambientes favorables y con limitantes) obtenidas para CP 65-357, LCP 85-384 y TUCCP 77-42. Dentro de cada localidad, los valores son promedios de diferentes edades de corte (planta y socas 1, 2, 3 y 4).

Tipo de ambientes	Localidad	t de caña/ha		
		CP 65-357	LCP 85-384	TUCCP 77-42
Favorables	El Colmenar (Tafí Viejo)	101.1	102.3	110.8
	Villa Belgrano (Alberdi)	90.7	99.4	109.6
	Los Sarmientos (Río Chico)	97.1	99.7	117.8
	Santa Ana (Río Chico)	80.4	96.3	103.3
	Fronterita (Famaillá)	64.8	74.0	88.4
	Promedio	86.8	94.3	106.0
Con Limitantes	La Banda (Famaillá)	58.4	68.5	98.1
	Palá Palá (Leales)	65.7	83.7	100.1
	Mercedes (Lules)	57.8	62.9	84.5
	Los Pérez (Cruz Alta)	29.9	44.4	52.1
	Promedio	52.9	64.9	83.7

Tabla 3: Promedios de toneladas de azúcar/ha en mayo y julio en "Ambientes favorables" y en "Ambientes con limitantes" y diferencias absolutas de producción entre ambos tipos de ambientes para LCP 85-384, TUCCP 77-42 y CP 65-357, respectivamente.

Variedad	Tipo de ambientes	t de azúcar/ha	
		Mayo	Julio
CP 65-357	Favorables	8,8	10,0
	Con limitantes	5,7	7,2
	Diferencia (Favorables - Con limitante)	3,1	2,8
LCP 85-384	Favorables	9,9	11,4
	Con limitantes	6,6	8,2
	Diferencia (Favorables - Con limitante)	3,3	3,2
TUCCP 77-42	Favorables	10,1	12,0
	Con limitantes	8,9	10,0
	Diferencia (Favorables - Con limitante)	1,2	2,0

de 3 t de azúcar/ha, tanto en mayo como en julio. Los resultados obtenidos permiten recomendar a LCP 85-384 como una variedad apta para ambientes con suelos fértiles, con adecuada pluviometría y sin problemas de drenaje. La potencialidad productiva de este cultivar decrece significativamente en suelos pobres, con baja pluviometría o con problemas de drenaje.

LCP 85-384 es moderadamente sensible a los herbicidas Dalapón, MSMA y TCA a las dosis y con los sistemas de aplicación usualmente empleados a nivel comercial.

En la Tabla 4 se presenta el comportamiento de LCP 85-384 con respecto a las principales enfermedades y al gusano perforador. Se destaca su susceptibilidad a la roya marrón (*Puccinia melanocephala*), detectada a partir del año del año 2005 en Tucumán.

TUCCP 77-42

Este cultivar, liberado por la EEAOC en 1987, ocupa el segundo lugar en el área cultivada de Tucumán desde 1994 hasta la actualidad.

TUCCP 77-42 presenta un excelente rendimiento cultural, con una muy elevada producción de tallos por unidad de área. Sus tallos son pesados, altos y con diámetro intermedio. Su hábito de crecimiento es muy erecto, con una notable resistencia al vuelco. Su brotación y crecimiento inicial son acelerados, por lo tanto sus cañaverales "cierran" temprano, característica que conlleva a una notable economía en la aplicación de herbicidas. Presenta una excelente longevidad de cepa.

TUCCP 77-42 es una variedad de maduración intermedia. Su comportamiento madurativo se presenta en la Figura 2. Se recomienda la aplicación de madurativos, según pautas establecidas por la EEAOC (ver Capítulo N° 14) y su cosecha hasta fines de julio o principios de agosto. No resulta aconsejable su cosecha tardía por su conocido ahuecamiento y su baja resistencia al deterioro de la calidad del jugo luego de heladas. TUCCP 77-42 posee un contenido de fibra con valores que oscilan entre 12% y 13%.

En las Tablas 2 y 3 se observa que TUCCP 77-42 es una variedad con excelente comportamiento productivo en todos los ambientes de Tucumán, resultando el cultivar que mejor se comporta en suelos pobres y con limitantes hídricas.

TUCCP 77-42 presenta una amplia tolerancia a los herbicidas comúnmente aplicados en caña de azúcar.

En la Tabla 4 se presenta el comportamiento de

TUCCP 77-42 con respecto a las principales enfermedades y al gusano perforador.

RA 87-3

Esta variedad, originada en la EEAOC, fue liberada al gran cultivo de Tucumán a fines de 2002 (acuerdo UIMCA, EEAOC-INTA). Como se comentó anteriormente, RA 87-3 aparece en la última encuesta 2007/2008 como el tercer cultivar más difundido en el área cañera de Tucumán, habiéndolo incrementado su área cultivada entre 2005 y 2008 en un 6,5%. Esta importante difusión se explica principalmente por su propagación comercial a partir de semilleros saneados del Proyecto Vitroplantas, puesto en marcha por la EEAOC a partir de 2001.

RA 87-3 es una variedad con muy buena capacidad productiva, de buen macollaje, con tallos altos de diámetros intermedios a gruesos. Posee un hábito de crecimiento semi-erecto y una muy buena longevidad de cepa. Sus cañaverales muestran un "cierre" temprano, presentando por lo tanto una buena competencia con malezas.

RA 87-3 presenta una maduración temprana y un elevado contenido sacarino. En la Figura 2 se observa que ésta es una variedad adecuada para iniciar cosecha exhibiendo una muy buena curva de maduración (equivalente a la de LCP 85-384) hasta principios de agosto. RA 87-3 muestra una excelente respuesta a la maduración química (ver Capítulo N° 14). Se recomienda una cosecha temprana de esta variedad ya que la arquitectura abierta de sus cepas y sus tallos pesados pueden favorecer el vuelco y provocar, en zafra tardías, la aparición de "chupones" y/o de brotación lateral. El contenido de fibra promedio de RA 87-3 varía entre 12% y 13%.

En la Figura 3 se puede observar un cañaveral de RA 87-3 y en la Figura 4 se observan muestras de RA 87-3 y de TUCCP 77-42, provenientes de semilla saneada a partir del proceso de micropropagación, comparadas con las respectivas muestras de ambas variedades inoculadas con la bacteria *Leifsonia xyli* subsp. *xyli* (agente causal del achaparramiento de las socas o RSD por sus siglas en inglés). En esta figura se evidencia el destacado desarrollo que alcanzan los tallos de RA 87-3 luego del proceso de saneamiento.

En la Tabla 5 se observan los valores promedios de toneladas de caña y de azúcar/ha (mayo y julio) de RA 87-3 obtenidos en "Ambientes favorables" y en "Ambientes con limitantes", respectivamente. Al igual que TUCCP 77-42, RA



Figura 3: Vista de un cañaveral de RA 87-3

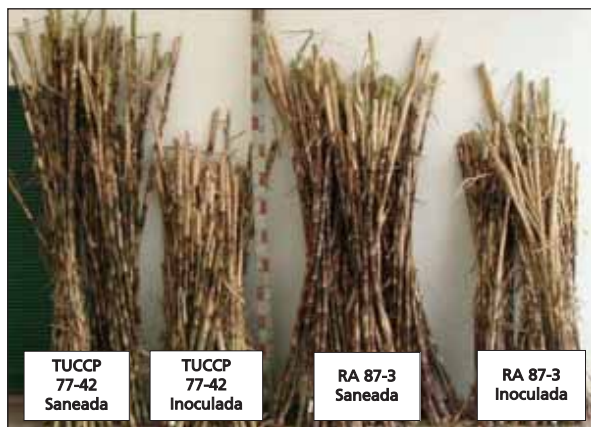


Figura 4: Muestras de tallos de RA 87-3 y de TUCCP 77-42 provenientes de semilla saneada comparadas con las respectivas muestras de ambas variedades inoculadas con la bacteria causante del raquitismo de las cañas socas

87-3 presenta un buen comportamiento en ambientes desfavorables, resultando un cultivar que puede complementarse con aquella variedad en situaciones marginales. En suelos de elevada fertilidad, RA 87-3 presenta un vigoroso desarrollo vegetativo, el cual adicionado a la arquitectura abierta de sus cepas, favorece el vuelco temprano de los cañaverales. Se recomienda por lo tanto, considerar estas características para efectuar una distribución lo más racional posible de éste y de todos los cultivares disponibles en la actualidad.

RA 87-3 puede calificarse como tolerante a Ametrina, MSMA y TCA a las dosis y con los sistemas de aplicación usualmente empleados a nivel comercial.

En la Tabla 4 se resalta el buen comporta-

miento de RA 87-3 con respecto a las enfermedades de mayor importancia, siendo moderadamente susceptible a mosaico (*Sugarcane Mosaic Virus*), escaldadura de la hoja (*Xanthomonas albilineans*) y carbón (*Ustilago scitaminea*). Se destaca la resistencia exhibida por la RA 87-3 hasta el presente con respecto a roya marrón, a pesar de la fuerte presión de inóculo existente en los cañaverales tucumanos como consecuencia de la susceptibilidad a esta enfermedad de las variedades predominantes en el área cultivada.

Con respecto a Pokkah Boeng (*Fusarium moniliforme*), RA 87-3 se comporta como una variedad susceptible. Sus síntomas consisten en la aparición de áreas blanquecinas en las hojas jóvenes (las cuales se arrugan y deforman) y de estrías necróticas. En su expresión más severa, el brote guía muere y, consecuentemente, puede ocurrir la brotación de yemas laterales. La enfermedad se transmite por el viento siendo la propagación por semilla de menor importancia. Las plantas de tres a siete meses de edad presentan una mayor vulnerabilidad a la infección. Es importante aclarar que esta enfermedad ha tenido hasta el presente poca relevancia en Tucumán, pero en las últimas campañas la ocurrencia de condiciones ambientales favorables para la expresión de la misma (alta pluviometría y temperaturas medias a altas), provocó la aparición más frecuente de tallos afectados de RA 87-3. Esta situación se detectó en determinadas zonas de la provincia sin implicar daños de importancia.

CP 65-357

Introducida y difundida por la EEAOC, CP 65-357 fue la principal variedad cultivada en Tucumán entre 1994 y 2002. Este cultivar, de maduración temprana, ha disminuido notablemente su área de distribución actual como consecuencia del rápido avance de LCP 85-384 que expresa su mayor potencial productivo en ambientes similares a los requeridos por CP 65-357 (suelos fértiles, sin déficit hídrico). Su comportamiento madurativo y productivo se resume en la Figura 2 y en las Tablas 2 y 3. El contenido de fibra promedio de esta variedad es de alrededor del 13%.

Los cañaverales de CP 65-357 obtenidos a partir de semilla saneada muestran un incremento significativo de producción como consecuencia de que esta variedad es la que presenta un mayor grado de susceptibilidad a enfer-

Tabla 4: Comportamiento de variedades con respecto a las enfermedades de mayor relevancia y al gusano perforador.

Enfermedades y gusano perforador	LCP 85-384	TUCCP 77-42	CP 65-357	RA 87-3
Roya	S	S	S	R
Escaldadura	R	S	S	MR
Mosaico	R	R	S	MS
Estría Roja	MR	S	MR	S
Carbón	R	R	S	MR
Raquitismo	S	S	S	S
Pokkah Boeng	MR	MR	MR	S
Gusano perforador	S	S	S	S

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

Tabla 5: Promedios de producción de caña y de azúcar (mayo y julio) en t/ha a través de edades de corte en Ensayos Comparativos de Variedades de la EEAOC y diferencias absolutas de esos valores de producción entre "Ambientes favorables" y "Ambientes con limitantes"

Variedad		Tipo de ambientes	t de caña/ha	t de azúcar/ha	
				Mayo	Julio
RA 87-3	Favorables		84,1	9,2	10,5
	Con limitantes		67,0	8,3	8,9
	Diferencia (Favorables - Con limitantes)		17,1	0,9	1,6
TUCCP 77-42	Favorables		100,7	10,0	11,4
	Con limitantes		79,4	8,6	8,9
	Diferencia (Favorables - Con limitantes)		21,3	1,4	2,5

medades sistémicas (Tabla 4). La semilla saneada a partir de vitroplantas potencia la producción de todas las variedades comerciales, permitiendo para el caso especial de CP 65-357, que la misma continúe siendo una opción válida para Tucumán.

L 75- 33

Como consecuencia de la demanda de productores, semilla saneada de L 75-33 fue difundida hasta hace poco tiempo a través del Proyecto Vitroplantas de la EEAOC. Este cultivar presenta un comportamiento productivo y fitosanitario muy aproximado al de CP 65-357, aunque su susceptibilidad al virus del mosaico es mucho mayor.

La característica especial de L 75-33 es su buena adaptación a suelos anegadizos o con capa freática alta. Por lo tanto, en caso de adoptarse esta variedad, el cultivo de la misma debe limitarse a "nichos" ambientales específicos con problemas de drenaje, no resultando

aconsejable su propagación en mayor escala por su notable susceptibilidad al mosaico.

NUEVAS VARIEDADES COMERCIALES DE LA EEAOC A DIFUNDIRSE EN 2009

Con el firme objetivo de diversificar el panorama varietal de Tucumán, el Subprograma de Mejoramiento Genético de la EEAOC liberará comercialmente, tres nuevos cultivares de caña de azúcar: TUC 95-37, TUC 97-8 y TUC 89-28. Estas variedades están siendo multiplicadas por la EEAOC y serán entregadas a productores en el año 2009, comenzando así su proceso de difusión en la provincia. Estos cultivares fueron inscriptos en el Registro Nacional del Instituto Nacional de Semilla (INASE), cumplimentándose por primera vez las exigencias que este organismo demanda a los obtentores de nuevas variedades de caña de azúcar.

Las principales características productivas y fitosanitarias de estos nuevos cultivares

se resumen a continuación. Se destaca que en oportunidad de la liberación formal de estas variedades, se difundirán publicaciones con un análisis detallado de su comportamiento productivo.

TUC 95-37

TUC 95-37 fue obtenida a partir de semilla botánica originada en la EEAOOC y seleccionada y evaluada en Ensayos Comparativos de Variedades en Tucumán durante 34 cosechas. TUC 95-37 es una variedad de elevado rendimiento de caña por ha, que posee tallos altos con diámetro intermedio, porte erecto y deshojado fácil (bajo "trash"). Exhibe una brotación y crecimiento inicial acelerados, por lo cual su cañaveral tiene un "cierre" temprano. Presenta una maduración temprana y una buena respuesta a madurativos. Posee un contenido promedio de fibra del 13%. En la Figura 5 se presenta una vista de cepas de TUC 95-37 y de LCP 85-384 en edad de soca 1. El comportamiento sanitario de TUC 95-37 se resume en la Tabla 6.

TUC 97-8

TUC 97-8 fue obtenida a partir de semilla botánica originada en la EEAOOC y seleccionada y evaluada en Ensayos Comparativos de Variedades distribuidos en Tucumán durante 33 cosechas. TUC 97-8 es una variedad de elevado rendimiento de caña por ha, que posee tallos de porte erecto y de altura y diámetro intermedios. Presenta una maduración temprana y una buena respuesta a madurativos. Posee un contenido pro-



Figura 5: Cepas de TUC 95-37 y de LCP 85-384 en edad de soca 1.

medio de fibra del 12%. En la Figura 6 se presenta una vista de cepas de TUC 97-8 y de LCP 85-384 en edad de soca 1. El comportamiento sanitario de TUC 97-8 se resume en la Tabla 6.

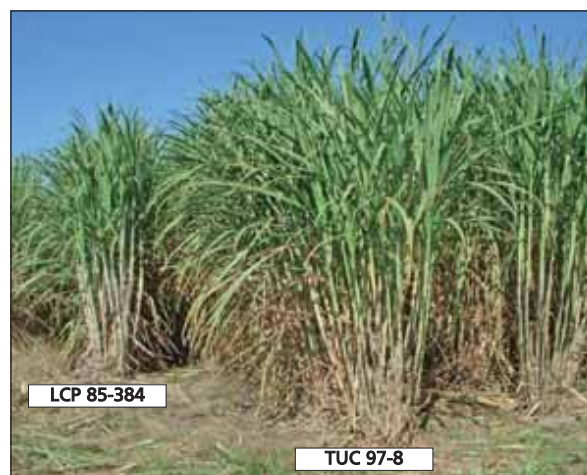


Figura 6: Cepas de TUC 97-8 y de LCP 85-384 en edad de soca 1.

TUC 89-28

TUC 89-28 fue obtenida a partir de semilla botánica originada en la EEAOOC y seleccionada y evaluada en Ensayos Comparativos de Variedades en Tucumán durante 45 cosechas. TUC 89-28 presenta un elevado rendimiento de caña/ha, posee tallos altos con diámetros intermedios, con porte muy erecto y una marcada resistencia al vuelco. Al igual que TUCCP 77-42, TUC 89-28 presenta una buena adaptación a zonas marginales del área cañera de Tucumán. Presenta una maduración intermedia y una muy buena respuesta a madurativos. Esta variedad tiene un elevado contenido de fibra (alrededor del 15%), característica que será valorada especialmente dentro del actual y futuro escenario energético de Tucumán. En la Figura 7 se presenta una vista de un cañaveral de TUC 89-28. En la Tabla 6 se resume su comportamiento fitosanitario.

COMPORTAMIENTO FITOSANITARIO DE LOS NUEVOS CULTIVARES

Desde el punto de vista fitosanitario, las tres nuevas variedades presentan niveles de susceptibilidad de moderados a bajos con respecto a la mayoría de las enfermedades. Se recuerda que el raquitismo, la escaldadura, el carbón y el mosaico son enfermedades sistémicas que se

Tabla 6: Comportamiento de TUC 95-37, TUC 97-8 y TUC 89-28 con respecto a las enfermedades de mayor relevancia en Tucumán y al gusano perforador.

Enfermedades y gusano perforador	TUC 95-37	TUC 97-8	TUC 89-28
Roya	MR	MR	MR
Escaldadura	MR	MS	R
Mosaico	MS	R	R
Estría Roja	MS	MR	MS
Carbón	MR	R	MS
Raquitismo	S	S	S
Pokkah Boeng	MS	MR	MS
Gusano perforador	S	S	S

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



Figura 7: Cepas de TUC 89-28 en edad de soca 2.

eliminan por la técnica de micropropagación de materiales saneados, pudiéndose mantener muy bajos los niveles de incidencia de las tres primeras con un manejo adecuado del cañaveral. Por lo tanto, la nueva tecnología de semilla saneada propuesta por la EEAOC (Proyecto Vitroplantas) e instalada progresivamente en Tucumán desde hace pocos años, debe continuarse, extenderse aún más y perfeccionarse, porque la misma potencia la expresión productiva de las actuales y de las nuevas variedades.

Se destaca la baja susceptibilidad de los tres nuevos cultivares con respecto a la roya marrón, la cual resulta controlable con variedades resistentes o moderadamente resistentes. Si bien a nivel experimental la aplicación de fungicidas disminuye considerablemente la incidencia de esta enfermedad, la experiencia mundial indica que resulta antieconómico este tipo de control en un cultivo extensivo como la caña de azúcar. Se recuerda que la incidencia de esta enfermedad se ha incrementado significativamente en Tucumán a partir del "quiebre" de la resistencia de LCP 85-384, variedad que se ha expandido en los últimos años en el área cañera de la provincia con una tendencia hegemónica. La roya marrón es una enfermedad que generalmente se manifiesta en Tucumán al final del ciclo de crecimiento del cañaveral (fines de febrero-marzo) y por lo tanto, no es esperable un fuerte efecto detrimental en el rendimiento. Sin embargo, el incremento de la presión de inóculo de la roya marrón ha complicado el panorama sanitario provincial y también, la obtención de nuevas variedades más productivas con niveles razonables de susceptibilidad a esta enfermedad. Por lo tanto, la EEAOC plantea la diversificación del cañaveral con nuevos cultivares de muy buena productividad y de buen comportamiento fitosanitario, destacándose la baja susceptibilidad a roya marrón.

CONSIDERACIONES FINALES

En este capítulo se han sintetizado las características generales y el comportamiento productivo de las variedades comerciales difundi-

das actualmente en Tucumán y de tres nuevos cultivares a difundirse en 2009. A partir de la información presentada resulta importante destacar las siguientes consideraciones:

- 1) La sobresaliente capacidad productiva de LCP 85-384 ha producido una difusión acelerada de esta variedad en el área de cultivo de Tucumán, mostrando en la encuesta 2007/08 una preocupante preponderancia hegemónica (65,2% de la superficie implantada). LCP 85-384 ha "quebrado" su resistencia a roya marrón en 2005 y a partir de entonces, se ha producido un sostenido incremento en la presión de inóculo de esta enfermedad en Tucumán. Esta situación complica el panorama sanitario y de acentuarse aún más, podría llegar a afectar en el futuro los niveles de productividad de los cañaverales de la provincia.
- 2) Si bien LCP 85-384 presenta una muy buena capacidad productiva, este comportamiento no se expresa en áreas de mayor marginalidad (suelos pobres, con baja pluviometría o con problemas de drenaje).
- 3) Se recomienda por lo tanto, efectuar una distribución lo más racional posible de las variedades comerciales disponibles actualmente, en ambientes en los que cada una de ellas, presente su mejor adaptación y por lo tanto, exprese su máximo potencial productivo.
- 4) Se destaca además, que cada variedad requiere de un manejo especial que potencie aún más su capacidad productiva. Este manejo particular involucra un conjunto de tecnologías puestas a punto por la EEAOC (semilla saneada, aplicación de madurativos, etc), gran parte de las cuales se han desarrollado en detalle en varios capítulos de este Manual.
- 5) El Suprograma de Mejoramiento Genético de la EEAOC produjo tres nuevos cultivares (TUC 95-37, TUC 97-8 y TUC 89-28), los cuales serán difundidos al medio productivo en 2009. Estas variedades que completaron su etapa de evaluación a nivel experimental, mostraron una muy buena capacidad productiva y niveles de susceptibilidad moderados a la mayoría de las enfermedades de incidencia local. La difusión progresiva de los mismos, demostrará con mayor contundencia las ventajas y limitaciones de estos nuevos cultivares en una mayor amplitud y diversidad de situaciones ambientales y de manejo. Se espera que estos nuevos cultivares resulten buenas alternativas para la diversificación del panorama varietal en el área cañera en el corto plazo, contribuyendo a elevar los niveles de productividad de Tucumán.

CAPÍTULO 4 |

CAÑA SEMILLA DE ALTA CALIDAD Obtención y manejo

Autores

Patricia A. Digonzelli

Juan A. Giardina

Juan Fernández de Ullivarri

Sergio D. Casen

M. Javier Tonatto

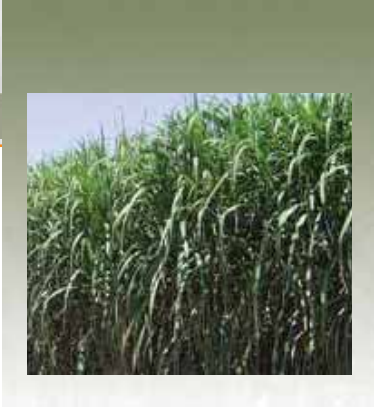
M. Fernanda Leggio Neme

Eduardo R. Romero

Luis G. P. Alonso

CAÑA SEMILLA DE ALTA CALIDAD

Obtención y manejo



INTRODUCCIÓN

La multiplicación comercial de la caña de azúcar por estacas favorece la difusión de enfermedades sistémicas cuya incidencia aumenta con cada corte, obligando a renovar con mayor frecuencia los cañaverales.

Dentro de las enfermedades más importantes que se difunden con el uso de caña semilla enferma, se destacan: el virus del mosaico de la caña de azúcar (SCMV, por sus siglas en inglés), la escaldadura de la hoja (*Xanthomonas albilineans*), el carbón (*Ustilago scitaminea*), y en especial, el achaparramiento de la caña soca (*Leifsonia xyli* subsp. *xyli*) o RSD (por sus siglas en inglés).

Entre las estrategias de manejo destinadas a aumentar la productividad de los cañaverales, la disponibilidad de caña semilla de alta calidad es fundamental. Esta posee tres características que la distinguen:

- **Sanidad:** está libre o presenta una baja incidencia de enfermedades y plagas.
- **Identidad genética:** responde totalmente a las características de la variedad.
- **Vigor:** tiene una elevada capacidad de brotación y crecimiento.

Para obtener caña semilla de alta calidad, es necesario contar con lotes semilleros con un manejo y control especial.

VENTAJAS PRODUCTIVAS DEL EMPLEO DE CAÑA SEMILLA DE ALTA CALIDAD

La producción de caña semilla de alta calidad requiere de tratamientos y cuidados especiales que la diferencian de la caña con destino a molienda. Como consecuencia de ello adquiere un valor económico agregado, el que a su vez promueve un retorno compensatorio por la mayor productividad esperada en los cultivos comerciales cuando se utiliza semilla de alta calidad.

Experiencias realizadas por la Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres (EEAOC) para las principales variedades cultivadas en Tucumán, comparando caña semilla

proveniente de micropropagación (SAC) con caña semilla comercial con alta incidencia de RSD (SC), determinaron importantes incrementos del porcentaje de emergencia y la producción de caña por hectárea con el uso de semilla de alta calidad (SAC) (Tabla 1 y Figura 1).

Tabla 1: Porcentajes de emergencia promedio para caña semilla de alta calidad (SAC) y caña semilla Comercial (SC), en plantación de invierno.

Variedad	% Promedio de emergencia	
	Caña semilla "comercial" (SC)	Caña semilla de alta calidad (SAC)
LCP 85-384	35-40	58
TUC 77-42	40-45	50
CP 65-357	30-35	47
RA 87-3	40	50

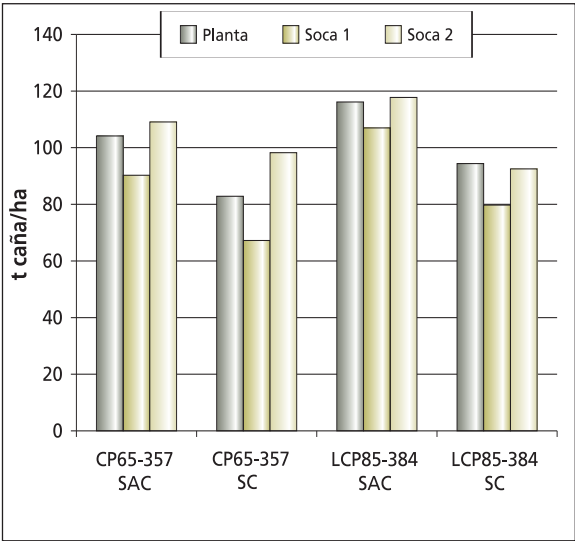


Figura 1: Efectos de la calidad de la semilla sobre la producción de caña en dos variedades y tres edades diferentes.

OBTENCIÓN DE CAÑA SEMILLA DE ALTA CALIDAD

Para proveer a los productores cañeros de Tucumán de caña semilla de alta calidad la

EEAOC inició en el 2000 el Proyecto Vitroplantas. En este proyecto la semilla de alta calidad se obtiene empleando la técnica de micropropagación. Esta técnica, cuando se usa como explanto el meristema apical, permite obtener plantas sanas y vigorosas, pero no modifica las características propias de cada variedad en cuanto a tolerancia, resistencia o susceptibilidad frente a una enfermedad.

Los plantines micropropagados (vitroplantas) son rusticados en invernáculo y multiplicados en campo mediante un esquema de semilleros (Figura 2).

Las Figuras 3 y 4 muestran los plantines obtenidos en el laboratorio y rusticados en el invernáculo de la EEAOC.



Figura 2: Etapas del Proyecto Vitroplantas.



Figura 3: Plantines micropropagados de caña de azúcar.



Figura 4: Rusticación de los plantines en invernáculo.

SEMILLEROS DE CAÑA DE AZÚCAR

Los semilleros son lotes destinados a la producción de caña semilla de alta calidad, por lo tanto reciben un manejo y control especial. La Figura 5 muestra el esquema de semilleros de caña de azúcar vigente en Tucumán.

Semillero Básico

Se encuentra ubicado en la localidad de Louisiana, departamento Cruz Alta, y constituye la primera etapa de multiplicación en campo de las vitroplantas. En las Figuras 6 y 7 se muestra el Semillero Básico.

Los plantines micropropagados son transplantados a campo y colocados a 0,5 m entre plantines y 1,60 m entre surcos, para conformar el Semillero Básico. El material del Semillero Básico es cuidadosamente controlado durante todo su desarrollo realizándose riegos, fertilizaciones, y control de malezas en forma permanente. Este material es estrictamente evaluado en relación con su estado sanitario. Su manejo y control es responsabilidad exclusiva de la EEAOC.

La caña planta y la primera soca de este semillero se utiliza para la plantación de los Semilleros Registrados.

Semilleros Registrados

Están distribuidos en toda el área cañera de Tucumán en campos de ingenios, cooperativas y grandes productores. Para la campaña 2008 - 2009, en nuestra provincia se dispone de 40 Semilleros Registrados (aproximadamente 110 ha) en los cuales se multiplica caña semilla de alta calidad de las variedades que demanda el sector productivo.

Los Semilleros Registrados constituyen la

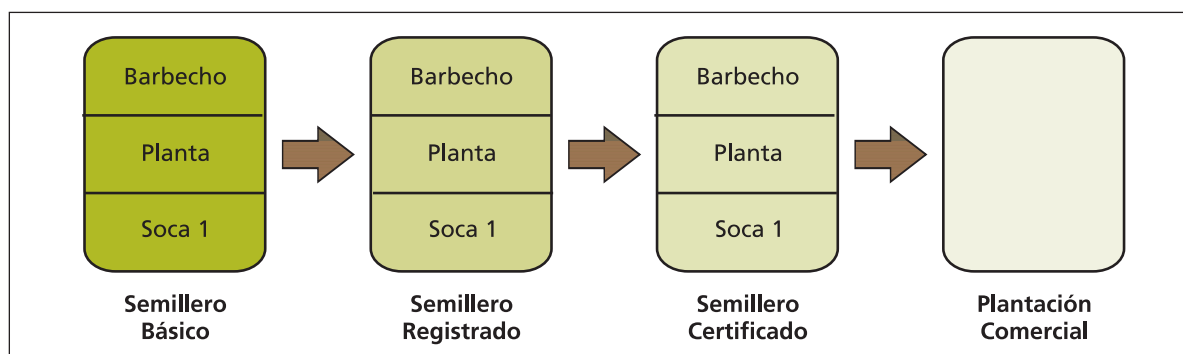


Figura 5: Esquema de semilleros de caña de azúcar vigente en Tucumán.



Figura 6: Plantines micropropagados implantados en el Semillero Básico.



Figura 7: Vista del Semillero Básico en Louisiana.

segunda etapa de multiplicación en campo de la simiente de alta calidad, y son de responsabilidad compartida entre la EEAOC y los semilleros. La EEAOC suministra la caña semilla del Semillero Básico, realiza los controles sanitarios, supervisa y brinda el asesoramiento técnico, y el semillero realiza el manejo agronómico de los Semilleros Registrados.

La Figura 8 muestra la ubicación del

Semillero Básico y de los Semilleros Registrados en el área cañera de Tucumán.

Semilleros Certificados

Se plantan a partir de la caña planta y primera soca de los Semilleros Registrados. Se ubican en fincas de ingenios, cooperativas o productores y constituyen la tercera etapa de multiplicación a campo de la caña semilla de alta calidad. Con la caña planta y soca 1 obtenida, se realizan las plantaciones y/o renovaciones comerciales.

Normalmente, el productor cañero se inserta en esta etapa del esquema de semilleros, produciendo de esta manera la caña semilla de alta calidad para sus plantaciones comerciales. Para la implantación de estos semilleros, el productor recibirá la semilla de alta calidad de un Semillero Registrado próximo a su explotación.

El manejo y control de estos semilleros es responsabilidad de los semilleros, los cuales reciben el asesoramiento necesario de los técnicos de la EEAOC.

RECOMENDACIONES PARA EL ESTABLECIMIENTO Y MANEJO DE SEMILLEROS

Elección del lote

El lote para la implantación del semillero debe provenir de un barbecho químico de por lo menos 6 meses o de una rotación con otro cultivo (soja, caupi, papa, etc.) de forma tal de asegurar la eliminación de patógenos que permanecen en el suelo o en los restos de cepas viejas, garantizar la erradicación de cepas extrañas y reducir significativamente la población de malezas perennes (grama bermuda, pasto ruso, etc.).

Se debe elegir el mejor lote disponible, con

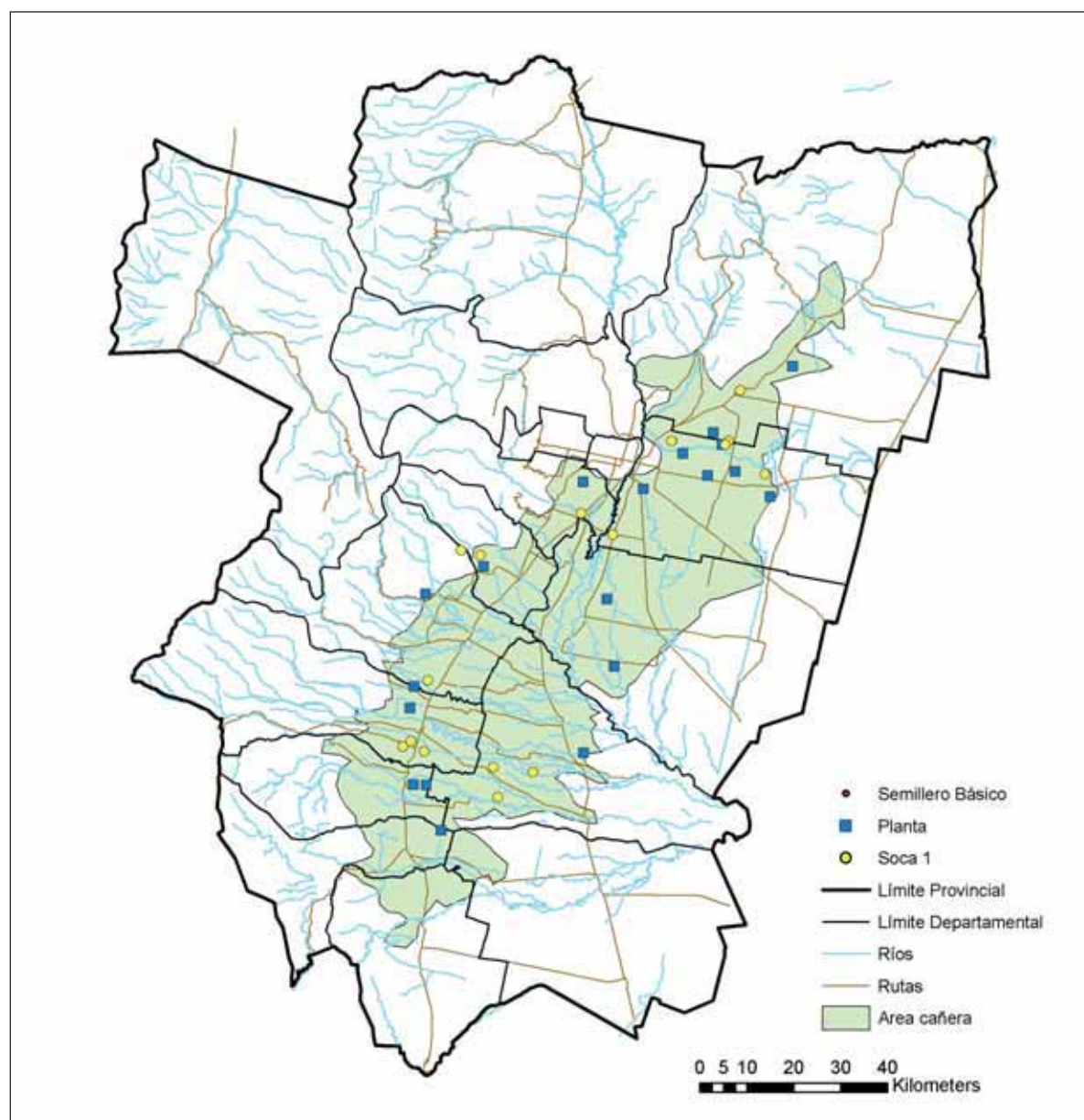


Figura 8: Red provincial de semilleros Registrados 2009 (Fuente: Sensores Remotos y SIG. EEAOC).

buenas características de suelo, bien drenado y de alto potencial productivo. El semillero debe estar ubicado en una zona estratégica que permita un fácil acceso y distribución de la caña semilla y preferentemente en una zona de baja probabilidad de ocurrencia de heladas.

El lote semillero debe contar con riego para lograr el mejor aprovechamiento de su potencial productivo y para asegurar el aprovisionamiento de caña semilla de excelente calidad.

Fecha de plantación

Se debe considerar que la capacidad de brotación de la caña semilla es mejor en las cañas jóvenes que en las viejas. Es ideal que la caña semilla tenga entre seis y nueve meses en el momento de usarse para las plantaciones.

Elección de variedades

Las variedades multiplicadas en un semillero responden a los requerimientos de los productores quienes, del espectro varietal disponi-

ble, seleccionarán aquellas que mejor se adapten a las condiciones particulares de su explotación. Para el 2009 en los Semilleros Registrados de la provincia de Tucumán se dispone de las siguientes variedades: LCP 85-384, TUCCP 77-42, RA 87-3, CP 65-357 y L 75-33.

Tamaño

El tamaño del semillero se calcula en función de las expectativas de rendimiento de la caña semilla (tasa de multiplicación) y de las necesidades de renovación de las plantaciones comerciales. En la Figura 9 se muestra un ejemplo para el cálculo de superficie del semillero considerando las tasas de multiplicación promedio que se obtienen en Tucumán. Se observa que a partir de una hectárea de Semillero Registrado se pueden renovar 144 hectáreas comerciales por año.

Debemos tener en cuenta que solo se usa la caña planta y la soca 1 de los semilleros, tanto Registrados como Certificados, por lo que todos los años se debe plantar el lote semillero (Registrado y/o Certificado) para mantener el esquema y tener una continuidad en la provisión de caña semilla de alta calidad.

Una vez que se realizó el segundo corte

(soca 1) del semillero Registrado o Certificado, el lote deja de ser semillero y pasa a tener el manejo de un lote comercial.

MANEJO DE LOS SEMILLEROS

Plantación de los Semilleros Registrados y Certificados

Densidad de plantación

El Semillero Registrado se planta con una densidad de 8-10 yemas por metro (una caña cruzada), debido a que la caña semilla proveniente del Semillero Básico es extremadamente costosa y su disponibilidad es limitada (Figura 10). Además, la alta calidad de la semilla y el manejo cuidadoso de la plantación garantizan un elevado porcentaje de brotación, lo cual asegura en el lote semillero, una adecuada población final de tallos.

En la Tabla 2 se presenta el número de tallos primarios/m y los porcentajes de brotación promedio obtenidos en los Semilleros Registrados.

El Semillero Certificado se planta con una densidad máxima de 15-18 yemas (dos cañas cruzadas) (Figura 11). De esta forma se logra obtener una alta tasa de multiplicación del material.

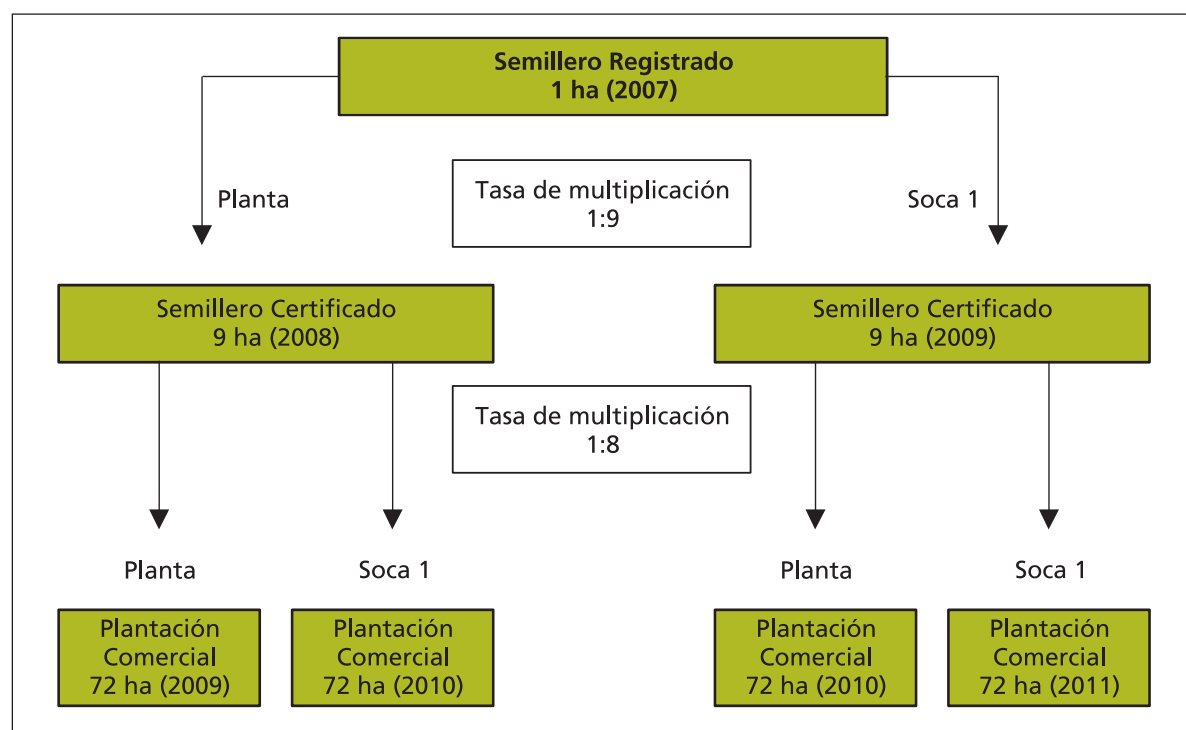


Figura 9: Esquema de multiplicación de caña semilla en las diferentes etapas de semilleros.



Figura 10: Plantación de un Semillero Registrado a 1 caña cruzada (8-10 yemas/m).

Tabla 2: Número promedio de tallos primarios/m y porcentajes de emergencia de los Semilleros Registrados.

Variedad	Nº de tallos primarios/m	% de emergencia
LCP 85-384	5,80	58,0
TUC 77-42	5,00	50,0
RA 87-3	5,05	50,5
L 75-33	3,90	39,0

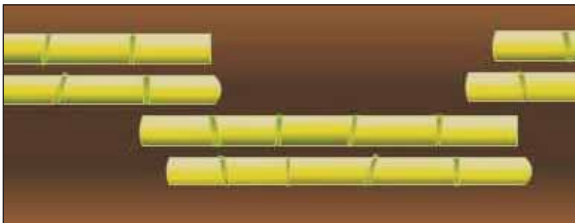


Figura 11: Plantación de un Semillero Certificado a 2 cañas cruzadas (15-18 yemas/m).

Troceado

La baja densidad de plantación utilizada en los semilleros hace necesario que el troceado de la semilla se realice en forma muy cuidadosa.

El troceado en estacas de tres a cuatro yemas favorece una brotación elevada y uniforme de todas las yemas disponibles en la caña semilla. Si esta operación se ejecuta en forma incorrecta, se producirán fallas en la brotación del cañaveral, ya que si las estacas son muy largas algunas yemas permanecerán sin brotar y si son muy cortas, se corre el riesgo de perder yemas por deshidratación.

Desinfección de herramientas y maquinarias

Todas las herramientas, maquinarias y el transporte utilizados en la plantación y cosecha de los semilleros deben ser cuidadosamente desinfectados, esto incluye a los elementos de carga y transporte de la semilla.

Para desinfectar las herramientas se las debe sumergir frecuentemente en Amonio Cuaternario al 3‰ (30 ml de Amonio en 10 litros de agua) o lavandina al 30% (tres litros de lavandina y llevar hasta 10 litros con agua), durante por lo menos 5 minutos, para impedir la reinfeksi3n de la caña semilla con la bacteria causante del achaparramiento de la caña soca. Es aconsejable disponer de varios juegos de herramientas para intercambiarlos durante la plantaci3n o cosecha del semillero.

En el caso de los elementos de transporte y carga, hay que limpiarlos cuidadosamente, eliminando todos los restos de caña que puedan tener y luego pulverizarlos abundantemente con la misma soluci3n desinfectante que se emplea para las herramientas (Figuras 12 y 13).



Figura 12: Herramientas de corte sumergidas en Amonio Cuaternario para su desinfecci3n.



Figura 13: Desinfecci3n de acoplados para el transporte de caña semilla saneada.

La desinfección cuidadosa de máquinas y herramientas es una tarea fundamental para garantizar el mantenimiento de una excelente sanidad, que es una de las principales características de la semilla de alta calidad.

MANEJO AGRONÓMICO DE LOS SEMILLEROS

El manejo agronómico de los lotes semilleros debe ser una prioridad para el productor cañero, ya que así podrá aprovechar al máximo todas las ventajas de este material selecto y percibirá los beneficios económicos que reporta su uso a nivel comercial.

Control de malezas

El control de malezas se puede realizar en forma manual, mecánica y/o química. Es muy importante que el semillero permanezca limpio desde la brotación hasta el cierre del cañaveral ya que durante este período la caña de azúcar no puede competir eficazmente con las malezas. Mantener el semillero libre de competencia durante este tiempo permitirá el establecimiento rápido de un adecuado número de tallos. Además, las malezas son hospederos de plagas y enfermedades que afectan a la caña.

Fertilización

Previo a la implantación del semillero se debe realizar el análisis de suelo del lote con el objetivo de establecer la disponibilidad de nutrientes. La fertilización con nitrógeno se debe realizar siempre, y puede efectuarse en dosis divididas (2 kg de urea por surco y por aplicación). La primera aplicación se realiza en la época óptima, mediados de octubre a mediados de noviembre, y la segunda a fines de diciembre. De esta manera se conformarán cepas bien desarrolladas, se establecerá una elevada población de tallos y se alcanzará un importante número de yemas por tallo, obteniéndose cañas con un estado nutricional adecuado para ser empleadas como semilla. Se debe aclarar que esta recomendación es específica para el manejo del semillero y no debe ser trasladada al cultivo comercial ya que los objetivos de la fertilización son diferentes.

En caso de que el análisis de suelo indique menos de 20 ppm de fósforo extractable (método Bray II) es necesario realizar la fertilización

de base con este nutriente, aplicando por ejemplo superfosfato triple en la base del surco (2,5 a 3 kg/surco), lo que resulta suficiente para abastecer de fósforo al cañaveral durante toda su vida productiva (como semillero y como lote comercial).

Riego

Para lograr elevadas producciones de caña en los semilleros es fundamental satisfacer los requerimientos hídricos del cultivo en cada una de sus fases fenológicas (brotación, macollaje y gran crecimiento). Resulta recomendable, considerando las condiciones primaverales típicas de Tucumán, asegurar la brotación y macollaje con riegos frecuentes desde septiembre a diciembre. Luego, en el verano, se deberá regar si las lluvias no son suficientes.

Monitoreo sanitario de los semilleros

Obtener caña semilla sana es la razón principal para la implantación de lotes semilleros, por lo tanto su control sanitario debe ser realizado en forma permanente. Por esta razón, el monitoreo sanitario es una tarea fundamental en todas las etapas del esquema de semilleros (Básico, Registrados y Certificados).

En el mes de diciembre, los semilleros son recorridos por los especialistas en fitopatología de la EEAO para observar su estado sanitario y en esa oportunidad, las cepas con presencia de carbón o escaldadura son marcadas para que el semillerista proceda a su eliminación. Entre abril y mayo se toman las muestras de los semilleros para determinar el nivel de infección de RSD y escaldadura. Dichas muestras están formadas por 20 tallos por cada hectárea de semillero (se emplea el tercio inferior de los tallos) y son analizadas a través de la técnica de "Tissue blot" en el Laboratorio de Fitopatología de la EEAO.

LA TERMOTERAPIA: UNA ALTERNATIVA PARA LA OBTENCIÓN DE CAÑA SEMILLA SANEADA.

La termoterapia es una técnica que consiste en la exposición de plantas enfermas (enteras u órganos) a tratamientos de alta o baja temperatura por determinados períodos de tiempo, con la finalidad de eliminar al patógeno causante de la enfermedad.

Los tratamientos con bajas temperaturas se han utilizado, por ejemplo, para la eliminación

de viroides en el cultivo de papa.

En caña de azúcar, se emplean tratamientos con calor para la eliminación de algunas enfermedades sistémicas. En este caso, el fundamento del uso de la termoterapia, se basa en la inactivación de los agentes causales de las enfermedades por medio del calor, el que actúa destruyendo las enzimas de los patógenos sin dañar las proteínas y enzimas de la caña de azúcar. Dentro de este tipo de tratamientos podemos mencionar el uso de aire caliente, vapor aireado y agua caliente, empleando diferentes temperaturas y tiempos de exposición.

El empleo de agua caliente se conoce como hidrotermoterapia, y en este capítulo nos referiremos fundamentalmente a ella. Para realizar los tratamientos de hidrotermoterapia se emplean cámaras especiales que permiten regular la temperatura del agua y la duración del tratamiento. Estas cámaras de agua caliente tienen capacidad para tratar diferentes volúmenes de caña semilla, generalmente entre 0,5 y 3 t de caña por vez (Figura 14).

Algunas de las enfermedades que pueden eliminarse con estos tratamientos son: el carbón (*Ustilago scitaminea*), la estría clorótica (agente causal desconocido) y el RSD (*Leifsonia xyli* subsp. *xyli*). Las dos primeras enfermedades pueden ser controladas con tratamientos cortos de agua caliente a 50°C durante 30 minutos.

Para la eliminación del agente causal del achaparramiento de la caña soca o RSD, se deben emplear tratamientos más largos. Algunos de los tratamientos más empleados consisten en sumergir las estacas de caña en agua caliente a 50°C durante dos a tres horas, a 51°C una hora o a 52°C durante 30 minutos. En Colombia recomiendan someter a las estacas de caña a un pretratamiento a 50°C 10 minutos, dejarlas en reposo a temperatura ambiente 8-12

horas y luego volver a tratarlas a 51°C una hora, lográndose un efecto protector sobre las yemas y un control eficiente de la enfermedad.

Se debe considerar que el tiempo y la temperatura que se emplean en los tratamientos de hidrotermoterapia resultan de un compromiso entre la eliminación del agente causal del RSD y la necesidad de conservar adecuados valores de brotación de las yemas. Por lo tanto, su éxito depende de la capacidad de los tejidos de la planta de soportar periodos largos de temperaturas altas que inactiven al patógeno, sin afectar significativamente el crecimiento de la planta.

Cuando se pretenden realizar tratamientos de hidrotermoterapia en caña de azúcar, deben tenerse en cuenta una serie de aspectos que mencionaremos a continuación:

- La temperatura y la duración de los tratamientos deben estar estrictamente controlados para lograr resultados satisfactorios.
- El tiempo de exposición se debe contar desde el momento en que la temperatura del agua alcanza el nivel deseado. Al introducir la caña en la cámara, la temperatura del agua desciende, debe esperarse a que alcance nuevamente el nivel deseado y recién a partir de ese momento contar el tiempo del tratamiento.
- El tamaño del tejido a tratar afecta la eficiencia del tratamiento, es conveniente que la estaca a tratar no supere los 60 cm de longitud.
- Los tratamientos de termoterapia normalmente afectan la capacidad de brotación de las yemas de la caña de azúcar y, por lo tanto, este aspecto debe ser considerado al momento de definir la densidad de plantación. En la mayoría de los casos se estima una pérdida promedio de yemas de aproximadamente el 20%.
- Se debe enfriar rápidamente la caña semilla después del tratamiento, esto contribuye a reducir el daño a las yemas.
- Las variedades de caña de azúcar difieren en su tolerancia a la termoterapia.
- El agua del tanque de termoterapia debe ser



Figura 14: Cámara para Hidrotermoterapia.

renovada regularmente (por lo menos una vez por semana), ya que aparecen sustancias contaminantes que pueden inhibir la brotación de las yemas.

La termoterapia puede resultar una herramienta útil para eliminar los agentes causales de algunas enfermedades, sin embargo en muchos casos los microorganismos no son eliminados sino atenuados por lo cual la enfermedad puede reaparecer en las siguientes generaciones, especialmente cuando los niveles de incidencia son elevados, y por lo tanto es necesario reciclar periódicamente la semilla termotratada. En el caso particular de las enfermedades virósicas es muy difícil obtener plantas libres de virus solo con el empleo de altas temperaturas.

Para la escaldadura de la hoja (*Xanthomonas albilineans*) los resultados obtenidos en diferentes países son variables, en general, los tratamientos con agua caliente más comunes no controlan la enfermedad. En Colombia se reporta un control eficiente del patógeno cuando se tratan yemas individuales, a las cuales se las sumerge en agua a temperatura ambiente durante 48 horas y luego se las trata con agua caliente a 50°C tres horas o a 51°C una hora. Cuando se tratan estacas de tres a cuatro yemas no se logra eliminar la enfermedad.

La termoterapia exige, para su correcta implementación, una logística compleja que incluye el suministro adecuado de caña semilla, su traslado desde el campo hacia el lugar de tratamiento, el acondicionamiento de la semilla previo al tratamiento (tamaño de la estaca, colocación de la semilla en las canastas, número suficiente de canastas para tratar la semilla y para trasladarla al lugar de plantación, etc. Figuras 15, 16 y 17). Se debe contar con personal entrenado y responsable para controlar la correcta realización del tratamiento (temperatura y duración) y prever el manejo posterior de esa semilla (traslado y distribución en el campo, densidad de plantación considerando la probable pérdida de yemas, entre los aspectos más importantes).

La termoterapia, al igual que cualquier otra herramienta tecnológica, puede significar una ayuda en la solución de una determinada problemática productiva pero, para que se obtengan los beneficios deseados, es imprescindible conocer sus ventajas, exigencias y limitaciones.



Figura 15: Caña semilla troceada y preparada para el tratamiento térmico.



Figura 16: Canasta con caña semilla lista para ser termotratada.



Figura 17: Traslado de la canasta con caña semilla termotratada.

CONSIDERACIONES FINALES

El uso de caña semilla de alta calidad brinda al productor cañero la posibilidad de aumentar los rendimientos de su cañaveral y permite emplear menores densidades de plantación, con la consiguiente disminución de los costos y el incremento en los beneficios netos.

Estos objetivos se alcanzarán si en todas las

etapas de multiplicación de la semilla de alta calidad (Semillero Básico, Registrados y Certificados) se realizan las prácticas de mane-

jo adecuadas en tiempo y forma, de manera de permitir el aprovechamiento integral de las ventajas productivas de este material selecto.

Sr. Productor Ud. cuenta con una tecnología de alto potencial, pero para que este potencial se exprese es necesario que el manejo de su semillero sea el apropiado. El empleo de caña semilla de calidad debe ser considerado dentro su planificación como un insumo imprescindible, tal como los fertilizantes, herbicidas, combustible, etc. La inversión que realice en este rubro tiene una alta tasa de retorno que vuelve a Ud. bajo la forma de un cañaveral más productivo y longevo.

CAPÍTULO 5 |

PLANTACIÓN DE LA CAÑA DE AZÚCAR Recomendaciones generales

Autores

Patricia A. Digonzelli

Juan A. Giardina

Sergio D. Casen

Luis G. P. Alonso

Juan Fernández de Ullivarri

Jorge Scandaliaris

Eduardo R. Romero

M. Javier Tonatto

M. Fernanda Leggio Neme

PLANTACIÓN DE LA CAÑA DE AZÚCAR

Recomendaciones generales



INTRODUCCIÓN

La plantación es una de las etapas más críticas de la producción de caña de azúcar e involucra una inversión económica del 20,5% del costo total anual, considerando cinco años de amortización. Al ser la caña de azúcar un cultivo semi-perenne, los errores que se cometan en la selección de la semilla, en la preparación del suelo, en la elección de la variedad, en el diseño, época y densidad de plantación, se reflejarán en los años que dure el cañaveral. *Por lo tanto, la plantación es una fase fundamental para optimizar la productividad.*

Una buena implantación del cañaveral asegura:

- Un elevado porcentaje de brotación.
- Una población inicial de tallos óptima y temprana.
- Una distribución uniforme de los tallos y sin fallas.
- Un cierre temprano facilitando el control de malezas.
- Una alta población de tallos molibles a cosecha.
- La conformación de cepas vigorosas y bien establecidas.
- Una mayor longevidad de cepa.

OPERACIONES PREVIAS A LA PLANTACIÓN

Antes de la implantación deberían realizarse algunas operaciones que permitan minimizar el efecto de factores limitantes para la productividad de los cañaverales, tales como: excesivas pendientes, problemas de compactación, problemas de drenaje y de acumulación de agua superficial, problemas de fertilidad, alta infestación de malezas perennes, etc.

A continuación se indican algunas de las labores de ejecución previa a la plantación y/o renovación de los cañaverales.

Descepado

Esta operación consiste en la destrucción e incorporación en el suelo de las cepas de caña

del cultivo anterior. La misma puede realizarse de forma mecánica o química.

El descepado mecánico tiene como finalidad la remoción, triturado y exposición de las cepas al medio externo para su desecación. Normalmente esta operación se realiza con dos pasadas de equipo (Ej.: rastra), una en la dirección de los surcos existentes y la segunda en forma perpendicular a la primera pasada.

El descepado químico consiste en la aplicación de herbicidas totales (Ej.: glifosato 7-10 L producto comercial/ha), que eliminan de forma eficiente las cepas viejas, provocando la muerte de las mismas y su lenta descomposición. El descepado químico puede realizarse en aquellos lotes que por su topografía limitan la realización de labores mecánicas o en aquellas situaciones en que no se quiere borrar el trazado de curvas de nivel ya existentes. En este último caso, puede surcarse en la trocha manteniendo el diseño de sistematización del campo.

Sistematización

Se entiende por sistematización al movimiento de tierra efectuado en el terreno basado en un relevamiento planialtimétrico. Las prácticas de sistematización y protección de un área tienen por objetivos, entre otros, la disminución de la velocidad de escurrimiento superficial, la eliminación del exceso de agua (drenaje), la implementación eficiente del riego, etc.

En las áreas con pendientes fuertes se hace necesario el control del escurrimiento superficial, lo que puede conseguirse con la implantación racional de obstáculos (cultivo en contorno o en curvas de nivel, terrazas, etc.). El cultivo en contorno o en curvas de nivel es una de las prácticas más simples y de gran eficacia en el control de la erosión, y consiste en la plantación del cultivo siguiendo curvas de nivel controlado, es decir, cortando la pendiente.

Estos surcos deben tener una pendiente controlada que en general es de 2 a 3 ‰, dependiendo de las condiciones del suelo y del clima.

Los terrenos bien sistematizados permiten realizar un riego de superficie más eficiente, lo que significa un uso racional y económico del agua. Esto por un lado, evitará que el agua de riego alcance velocidades excesivas que produzcan erosión y, por otro, disminuirá los riesgos de generar estancamientos superficiales de agua que afecten el crecimiento de la caña de azúcar, debido a problemas de asfixia radicular y/o salinización del suelo (Figura 1).



Figura 1: Lote sistematizado con curvas de nivel.

En los terrenos sistematizados, se deben tener en cuenta los callejones de conducción de agua (en los casos que se riega) o de salida de la producción.

En el primer caso, los callejones deben tener una pendiente controlada que no pase del 3%, ya que en ellos se conducirá el agua utilizada para riego.

Los callejones cuyo objetivo es el tránsito de los equipos de transporte para la producción, deben tener también una pendiente controlada para evitar que se erosionen con las lluvias estivales, y para que los equipos de transporte se desplacen fácilmente. Estos callejones deben tener un ancho que permita el cruce de dos equipos con comodidad (callejones principales). En general el ancho puede variar entre 7 y 10 m, y en algunas situaciones particulares pueden tener un ancho ligeramente mayor.

Cuando las pendientes superan los límites convenientes, es necesario construir trabas transversales para disminuir la velocidad del agua y así evitar la erosión del callejón.

En el diseño de la plantación se deben contemplar playas para el estacionamiento de frentes de cosecha y de equipos de transporte. En el caso de que se vayan a utilizar carros de auto-vuelco, se deberían dejar espacios apropiados para efectuar el trasbordo.

Desagüe o drenaje superficial

Tiene como objetivo eliminar el agua que no infiltró, al saturarse el horizonte superficial del suelo por exceso de lluvias. El diseño de plantación debe tener en cuenta la orientación y longitud de los surcos, la ubicación de los callejones, caminos, etc., para lograr del modo más eficiente y práctico el drenaje superficial.

Los callejones deben estar localizados en los lugares donde cambia la pendiente del terreno, respondiendo a las necesidades del manejo del agua y a los requisitos del transporte durante la cosecha.

Drenaje interno

En este caso se busca eliminar el exceso de agua del perfil del suelo o también cuando es necesario hacer descender la capa freática cercana a la superficie. Esto mejora la aireación del suelo y la mineralización de la materia orgánica, aumentando la disponibilidad de nutrientes para la planta y favorece el desarrollo del sistema radicular.

Estas prácticas, permitirán incorporar campos a la producción y/o aumentar la productividad de los mismos.

Control de malezas perennes en pre-plantación

Las plantaciones sucesivas de caña favorecen la dispersión de los órganos de propagación de malezas perennes, entre las que se destacan: la grama bermuda (*Cynodon dactylon*), el pasto ruso (*Sorghum halepense*), el cebollín (*Cyperus rotundus*) y la cola de caballo (*Equisetum* sp.). Los lotes con alta infestación de estas malezas requieren un manejo particular. En este caso resulta recomendable realizar la rotación o el barbecho químico del lote.

Rotación: se puede rotar el lote sembrando variedades de soja resistentes al glifosato, para usar dicho herbicida sin problemas. Este cultivo puede ser cosechado o incorporado al suelo como abono verde.

Barbecho químico: una vez eliminada la cepa vieja de caña de azúcar (descepado), se deja el lote sin plantar. En el verano, cuando las malezas se encuentran en activo crecimiento, se aplica glifosato (5 L/ha). En algunos casos se deberá realizar una segunda aplicación o manchoneos con el mismo producto.

Con cualquiera de estas prácticas se logrará disminuir significativamente la población de

malezas perennes de los lotes previo a la plantación del cañaveral, lo cual facilitará el manejo posterior del mismo.

Preparación de suelo

Involucra una serie de labores que tienen como finalidad lograr un ambiente adecuado para una buena brotación de la caña semilla, favorecer un buen desarrollo radicular y conformar una cepa vigorosa. Además, con estas labores se busca reducir la infestación de malezas y los residuos de cultivos anteriores, aumentar la capacidad de infiltración, mejorar las condiciones de aireación del suelo, favorecer la mineralización de la materia orgánica, mejorar la disponibilidad de nutrientes para el cultivo y romper capas compactadas que impiden el buen desarrollo radicular de la caña.

Las labores que se realicen en la preparación de suelo dependerán de las características del mismo (textura, contenido de humedad, compactación, etc.).

Una preparación de suelo insuficiente afecta negativamente la brotación de la caña de azúcar al no favorecer el íntimo contacto caña semilla-suelo. De igual manera, una preparación de suelo excesiva resulta perjudicial ya que se deteriora la estructura del suelo produciendo agregados muy finos que favorecen el encostramiento superficial y obstruyen los macroporos del suelo.

Por lo tanto, en la preparación de suelo se deben incluir las labores estrictamente necesarias para cada condición y que favorezcan el mejor crecimiento del cañaveral. No debemos olvidar que el suelo constituye un recurso no renovable que es imprescindible conservar con el objetivo de alcanzar una producción de caña de azúcar sustentable.

El Subsolador y el cincel son implementos que se utilizan en la preparación del suelo para realizar un laboreo vertical en profundidad.

El subsolador se utiliza cuando es necesario romper capas compactadas a una profundidad entre 35-50 cm, esta tarea requiere tractores de gran potencia (30-60 HP por timón dependiendo del equipo, del terreno y de la profundidad de trabajo) (Figura 2).

El cincel rompe capas compactadas a menor profundidad (aproximadamente 15-25 cm) y requiere menos potencia de tractor (10-15 HP por arco) (Figura 3).



Figura 2: Equipo subsolador.



Figura 3: Cincel.

La rastra de disco rompe terrones o agregados superficiales capaces de generar cámaras de aire que afectan la brotación al impedir un íntimo contacto caña semilla-suelo. Mejora la aireación, permite incorporar el rastrojo y deja los órganos subterráneos de reproducción de las malezas expuestos a las condiciones ambientales, lo que favorece su control (Figura 4).



Figura 4: Rastra de discos.

La secuencia y número de labores en la preparación del suelo depende de la situación de cada lote y de la disponibilidad de equipos.

Aspectos a considerar en la plantación

Época de Plantación

La época de plantación define el escenario ambiental en el que se implanta el cañaveral, lo cual tiene fundamental importancia para el crecimiento, desarrollo y manejo cultural del mismo. En general, temperaturas de suelo inferiores a 16°C limitan la brotación, entre 16°C y 20°C la brotación es lenta, requiriendo más días para la emergencia de los brotes. Cuando se superan los 20°C la velocidad de la emergencia se incrementa progresivamente.

En Tucumán se distinguen tres épocas típicas de plantación: verano, otoño-invierno y primavera. En la Tabla 1 se presentan las ventajas y desventajas de cada una de ellas.

Las experiencias realizadas en Tucumán demostraron las ventajas de las plantaciones de verano, las que deberían efectuarse desde el 10 de febrero al 20 de marzo. Sin embargo, éstas no se han generalizado debido a los inconvenientes operativos generados por las lluvias y al daño de la cepa por el corte temprano de la semilla.

En nuestra zona cañera la época de preferencia es la otoño-invernal. En otoño, por la disponibilidad de caña semilla sin daños por heladas y en invierno por el aprovechamiento de los terrenos recién cosechados. Las plantaciones que se realizan en esta época inician su brotación a partir de septiembre, es decir, la caña semilla permanece bajo tierra hasta cuatro meses sin brotar. Cuanto mayor es el tiempo que la semilla permanece bajo tierra, hay mayores pérdidas de yemas por deshidratación y aumenta la probabilidad de ocurrencia de enfermedades y ataques de insectos que produ-

Tabla 1: Características principales de las tres épocas de plantación en Tucumán.

Época de plantación	Ventajas	Desventajas
Estival (Febrero a mediados de Marzo)	● Caña semilla fisiológicamente óptima y disponibilidad segura. ● Adecuada temperatura y humedad para la brotación. ● Buena disponibilidad de mano de obra y de maquinarias. ● Menor densidad de semillado. ● Rápida emergencia de los brotes.	● Problemas de preparación de suelos (falta de piso). ● Menor producción de semilla. ● Posibles efectos de heladas. ● Utilización de terrenos que no se cosecharán en ese año. ● Corte temprano del cañaveral para la extracción de la simiente.
Otoño – Invernal (Mayo-Agosto)	● Buena y segura disponibilidad de caña semilla, sobre todo previo a las heladas. ● Calidad intermedia de la simiente. ● Aprovechamiento inmediato de terrenos recién cosechados. ● Mejores condiciones para la preparación de los suelos.	● Condiciones no óptimas de temperaturas y humedad. ● Importante demora entre la plantación y brotación. ● Menor disponibilidad de mano de obra y maquinarias por ser este un período de gran actividad en cosecha. ● Mayor densidad de semillado.
Primavera (Septiembre-Octubre)	● Mejores condiciones de temperatura. ● Humedad variable según años y posibilidades de riego. ● Menor demora entre plantación y brotación. ● Suelos en mejores condiciones para la labranza en relación con la época estival. ● Densidades intermedias de siembra.	● Baja disponibilidad y calidad de caña semilla. ● Riesgos de sequías primaverales con problemas en brotación sino se riega. ● Disponibilidad de mano de obra y maquinaria, según la duración de la cosecha. ● Menor ciclo de crecimiento a cosecha.

cen muerte de yemas. Por esto, debemos manejar cuidadosamente todas las prácticas vinculadas a la plantación para reducir los efectos negativos de la época elegida.

Variedades

El mejoramiento genético, a través del aporte de nuevas variedades, contribuye significativamente a adaptar el cultivo a diferentes condiciones agroecológicas con mejoras permanentes en la capacidad de producción de caña y azúcar.

El empleo de nuevas variedades es la tecnología más económica a disposición del cañero para mejorar su productividad; no solo por el incremento del rendimiento cultural y fabril, sino también por la reducción de costos al disminuir los gastos en aspectos tales como: cantidad de caña semilla utilizada en plantación, control de malezas, plagas y enfermedades, fertilización, riego, cosecha, etc.

Diseño de Plantación

El diseño de plantación que mejores resultados ha mostrado en Tucumán es el de surcos de base ancha (0,40-0,60 m en la base del surco, distanciados a 1,60 m.), al permitir incrementos promedios de producción del 15% al 20% (Figuras 5 y 6). Este diseño permite mejorar la población de tallos y optimizar la capacidad productiva de la caña de azúcar, debido fundamentalmente a la mejor distribución de la semilla en la base del surco, favoreciendo el contacto caña semilla-suelo, evitando interferencias mecánicas entre yemas y por lo tanto mejorando la brotación. Además, cada tallo primario tiene mayor espacio para el macollaje, influencia que se mantiene en las sucesivas socas.

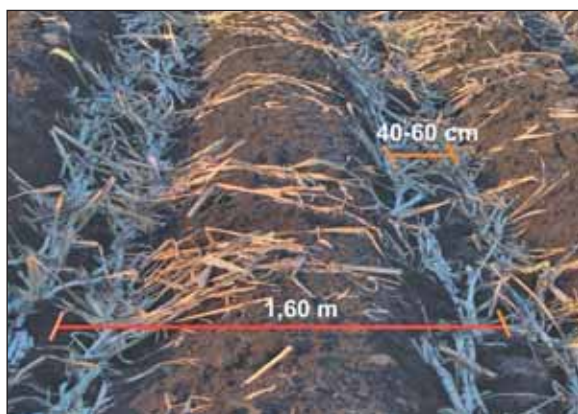


Figura 5: Distancias en surcos de base ancha.



Figura 6: Surcos de base ancha.

Si bien este diseño genera los máximos incrementos en caña planta, se registran aumentos de producción durante toda la vida del cañaveral, que equivalen a obtener una cosecha adicional.

Surcado

El surcado se debe realizar con equipos que lleguen a profundidades apropiadas según las características del suelo y la humedad del mismo, dejando tierra suficiente para un buen tapado.

En las plantaciones de otoño-invierno en Tucumán, es característico el tapado de la semilla con mucha tierra, formando un sobrebordo que contribuye a conservar la humedad del suelo.

Los equipos pueden ser de discos o de rejas, siendo los primeros más adecuados para confeccionar surcos de base ancha.

Para disminuir los costos de la labor es conveniente trabajar con surcadores que realicen dos a tres surcos por pasada (Figura 7).

Estos surcadores deben tener un muy buen marcador para mantener el paralelismo entre los



Figura 7: Surcador triple.

surcos, y además, pueden contar con un sistema distribuidor de fertilizantes para realizar una fertilización en la base del surco.

La distancia usual entre surcos es de 1,60 m, aunque hay productores que emplean 1,50 m con el propósito de obtener un adicional de 4 surcos/ha. Sin embargo, en esta distancia los equipos de transporte van pisando la costilla. Además, es necesario adaptar todo el parque de maquinaria a este nuevo distanciamiento.

El largo de los surcos, a partir de la generalización de la cosecha mecánica, se fue haciendo cada vez mayor a fin de hacer más eficiente y económico el uso de las cosechadoras. El surco debería ser suficientemente largo para permitir una buena eficiencia de cosecha pero sin producir problemas de tránsito para los equipos de carga.

En caso de lotes con riego por gravedad, el largo máximo será de 200 a 250 metros según el tipo del suelo.

Densidad de plantación

La densidad de plantación, expresada como el número de yemas por metro lineal de surco, es uno de los principales factores determinantes del número de brotes primarios emergidos en la caña planta, lo cual influirá en la población final de tallos y en el rendimiento cultural.

Considerando el porcentaje de brotación de cada época y la capacidad de macollaje de las variedades, la cantidad de semilla que se utiliza normalmente en Tucumán, es elevada. Esto no significa una mayor producción, ya que puede traer aparejado una gran competencia y una elevada mortandad de tallos. Además, produce sustanciales incrementos en los costos de la caña semilla y del manipuleo de la misma.

Si se emplea semilla saneada (proveniente de un lote semillero de alta calidad), con una densidad de plantación entre 10 y 20 yemas/m

se obtienen cañaverales de elevadas poblaciones. La menor densidad corresponde a las plantaciones estivales o primaverales y la mayor a las otoño-invernales. Estudios disponibles indican que con el establecimiento efectivo de cuatro a cinco brotes primarios, bien distribuidos por metro lineal de surco, se logra una excelente población de tallos al momento de cosecha.

En caso de emplear como semilla material proveniente de lotes comerciales, es importante seleccionar cañaverales jóvenes, preferiblemente caña planta o soca 1, de siete a nueve meses de edad, en muy buen estado nutricional, de crecimiento y sin problemas de malezas, ni sanitarios.

En la Tabla 2 se comparan las densidades de plantación (yemas/m) más usadas en Tucumán y las recomendadas cuando se emplea caña semilla de alta calidad.

Cruce y Troceado

El cruce consiste en superponer las porciones de tallos que portan las yemas basales (más lignificadas y de menor contenido de humedad) con las apicales (tiernas y de mayor seguridad germinativa) a fin de evitar la ocurrencia de fallas, logrando una brotación uniforme. El mayor o menor cruce está relacionado con la época de plantación y la calidad de la semilla.

El troceado de la caña semilla es una práctica muy importante, ya que favorece la brotación de todas las yemas disponibles. La no realización de esta práctica o una ejecución deficiente (trozos largos) provoca una brotación desuniforme y con fallas.

Las mejores respuestas se obtienen con trozos de tres a cinco yemas en cañas de buen desarrollo y entrenudos largos, o porciones de 55 a 60 cm de longitud en tallos de poco desarrollo, con entrenudos cortos (Figura 8).

Tabla 2: Densidades de plantación más usadas en Tucumán y las recomendadas con el empleo de semilla de alta calidad para cada época de plantación.

Época de plantación	Densidad de plantación más usada en Tucumán (yemas/m)	Densidad de plantación recomendada para caña semilla de alta calidad (yemas/m)
Estival	15-20*	9-12*
Otoño-invernal	25-35*	15-20*
Primaveral	20-30*	12-15*

*El mayor número de yemas/m corresponde a aquellas variedades de entrenudos más cortos.



Figura 8: Troceado de la caña semilla.

Cuando se reduce la densidad de plantación con el empleo de la semilla de alta calidad resulta muy importante extremar los controles para que el troceado se realice correctamente.

Tapado de la Caña Semilla

La altura del bordo depende de la época de plantación. En las plantaciones estivales y primaverales el tapado de la caña semilla debe efectuarse con poca tierra (5-8 cm). En las plantaciones de otoño-invierno, para conservar la humedad y facilitar el control de malezas en el período inicial de brotación, se utiliza un tapado más alto (bordo 15-20 cm) (Figura 9). El bordo



Figura 9: Tapado de la caña semilla.

alto retrasa el calentamiento del suelo y provoca un atraso de la brotación. Este retraso de la brotación se puede utilizar como estrategia para realizar un control de malezas en pre-brotación, por ejemplo con glifosato antes de que aparezcan los brotes. Si se realiza este tipo de control se debe verificar cuidadosamente antes de aplicar el producto que no hayan aparecido los clavos en la superficie del suelo, ya que el glifosato se absorbe por cualquier tejido verde, sin necesidad de que las hojas estén expandidas.

Desboquillado o bajado de bordo

El desboquille consiste en la eliminación del exceso de tierra con que se tapó la caña semilla en las plantaciones de otoño-invierno. Es una labor fundamental para obtener una rápida y vigorosa brotación, ya que en el momento de la emergencia la cobertura de tierra no debe superar a 5-8 cm para evitar brotes delgados y de poco vigor.

Esta práctica se encuentra detallada en el capítulo N° 6.

Manejo cultural

Control de malezas: Después de la plantación es necesario planificar y ejecutar un programa de manejo de malezas que asegure la brotación, establecimiento y macollaje del cultivo sin la competencia de las mismas. Esto permitirá optimizar la brotación de la caña planta, favoreciendo la buena implantación del cañaveral lo cual tendrá efectos favorables en las socas sucesivas. Las recomendaciones se encuentran detalladas en el capítulo N° 9.

Fertilización: Las recomendaciones para la fertilización en caña planta se encuentran detalladas en los capítulos N° 6 y 7.

CAPÍTULO 6 |

PRÁCTICAS PARA EL CULTIVO DE CAÑA DE AZÚCAR

Autores

Patricia A. Digonzelli

Jorge Scandaliaris

Luis G. P. Alonso

Juan A. Giardina

Sergio D. Casen

Eduardo R. Romero

Juan Fernández de Ullivarri

M. Javier Tonatto

M. Fernanda Leggio Neme

PRÁCTICAS PARA EL CULTIVO DE CAÑA DE AZÚCAR



INTRODUCCIÓN

Las prácticas de cultivo de la caña de azúcar incluyen el conjunto de labores manuales, mecánicas y/o químicas que se realizan después de la plantación (caña planta) o de la cosecha (cañas socas), con el objetivo de permitir la máxima expresión del potencial productivo de los cañaverales, tanto de caña como de azúcar por unidad de superficie, maximizando asimismo los beneficios económicos y contribuyendo a la conservación y sustentabilidad del agroecosistema.

En forma general, los principales objetivos de las prácticas de cultivo son:

- Mejorar las condiciones físicas de los suelos (encostramiento superficial, compactación, pie de arado, etc.).
- Mejorar la infiltración, la captación y retención de agua y la aireación del suelo.
- Preparar el terreno para la aplicación del riego y para la cosecha.
- Aplicar los fertilizantes.
- Controlar o manejar las malezas.

Existen diferentes *sistemas de cultivo*, clasificados en función de que se realice o no movimiento del suelo. Así, podemos distinguir: *cultivo con remoción del suelo* (por ejemplo, cultivo mecánico en caña de azúcar), *sin remoción del suelo o cultivo cero* (ej.: cultivo químico con el empleo de herbicidas para el manejo de las malezas) y el *cultivo mínimo*, que combina operaciones mecánicas y químicas específicas.

En las labores que implican movimiento de suelo, se busca modificar las condiciones físicas originales del mismo a fin de mejorarlas de acuerdo al objetivo perseguido, incrementando los rendimientos del cultivo.

Para elegir un sistema de cultivo es fundamental tener en cuenta el clima, el tipo de suelo, el cultivo, la topografía, el drenaje y los requerimientos energéticos.

Dentro del clima, un factor determinante en

la elección de un sistema de cultivo es el régimen pluviométrico, considerando la distribución, cantidad e intensidad de las lluvias, las cuales influyen sobre el tipo y secuencia de labores que es posible realizar sin poner en riesgo la sustentabilidad del sistema productivo. Además, determina las labores que serán necesarias para solucionar los problemas causados por la escorrentía o por el exceso o déficit de agua.

La realización de labores mecánicas (en la trocha) combinadas con el empleo de herbicidas (especialmente para el control de las malezas en el surco), constituye el sistema de cultivo más empleado en caña de azúcar.

Los aspectos que se refieren al uso de formulaciones herbicidas para el manejo de las malezas es objeto de un tratamiento particular (Capítulos N°9 y 10). En este capítulo nos referiremos a las labores mecánicas que se realizan para el cultivo de la caña de azúcar, tanto en la edad de caña planta como en la de caña soca.

PRÁCTICAS CULTURALES

Desboquillado:

Esta es una labor que se realiza exclusivamente en la caña planta de invierno que fue tapada con bordo de aproximadamente 20 cm o más de altura (fundamentalmente para conservación de la humedad del suelo). El desboquillado tiene como finalidad eliminar el exceso de tierra, a fin de favorecer el calentamiento del suelo y la emergencia de los brotes.

Esta labor se realiza cuando se inicia la brotación y se puede hacer en forma manual con pala o azada, o con el desboquillador que por arrastre empuja la tierra hacia la trocha, puede ser de un surco (Figura 1) o de tres surcos por pasada.

También es frecuente que se retire el exceso de tierra de las plantaciones invernales usando equipos de dos paquetes de discos de los comúnmente utilizados para el cultivo.

Otra alternativa es utilizar rastras livianas de



Figura 1: Equipo desboquillador empleado en Tucumán.

discos pequeños (15-17") especialmente diseñadas para esta labor.

La eliminación del exceso de tierra puede hacerse de una sola vez o en dos o tres pasadas lo que permite realizar simultáneamente un control mecánico de malezas sobre el surco (siempre considerando que a mayor número de pasadas, mayor compactación y gasto de combustible).

Subsolado y cincelado:

El tráfico de los equipos empleados para la cosecha mecánica y el transporte de la caña produce diferentes niveles de compactación del suelo. Por esta razón, en ocasiones es necesario realizar laboreos verticales en profundidad para eliminar las capas compactadas, que constituyen obstáculos para el movimiento del agua y el normal crecimiento de las raíces de la caña de azúcar (Figura 2).

En un suelo compactado, el volumen y la distribución de las raíces es menor que en un suelo bien estructurado, se altera la morfología de las raíces y disminuye su eficiencia para transportar el agua, el aire y los nutrientes al interior de la planta. Además, los pelos radiculares se acortan y deforman, todo esto trae como consecuencia que el volumen de suelo explorado por las raíces para la absorción de agua y nutrientes sea mucho menor.

La eliminación de las capas compactadas se puede realizar, según las situaciones, con los subsoladores o los cinceleos.

El subsolador se utiliza cuando las capas compactadas se encuentran a una profundidad entre 35-60 cm, previa verificación de la situación con el penetrómetro. Esta tarea requiere tractores de gran potencia (aproximadamente

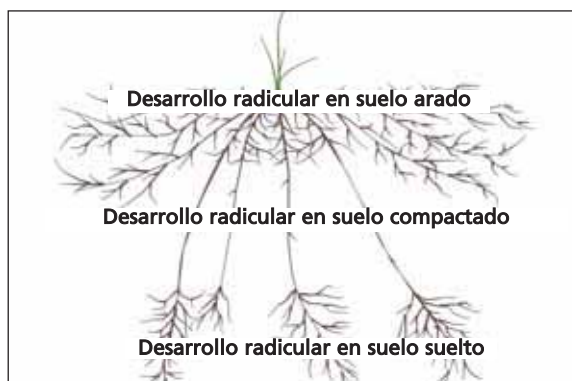


Figura 2: Efecto de la compactación del suelo sobre el crecimiento de las raíces de la caña de azúcar.

30-60 HP por timón según el tipo de suelo, profundidad, etc.) (Figura 3) y debido al elevado costo de esta labor, antes de realizarla debe estudiarse el perfil del suelo para determinar la presencia, ubicación y distribución de las capas compactadas.

El subsolado debe realizarse con el suelo con baja humedad como para que se quiebre y se



Figura 3: Equipo subsolador.

disgregue sin pulverizarse. Si se efectúa con el suelo muy húmedo el subsolador solo realizará un corte vertical del suelo.

El cincel se utiliza para romper capas compactadas a menor profundidad (aproximadamente 15-25 cm) y requiere una menor potencia de tractor (10-15 HP por arco) (Figura 4).

Picado de trocha:

Es una labor superficial que se realiza para eliminar las malezas de la trocha, romper el encostramiento superficial y favorecer la infiltración y la conservación de la humedad del suelo.



Figura 4: Equipo de Cinceles.

Esta tarea se realiza con un equipo de cuatro paquetes de discos (Figura 5); cada paquete está formado por tres discos de 24 pulgadas cuya inclinación puede modificarse vertical y horizontalmente a los efectos de realizar una labor con mayor o menor remoción de tierra.

Este equipo requiere el uso de tractores de alrededor de 60 a 90 HP equipados con un levante de tres puntos. Este equipo trabaja un surco por pasada y tiene una capacidad de 60 a 80 surcos de 100 metros por hora.

Descostillado y aporque:

Ambas labores se pueden realizar con el equipo de discos. El descostillado consiste en retirar tierra del costado de los surcos y se realiza para el control de malezas, para abrir una zanja para la colocación del fertilizante y rearmar el surco, entre otras finalidades.

El aporque es la operación inversa y consiste en arrimar tierra al surco. Entre sus objetivos



Figura 5: Equipo de cuatro paquetes utilizado para el picado de trocha.

podemos mencionar el control de malezas, tapar el fertilizante, acondicionar la trocha para el riego y conformar el surco para la cosecha.

Aplicación de Fertilizantes:

Aquí nos referiremos solamente a los equipos más utilizados para la aplicación de los fertilizantes.

La fertilización nitrogenada de la caña soca es una práctica generalizada e imprescindible en los cañaverales tucumanos. La fuente nitrogenada más utilizada es la urea, su aplicación en caña de azúcar puede realizarse en forma manual sobre el surco o en forma mecánica. Para esta última forma de aplicación, el equipo más utilizado es el llamado equipo triple, el cual descostilla, abona y tapa en una sola operación.

En la Figura 6 se muestra un equipo de levante para la aplicación de abono sólido que trabaja en tres surcos. Adelante tiene discos que abren una pequeña zanja donde se coloca el abono y los discos posteriores lo tapan. Este equipo requiere el empleo de tractores de 180 HP y tiene una capacidad operativa de 120 surcos/hora.

En la aplicación del fertilizante nitrogenado es muy importante respetar la época y dosis de apli-



Figura 6: Equipo para la aplicación de fertilizante sólido, ancho de labor de tres surcos.

cación (ver capítulo N° 7), de manera de asegurar un adecuado suministro de nitrógeno al cañaveral que favorezca su crecimiento sin comprometer su maduración.

En los últimos años se ha difundido en Tucumán el empleo de abonos nitrogenados líquidos, para su aplicación existen equipos especiales. En la Figura 7 se puede observar un equipo de arrastre que incorpora el fertilizante líquido imyectándolo en el suelo; en otros casos el fertilizante puede aplicarse chorreado sobre el



Figura 7: Equipo para la aplicación de fertilizante líquido.

suelo. En el equipo de la Figura 7, la distancia de labor es regulable entre 1,40 y 2,10 metros, requiere el empleo de un tractor de 90-120 HP, puede trabajar en suelo con o sin cobertura de maleza y su capacidad operativa es de unos 190 surcos/hora.

La aplicación de fertilizantes líquidos presenta la ventaja de una mayor capacidad operativa y debido a que en estas formulaciones, parte del nitrógeno está en forma de nitrato, la disponibilidad inicial del nutriente para el cultivo es más rápida que en el caso de la urea.

Es conveniente resaltar la necesidad de que durante la labor de fertilización se realice un efectivo tapado del fertilizante para evitar pérdidas de nitrógeno por volatilización.

LABORES DE CULTIVO EN CAÑA VERDE

En los últimos años en Tucumán se ha implementado el sistema de cosecha mecanizada de la caña de azúcar sin quema previa del cañaveral (cosecha en verde con máquinas integrales). Para la zafra 2007 se estimó que más del 70% de la caña se cosechó en estas condiciones. Este tipo de cosecha deja sobre el campo una espesa capa de residuos (14-20 t de materia seca/ha), que implica un manejo cultural diferente del cañaveral. Este residuo puede dejarse sobre la superficie como cobertura (mulching), incorporarse total o parcialmente en el suelo, o retirarse del campo para darle otro uso.

Dejar la cobertura de residuo en el campo después de la cosecha en verde permite en el tiempo mejorar la fertilidad física y química de los suelos, favorece una mayor conservación de la humedad en el perfil, mejora la infiltración, reduce el escurrimiento superficial y disminuye el riesgo de erosión hídrica. Por otro lado, la

cobertura al retardar el calentamiento del suelo, puede producir ciertos retrasos en la emergencia y crecimiento inicial de la caña de azúcar.

En aquellas situaciones en que mantener la cobertura sobre el surco puede afectar adversamente la emergencia de la caña, es posible utilizar rastrillos que retiran parcialmente la cobertura de arriba del surco y la amontonan en las trochas.

Estos equipos están compuestos de unas ruedas con dientes flexibles de acero que retiran alrededor del 60% del residuo de cosecha, requieren una potencia del tractor de unos 80 HP y tienen una capacidad operativa de aproximadamente 140 surcos/hora.

Estos equipos vienen de uno y de tres surcos por pasada (Figura 8).



Figura 8: Equipo para retirar el residuo de la línea de brotación de los surcos.

Fertilización en caña verde:

Para realizar la fertilización cuando el suelo está cubierto por el residuo de la cosecha se emplean equipos diferentes a cuando se trabaja en suelos desnudos. Estos equipos constan de una cuchilla que corta el residuo y por detrás aplican el abono, ya sea sólido (Figura 9) o líquido (Figura 10), a los costados o en el centro de la cepa y a una profundidad de 7 a 15 cm. El principal inconveniente o riesgo de estos equipos es que al producir heridas en la cepa pueden convertirse en eficientes difusores de enfermedades, como es el caso del raquitismo o achaparramiento de la caña soca (*Leifsonia xyli* subsp. *xyli*). Esto se solucionaría desinfectando adecuadamente los discos de corte del equipo.

En Tucumán también se utilizan los equipos multipropósito, que constan de dos paquetes de discos planos que cortan el residuo de cosecha, seguidos por unos pies cultivadores con los tubos que descargan el abono sólido o líquido a una profundidad de 10 a 15 cm; por detrás va un subsolador tipo



Figura 9: Equipo para aplicar abonos sólidos en campos con cobertura de residuo de cosecha.



Figura 10: Equipo para aplicar abonos líquidos en campos con cobertura de residuo de cosecha.

paratill que rompe capas compactadas a 40-45 cm y, finalmente, unos rolos que cierran el rastreo (Figuras 11 y 12). Este equipo requiere el uso de tractores de gran potencia (180-220 HP) y tiene una capacidad operativa de 75 surcos/hora.

Manejo de malezas en cañaverales con mulching:

El control de malezas en los cañaverales donde se dejó la cobertura de residuo resulta más simple que en los sin cobertura, ya que muchas especies de malezas no son capaces de sobrevivir en este nuevo ambiente (cambios en la temperatura y humedad del suelo, intensidad y calidad de la luz, etc.). Por lo tanto, el número de especies que se debe manejar se reduce significativamente.

Entre las malezas que son capaces de crecer a pesar de la cobertura, tenemos a la grama (*Cynodon dactylon*), el tupulo (*Sicyos poliacanthus*), el cebollín (*Cyperus rotundus*), y especies del género *Ipomoea*, entre las más



Figura 11: Equipo multipropósito que rompe capas compactadas y aplica fertilizante en cañaverales con cobertura de residuo de cosecha.

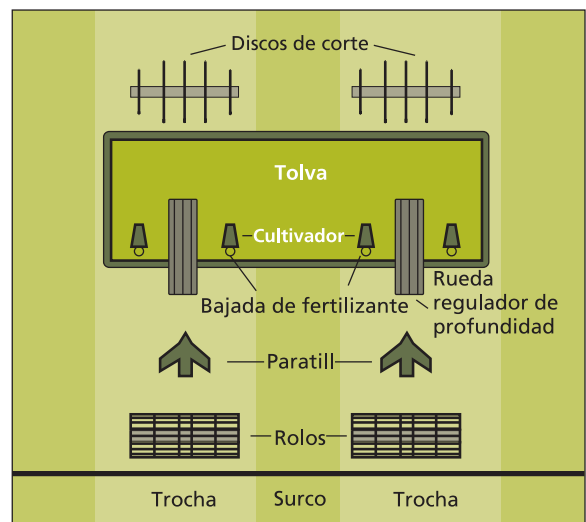


Figura 12: Esquema de uno de los equipos multipropósito utilizados en Tucumán.

importantes. En este caso, el control se realiza con la aplicación de herbicidas postemergentes.

El empleo de los herbicidas preemergentes es problemático, ya que la cobertura vegetal produce una elevada intercepción del producto, impidiendo su llegada efectiva al suelo.

Incorporación del residuo de cosecha:

En situaciones en las que no resulte conveniente dejar la cobertura sobre el suelo, como cuando hay exceso de humedad por problemas de drenaje, capas freáticas altas o dificultades de eliminación del agua superficial, el residuo de cosecha puede ser incorporado en el suelo a unos 30 cm de profundidad. De esta manera se aprovecha el aporte de materia orgánica del residuo, con los consiguientes beneficios para

la fertilidad física y química de los suelos.

Para la incorporación del residuo se utilizan equipos de cuatro paquetes de arrastre de tres discos dentados de 26 pulgadas, los cuales son más pesados que los equipos de cuatro paquetes convencionales (Figura 13). Estos equipos requieren el uso de tractores de 100-120 HP y tienen una capacidad operativa de unos 70 surcos/hora.

La última alternativa para el manejo del residuo de la cosecha en verde, es retirarlo del campo para utilizarlo en la alimentación del ganado, como mulching de otros cultivos o como biocombustible adicional para las calderas. En este caso, en Tucumán existen experiencias con máquinas rotoenfardadoras que pueden retirar más del 50% del residuo que está sobre el campo y conformar fardos de 300 a 450 kg. Estos equipos requieren el empleo de tractores de 70 a 100 HP dependiendo del modelo de rotoenfardadora y pueden hacer de 6 a 10 fardos por hora (Figura 14).



Figura 13: Equipo para incorporar el residuo de cosecha en el suelo.



Figura 14: Equipo para enfardar el residuo de la cosecha de la caña de azúcar.

CONSIDERACIONES FINALES

El tipo, número y secuencia de labores de cultivo que se realizan en un cañaveral dependerá de cada situación particular, no existiendo recetas que puedan aplicarse en todos los casos. Para realizar un cultivo exitoso es necesario que el productor considere cuidadosamente aspectos tales como: el tipo de suelo, la existencia o no de capas compactadas y la profundidad a la cual se encuentran las mismas, la presencia de encostramiento superficial, las especies de malezas presentes y el grado de infestación, el estado de desarrollo de las malezas y del cultivo, el equipamiento disponible para realizar las labores, los requerimientos energéticos, etc.

Sin embargo, cualquiera sea el esquema de cultivo elegido será imprescindible considerar que el objetivo de las labores culturales es brindarle a la caña de azúcar el ambiente más favorable para que exprese todo su potencial productivo, conservando los recursos naturales. El cultivo excesivo o en un momento inadecuado no cumplirá con sus objetivos, implicará un costo innecesario para el productor y atentará contra la sustentabilidad del sistema productivo.

CAPÍTULO 7 |

FERTILIZACIÓN DE LA CAÑA DE AZÚCAR Criterios y recomendaciones

Autores

Eduardo R. Romero

Luis G. P. Alonso

Sergio D. Casen

M. Fernanda Leggio Neme

M. Javier Tonatto

Jorge Scandaliaris

Patricia A. Digonzelli

Juan A. Giardina

Juan Fernández de Ullivarri

FERTILIZACIÓN DE LA CAÑA DE AZÚCAR

Criterios y recomendaciones



INTRODUCCIÓN

Dentro de un manejo orientado al logro de cañaverales de alto rendimiento, la fertilización constituye una práctica cultural de máxima importancia. Además, su elevado costo exige realizar una ejecución oportuna y efectiva para asegurar su máximo aprovechamiento.

El éxito de la fertilización se expresará en el establecimiento temprano de una población inicial óptima y con una distribución uniforme de los tallos, con mínimas fallas, asegurando la conformación de cañaverales con una elevada población de tallos molibles y un excelente crecimiento y rendimiento.

IMPORTANCIA DE LOS NUTRIENTES PARA LA CAÑA DE AZÚCAR

Los nutrientes esenciales para la caña de azúcar son 19 y pueden ser agrupados en tres grupos: los elementos no minerales (C, H y O), los macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg, S y Si) requeridos en cantidades expresadas en % o en g/kg de peso seco y los micronutrientes (Fe, Zn, B, Cu, Cl, Mn, Ni, Na y Mo) requeridos en menores cantidades expresadas en ‰ o en mg/kg de peso seco.

Para que un nutriente sea considerado esencial, debe tener una influencia directa sobre el metabolismo y fisiología del cultivo, de manera que su presencia resulte determinante para el cumplimiento de su ciclo de vida y que su acción no pueda ser reemplazada por otro elemento.

Los elementos no minerales provienen del agua y del aire, mientras que la mayoría de los minerales son absorbidos por las plantas desde la solución del suelo. La raíz, por su estructura y por su localización en el suelo, es el órgano vegetal especializado en la absorción de nutrientes y de hecho la mayor parte de la entrada de nutrientes tiene lugar a través de ella.

El suministro de nutrientes minerales para las plantas es el resultado de la interacción de dos fenómenos: la disponibilidad de nutrientes en el suelo y la habilidad de las plantas de absor-

berlos. Para que se produzca la absorción de nutrientes, es necesario que exista un contacto efectivo entre las raíces y los iones del suelo, lo que ocurre en la denominada *rizosfera* (Figura 1), región en la que interactúan:

- **Factores edáficos:** como son la temperatura, el pH, el contenido hídrico y la provisión de O₂ (aireación), ya sea porque modulan la disponibilidad del nutriente, actúan en la actividad microbiana y/o porque influyen en la absorción y transporte de los nutrientes hacia la raíz y dentro de ella.
- **El crecimiento del sistema radicular:** gracias al cual la planta puede explorar nuevos volúmenes de suelo y absorber los nutrientes y el agua.
- **Microorganismos:** Muchos grupos de microorganismos que viven en el suelo (bacterias, hongos, etc.) causan reacciones favorables a su fertilidad, como la fijación biológica de nitrógeno y la descomposición y mineralización de residuos orgánicos. La mayoría de ellos dependen de la materia orgánica para obtener alimentos y energía, por lo tanto estos microorganismos se encuentran generalmente en los primeros 30 cm del suelo. Además, las raíces de muchas plantas son capaces de formar micorrizas, que son asociaciones mutualistas con diversas especies de hongos en las que la raíz cede sustancias orgánicas, mientras que la presencia del hongo favorece la absorción de agua y de algunos nutrientes, especialmente fósforo. Esta población benéfica de microorganismos ejerce un rol fundamental en la fertilidad de los suelos, en la provisión y/o disponibilidad de los nutrientes y en la absorción de los mismos por los cultivos.

PORQUÉ DEBEMOS FERTILIZAR LOS CAÑAVERALES? Con qué nutrientes?

Las necesidades nutricionales de cualquier cañaveral están determinadas por la cantidad

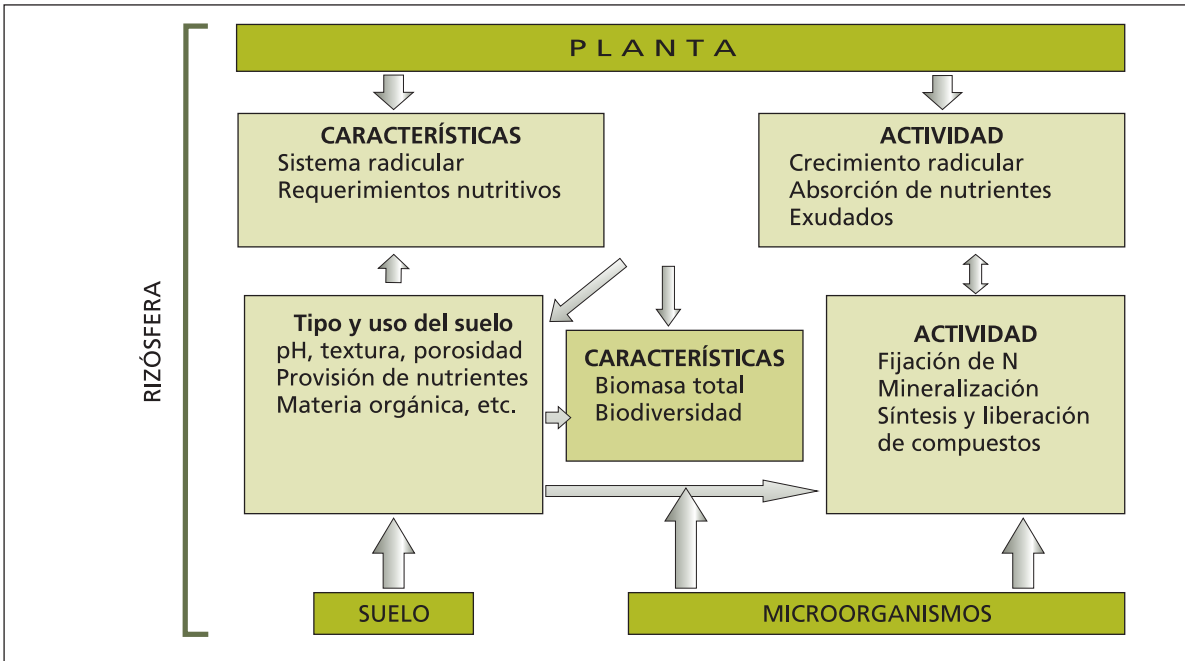


Figura 1: Componentes de la rizósfera y sus interacciones.

total de nutrientes que necesita extraer del suelo durante su crecimiento y desarrollo para lograr una elevada producción (Tabla 1).

La caña de azúcar posee altos requerimientos nutricionales debido a su elevada capacidad de producción de biomasa (tallos molibles, follaje, cepa y raíces), que puede significar entre 20 y 35 t/ha de materia seca, y en peso fresco, un valor cercano o mayor a las 100 t/ha. Tal nivel productivo, asociado a la prolongada duración de su ciclo, implica una elevada extracción de nutrientes del suelo, que puede alcanzar niveles de 800-

Tabla 1: Extracción de macronutrientes del suelo que realiza el cultivo para una elevada producción.

Macronutrientes	kg/ha/año
Nitrógeno	130-200
Fósforo	80-100
Potasio	300-350
Azufre	20-30
Calcio	55-60
Magnesio	35-45
Silicio	200-300

1500 kg por hectárea y por año (Figura 2). Los nutrientes que más extrae son potasio y silicio, luego en orden decreciente, nitrógeno, fósforo y los restantes macro y micronutrientes. (Tabla 1).

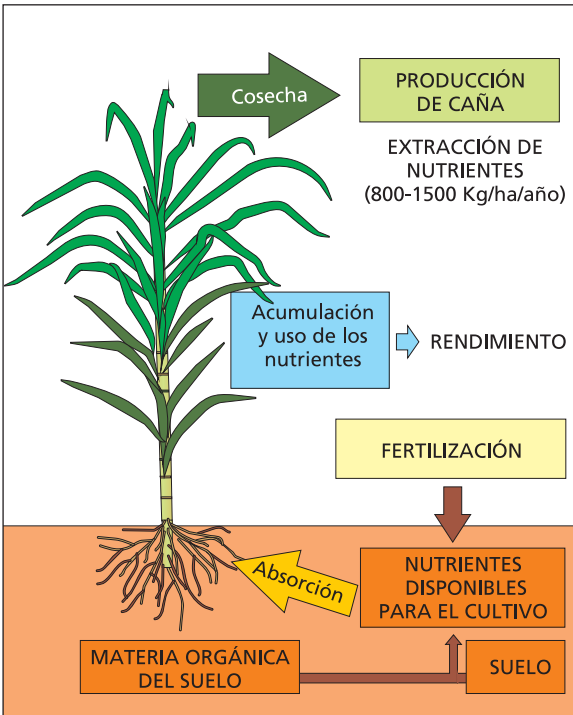


Figura 2: Dinámica y capacidad de extracción de los nutrientes del suelo en un cañaveral.

Está comprobado que la fertilización nitrogenada es de máxima importancia y de necesidad generalizada en cuanto a respuesta del cultivo. Además, algunos suelos también pueden requerir aportes de fósforo y en casos especiales de potasio.

Por esta razón, resulta de fundamental importancia que el productor realice con frecuencia análisis de suelo para que, junto a los registros de la producción de caña y azúcar de años anteriores, pueda optimizar la elección de los nutrientes y la dosis a agregar en cada lote.

FERTILIZACIÓN NITROGENADA

El nitrógeno es uno de los constituyentes más importantes de la planta, forma parte de aminoácidos, proteínas y otros componentes orgánicos. Se absorbe por las raíces, principalmente en forma de ión NO_3^- y en menor medida como NH_4^+ . Es un elemento móvil. Los principales efectos derivados de la aplicación del nitrógeno en el cañaveral, se evidencian en un mayor y más rápido macollaje (mayor población de tallos), como también en un mayor crecimiento vegetativo (más follaje y mayor altura y peso por tallo), lo que permite obtener un mayor rendimiento en caña y azúcar/ha.

Los síntomas de deficiencia son los siguientes:

- Amarillamiento de las hojas, más pronunciado en las hojas viejas o de abajo (Figura 3).
- Cuando la insuficiencia progresa, puede presentarse desecación y necrosis a partir del ápice y bordes de la hoja.



Figura 3: Síntoma de amarillamiento en hojas causado por deficiencia de nitrógeno.

- Cepas poco vigorosas.
- Menor número de brotes.
- Reducción del área foliar, del grosor y altura de los tallos, del macollaje y del diámetro de las raíces.
- Reducción drástica del rendimiento cultural.

Las plantas con exceso de nitrógeno, por sobredosis y/o aplicaciones tardías del fertilizante, tienen un alto contenido de agua y bajo contenido de sacarosa y fibra, lo que facilita el vuelco y el ataque de plagas y enfermedades.

En Tucumán, es factible obtener incrementos promedio de 23 t/ha (entre 10 y 55 t/ha según el tipo de suelo) cuando se utiliza la dosis adecuada de nitrógeno y se la aplica en la época aconsejada. Esto significa una expectativa de incremento de producción del 10 al 40%, respecto del mismo lote no fertilizado.

Por estas razones, los productores deben asumir que la fertilización con nitrógeno es una tecnología a la que no pueden renunciar si aspiran a obtener producciones económicamente aceptables.

Los requerimientos y el aporte de nitrógeno al cañaveral dependen de la edad de la cepa, de los rendimientos esperados, del suelo, del clima y de la presencia de limitaciones como mal drenaje, compactación y salinidad, entre otras.

Época óptima para la fertilización nitrogenada

El momento de fertilizar con nitrógeno se relaciona con el ritmo de absorción que tiene la caña de azúcar, que es máximo en los primeros meses desde la brotación (fin de la emergencia y durante el pleno macollaje), período durante el cual el cultivo absorbe más nitrógeno del que utiliza para su desarrollo y crecimiento, almacenando el exceso como sustancias orgánicas en sus tejidos (especialmente en vainas y láminas foliares). Luego, ese nitrógeno es removilizado hacia las zonas de activo crecimiento para atender, junto al nitrógeno aportado desde el suelo, los elevados requerimientos de la fase de Gran Crecimiento. Este comportamiento representa una estrategia de administración biológica de nitrógeno que le garantiza no comprometer el crecimiento (Figura 4).

Del nitrógeno total utilizado por la caña, más del 50% proviene de la mineralización de la materia orgánica del suelo y de la actividad de los microorganismos fijadores y otras fuentes. Además, la disponibilidad del N del suelo comien-

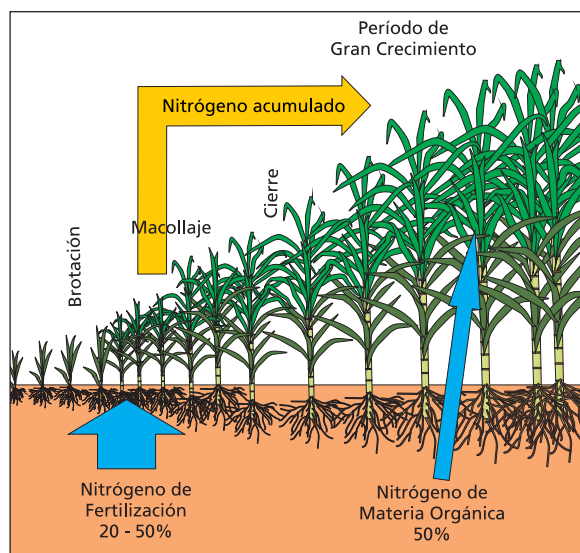


Figura 4: Importancia de la época de fertilización nitrogenada.

za a ser importante cerca o luego del cierre del cañaveral, asociado al aumento de las temperaturas y de las lluvias (fines de primavera e inicio del verano), por lo que su aporte es importante durante la fase de crecimiento activo. Sin embargo, el N del suelo no resulta suficiente para responder a los requerimientos de elevadas producciones de caña y esta diferencia deberá ser soportada mediante la fertilización.

Pero hay que considerar que solamente entre el 20% y 50% como máximo del Nitrógeno aplicado como fertilizante es efectivamente utilizado por la caña de azúcar para construir la producción.

De esta manera, el nitrógeno disponible para satisfacer las necesidades del cultivo está representado por el nitrógeno del fertilizante aplicado, el acumulado en el cañaveral y que puede removilizarse y el que proviene de la mineralización de la materia orgánica.

El productor cañero debe saber que siempre es más importante aplicar el fertilizante en época, aún con suelo seco (incorporándolo), que demorar la aplicación en espera de humedad adecuada.

Los resultados de las investigaciones destacan que la mayor efectividad de la fertilización de las cañas socas en secano se registra cuando la aplicación se realiza durante el mes de octubre hasta a mediados de noviembre. Cuando se

dispone de riego, este período puede adelantarse entre 15 a 20 días.

En cambio, para caña planta, es normal hacerla desde mediados a fines de noviembre, ya que recién en esta época el sistema radicular está en condiciones de absorber y aprovechar el fertilizante, sin embargo se debe tener en cuenta la fase fenológica en que se encuentra el cultivo de caña planta.

Además, se debe estar consciente de que los atrasos en la época de fertilización nitrogenada (realizándola durante diciembre) derivan en menores beneficios en la producción de caña y también de azúcar, ya que provocan retrasos en la maduración del cañaveral, afectando la calidad de la materia prima en la cosecha.

Se debe tener en cuenta que el empleo de dosis mayores a las óptimas implica efectuar un gasto que no se recuperará ya que el incremento logrado por este aporte adicional es mínimo y sin justificación económica.

Fertilidad del suelo

La fertilidad del suelo está asociada a su capacidad de abastecer de nitrógeno al cultivo, relacionada con su textura y especialmente con el contenido de materia orgánica.

La materia orgánica del suelo es capaz de proporcionar la mitad o más del nitrógeno que requiere el cultivo de caña y las prácticas que mantienen o mejoran su contenido en el suelo, tales como el aprovechamiento de los residuos de cosecha (cobertura e incorporación), el empleo racional de fuentes orgánicas (cachaza, vinaza, etc.) y acciones tendientes a mejorar la actividad biológica del suelo, podrían reducir, a largo plazo, la necesidad de fertilizante nitrogenado.

El contenido de materia orgánica de los suelos cañeros tucumanos oscila entre 1,5 y 3%, por lo que prácticamente en todos nuestros suelos la caña responde a la fertilización nitrogenada, particularmente las cañas socas.

Edad del cañaveral

En la Tabla 2 se observa la respuesta esperada a la fertilización nitrogenada según la edad del cañaveral así como la disminución previsible en la producción de no efectuar esta práctica.

Tabla 2: Influencia de la edad de la cepa sobre el beneficio de la fertilización nitrogenada.

	C. Planta	Soca 1	Soca 2	Soca 3	Soca 4
Casos de respuesta a la fertilización (%)	53	80	97	97	100
Disminución del rendimiento por no fertilizar (%)	19	30	30	35	40

En Tucumán, se estableció que tanto la frecuencia de respuesta, como también los incrementos relativos, aumentan desde la caña planta a la cuarta soca. En efecto, las fertilizaciones con nitrógeno desde la primera soca en adelante mostraron respuesta en prácticamente todos los casos estudiados, mientras que en las cañas plantas solo se obtuvo respuesta en el 53% de los ensayos.

De la misma manera, *las pérdidas de producción por no fertilizar fueron máximas en las socas más viejas (40%), mientras que en caña planta promediaron el 19%.*

La menor frecuencia de respuesta en caña planta, está asociada a las mayores cantidades de N asimilable disponibles en el suelo que resultan de la incorporación de materia orgánica realizada durante el descepado del cañaveral anterior y de los aumentos en los niveles de mineralización favorecidos por la aireación del suelo producida durante su preparación, que además, favorecería una mayor actividad de microorganismos fijadores en la nueva rizósfera de la caña de azúcar.

Estas condiciones van deteriorándose en las sucesivas socas por el tránsito de la maquinaria de cosecha y transporte.

Las cañas socas presentan una respuesta segura y elevada a la fertilización e incluso, las socas más viejas muestran una mayor dependencia de la fertilización nitrogenada y pueden tener mayores caídas de producción si no son fertilizadas con nitrógeno, lo que no significa aumentar la dosis.

Elección de la Dosis

La eficiencia de recuperación del nitrógeno está estrechamente relacionada con los tonelajes de caña obtenidos por hectárea. La extracción media de nitrógeno por tonelada de caña molible es de 1,2 a 1,3 kg de N/t caña.

En este sentido, la relación entre la dosis de nitrógeno aplicada y la producción alcanzada, resulta una expresión que integra un conjunto de factores de naturaleza edafoclimática y de manejo que influyen sobre el desarrollo del cultivo, y que representa el índice de consumo de nitrógeno.

Tomando como base las investigaciones de la EEAO, se definieron nuevas recomendaciones orientadas al uso de dosis variables de Nitrógeno, que consideran varios criterios, entre los que se destacan la fertilidad del suelo, el potencial productivo del cañaveral, la edad de la cepa y otras condiciones, tales como problemas de encharcamiento temporal, etc.

Se recomienda fertilizar las cañas plantas utilizando una media dosis de N, es decir con 45 a 50 kg de N/ha (1,5 kg urea/surco o 1,6 litros UAN/surco), especialmente en los lotes de reconocida respuesta al nitrógeno, lo que permitirá al menos, mejorar la calidad de la nueva cepa establecida.

En las cañas socas que presentan una respuesta segura y elevada a la fertilización nitrogenada, se deberá seleccionar la dosis de N más adecuada considerando la fertilidad del suelo y la producción de caña esperada, información que se presenta en la Tabla 3.

En condiciones de anegamiento temporal, que compromete el normal abastecimiento de N a partir de la materia orgánica del suelo, se recomienda incrementar un 20% la dosis correspondiente.

Otras recomendaciones para la aplicación de fertilizantes nitrogenados

El lugar de colocación del abono nitrogenado está muy relacionado con la movilidad del fertilizante en el suelo, con el crecimiento y la distribución del sistema radicular y con el propósito de evitar o reducir las pérdidas de nitró-

Tabla 3: Criterios para seleccionar la dosis de nitrógeno a usar en la fertilización de la caña soca en Tucumán.

Criterios		Producción esperada/ dosis		
Fertilidad del suelo	Nitrógeno foliar %	Menos de 1000 kg/surco	Entre 1000 a 1400 kg/surco	Más de 1400 kg/surco
MUY BAJA Materia orgánica menor 2%	Menor de 1,6	80 kg N/ha (1,3 kg N/surco)	90 kg N/ha (1,5 kg N/surco)	110 kg N/ha (1,9 kg N/surco)
BAJA a MODERADA Materia orgánica mayor 2%	Mayor de 1,6	50 kg N/ha (0,8 kg N/surco)	70 kg N/ha (1,2 kg N/surco)	90 kg N/ha (1,5 kg N/surco)

geno por lavado y volatilización (en forma gaseosa a la atmósfera).

La alternativa que resulta más efectiva, es la de incorporar el fertilizante sólido al lado de la cepa, a unos 10 a 15 cm de profundidad. La urea incorporada estará almacenada en el suelo en espera de las primeras lluvias para disolverse, transformarse y estar a disposición de las raíces en el momento adecuado.

Los pequeños productores deben evitar realizar la fertilización al voleo, esparciendo la urea sobre la cepa, en especial cuando el suelo está húmedo (después de una lluvia o riego), ya que en esas condiciones las pérdidas de nitrógeno por volatilización son máximas (Tabla 4). Si no es posible incorporar el fertilizante, conviene aplicarlo manualmente a un lado de la cepa sobre el suelo seco y debajo del follaje.

Por último, es importante señalar que los

beneficios de la fertilización serán mayores en cañaverales limpios, sin malezas.

FUENTES DE NITRÓGENO

El fertilizante más utilizado es la urea (46% de Nitrógeno). En condiciones hídricas adecuadas, estará disponible para la caña a partir de los 5-10 días de la aplicación, alcanzando su máxima disponibilidad a partir de los 15 días.

En las últimas campañas tuvo una gran difusión el uso de fertilizantes líquidos, los que representan una alternativa de aplicación de nitrógeno por chorreado en superficie o incorporado, con resultados similares a la urea incorporada. Su empleo resulta de mayor interés en grandes explotaciones, donde los equipos de aplicación pueden mejorar la capacidad operativa, que es una de sus principales ventajas.

El UAN es una solución que contiene un 32% de N en tres formas: N nítrico (NO_3^-) dis-

Tabla 4: Efecto de las condiciones de aplicación de la urea en las pérdidas ocasionadas por la volatilización.

Condiciones de la aplicación (dosis: 180 kg de urea/ha)		Pérdidas (Kg de urea/ha)
Suelo húmedo	Incorporado	3,6 kg en 10 días
	En superficie	Viento suave 18 kg en 10 días
		Viento fuerte 36 kg en 10 días
Suelo seco	Incorporado	4,4 kg en 10 días

ponible inmediatamente (8%); N amoniacal (NH_4^+) disponible entre una y dos semanas (8%) y N ureico (NH_2CONH_2) disponible entre una y tres semanas (16%). Basados en el porcentaje y su densidad (1,32 g/ml), cada litro de UAN-32 tiene 422 g de nitrógeno.

Para determinar la dosis de urea o de UAN 32 a aplicar en el cañaveral para satisfacer el requerimiento de N que surge de considerar la Tabla 2, utilice los coeficientes citados en la Tabla 5.

Tabla 5: Coeficientes para determinar dosis según la fuente de nitrógeno.

Para pasar de kilos de:	A litros de	Multiplicar por
Nitrógeno	UAN 32	2,367
Urea	UAN 32	1,089

Para pasar de litros de:	A kilos de	Multiplicar por
UAN 32	Nitrógeno	0,42
UAN 32	Urea	0,92

BIOFERTILIZANTES

Una nueva alternativa para complementar y abaratar la fertilización nitrogenada es el uso de biofertilizantes foliares de efectos comprobados y recomendaciones ajustadas. Es el caso del Nutribacter (extracto de lombricompuesto), un líquido que contiene especialmente microorganismos aerobios, mesófilos, celulíticos, amonificadores y nitrificadores, además de hongos y levaduras. Se están evaluando otras alternativas similares, que de ser efectivas, serán oportunamente difundidas por la EEAOC.

Los resultados obtenidos en los últimos años permiten señalar las siguientes recomendaciones:

- La dosis recomendada de Nutribacter es de 10 litros/ha, complementando una aplicación de Urea de 120 kg/ha.
- Aplicar el biofertilizante 10 a 20 días después de aplicar la urea, pulverizando el follaje cuando éste no muestre síntomas de estrés, especialmente hídrico.
- Se debe corregir el pH del agua a valores entre 6-6,5.

- Evite incrementar la dosis recomendada del biofertilizante, no lo aplique conjuntamente con herbicidas. En ambos casos se afecta el rendimiento del cañaveral.

FERTILIZACIÓN FOSFÓRICA

El fósforo es un elemento móvil de primera importancia, que se concentra en la planta de caña de azúcar en los centros de mayor actividad metabólica. Participa en los principales procesos vitales como la fotosíntesis, respiración y absorción de nutrientes. Disponible cuando está en forma soluble, se absorbe como H_2PO_4^- y $\text{HPO}_4^{=}$, es poco móvil en el suelo y su absorción depende de la raíz. Su adecuado abastecimiento es esencial para obtener óptimas cosechas.

El fósforo ejerce un efecto decisivo en la brotación, el desarrollo radical, la elongación de los tallos, el macollaje y en la cantidad de tallos molibles.

El cañaveral deficiente en fósforo está formado esencialmente por tallos primarios, con pocos tallos secundarios y renuevos. Los tallos muestran entrenudos extremadamente pequeños.

La EEAOC detectó en los últimos años, que algunos suelos cañeros de Tucumán presentan contenidos de fósforo insuficiente (menos de 25 ppm en suelo según Bray Kurtz II o menos de 0,20% foliar), limitando la producción de caña.

Las experiencias de fertilización con fósforo conducidas en Tucumán indicaron que en suelos con bajos contenidos de fósforo, se obtienen buenas respuestas, que significan entre 6 y 14 t de caña por hectárea.

Las recomendaciones de la EEAOC están basadas en criterios de abastecimiento de fósforo del suelo, contenido foliar y el potencial de producción de caña. (Tabla 6).

En cada caso, y sustentado en un análisis de suelo que indique su deficiencia, se recomienda realizar la fertilización fosfada durante la plantación, ya que normalmente esta única aplicación resulta suficiente para atender la demanda de la caña planta y de las tres a cuatro socas subsiguientes.

A modo de ejemplo, si se considera una disponibilidad de fósforo media a baja, para una producción menor a 80 t/ha, la dosis recomendable sería de 20 kg de P_2O_5 por hectárea y por

Tabla 6: Recomendaciones para la fertilización con Fósforo en caña de azúcar en Tucumán.

Categoría	Contenido de P en el suelo (ppm de P) y foliar (% de P)	Dosis de P_2O_5 de acuerdo a la producción esperada
Baja	P en hoja < 0,17 Suelo Bray Kurtz II < 13	30 - 35 kg/ha/año (> 80 t caña/ha) 20 kg/ha/año (< 80 t caña/ha)
Media	P en hoja 0,17 - 0,20 Suelo Bray Kurtz II 13 - 25	20 kg/ha/año
Alta	P en hoja > 0,20 Suelo Bray Kurtz II > 25	Sin respuesta

año. Considerando un ciclo económico de cinco cortes (una planta y cuatro socas), la dosis sería de 100 kg/ha de P_2O_5 . En caso de usar superfosfato triple, la dosis sería de 217 kg/ha (46% de P_2O_5), es decir 3,5 kg/surco

Hay que tener en cuenta que existen otras fuentes de fósforo en el mercado, además del superfosfato triple, por lo que conviene referir el valor a kg de P_2O_5 /ha para poder comparar entre los diversos productos comerciales.

POTASIO

El potasio es el nutriente que la caña de azúcar extrae en mayor cantidad. Se encuentra en la planta generalmente como ión y es muy móvil. Tiene una importancia decisiva en la fotosíntesis, en la respiración, en la translocación de azúcares y en la acumulación de sacarosa y juega un rol vital para la economía hídrica. Estimula el desarrollo de la raíz y aumenta la tolerancia a las enfermedades.

Las plantas deficientes de potasio muestran un crecimiento pobre, el tallo se debilita y adelgaza rápidamente hacia el punto de crecimen-

to. Hay una disminución en el macollaje y los entrenudos se presentan más cortos. Inicialmente, las deficiencias aparecen en las hojas más viejas que se secan en los extremos y en los bordes de la lámina y con fajas cloróticas paralelas internas.

Por otra parte, contenidos excesivos de potasio en el suelo o la aplicación de fertilizantes en dosis no necesarias o inadecuadas, producen un efecto negativo en el contenido de azúcar recuperable, ya que dificulta el proceso de cristalización de la sacarosa.

En Tucumán, la fertilización potásica no es una práctica tradicional, asociado a la predominancia de la arcilla "illita" en nuestros suelos que provee suficiente potasio. Sin embargo, en algunos suelos con texturas gruesas de la zona pedemontana, los contenidos de potasio intercambiables pueden resultar críticos. En estos casos, previamente verificados con los análisis de suelo correspondientes, puede observarse respuestas del cañaveral al aporte de potasio, como complemento de la fertilización nitrogenada.

La magnitud de los beneficios a obtener mediante la fertilización dependerá en gran medida de la fertilidad del suelo, del nivel productivo, del número de cortes del cañaveral, de las condiciones de drenaje, del empleo de la dosis adecuada, de la aplicación en época y forma y también de la eficacia en el control de malezas y en la utilización de todas las tecnologías disponibles.

CAPÍTULO 8 |

EL RIEGO DE LA CAÑA DE AZÚCAR

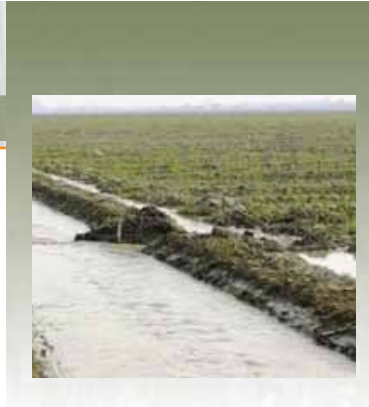
Autores

L. Roberto Figueroa

Eduardo R. Romero

Guillermo S. Fadda

EL RIEGO DE LA CAÑA DE AZÚCAR



INTRODUCCIÓN

La caña de azúcar tiene elevados requerimientos hídricos, aspecto relacionado con la prolongada duración de su ciclo y la importante proporción del mismo en que el cultivo expone una elevada cobertura (Período de Gran Crecimiento). Numerosos estudios han demostrado que la ocurrencia de fluctuaciones en la disponibilidad hídrica durante el ciclo del cultivo limita con frecuencia el logro de elevadas producciones, enfatizando la importancia del riego.

En el sistema productivo de la caña de azúcar en Tucumán, la administración eficiente de los recursos suelo-agua, asociada a prácticas y tecnologías efectivas (variedades, diseño de plantación, fertilización, control de malezas, etc.), constituye un aspecto clave para asegurar altos y sostenidos niveles productivos.

En este contexto, el manejo de la disponibilidad de agua mediante las distintas estrategias disponibles constituye un aspecto de gran importancia, ya que la caña de azúcar es una de las especies cultivadas de mayor eficiencia en el uso del agua, construyendo 2,0-2,7 gr de materia seca y de 0,6-1,0 gr de azúcar por kg de agua consumida.

CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA CAÑERA DE TUCUMÁN

El período efectivo de crecimiento que dispone la caña en Tucumán para construir su producción cultural, es de unos seis a ocho meses (mediados de agosto a mediados de abril), variable según la época de plantación o corte, del manejo suministrado y del comportamiento meteorológico de cada ciclo agrícola, que con un régimen pluviométrico de tipo monzónico, acumula entre diciembre y marzo más del 60% del total de lluvias. Los registros anuales medios fluctúan entre los 800 y 1500 mm, pero con importantes variaciones en el volumen y distribución durante y entre ciclos. Deficiencias

hídricas recurrentes se presentan durante el invierno y la primavera.

Los meses iniciales del ciclo del cultivo (agosto-noviembre) presentan generalmente condiciones térmicas e hídricas subóptimas influyendo en el desarrollo posterior del cultivo y en el aprovechamiento del Período de Gran Crecimiento. En cambio, las condiciones de fines de primavera y las del verano, coincidentes con el período de mayor consumo de agua suelen ser adecuadas para completar el Macollaje y especialmente para la ocurrencia de un activo crecimiento (máximas tasas de elongación), aunque pueden acontecer deficiencias hídricas.

En la fase de Maduración, las condiciones climáticas suelen ser favorables para su ocurrencia natural, aunque no óptimas (baja amplitud térmica, baja heliofanía y alta humedad atmosférica y edáfica), resultando claves las del mes de mayo y primera quincena de junio, período que muestra una elevada variabilidad entre ciclos.

REQUERIMIENTOS HÍDRICOS

El requerimiento de agua de un cultivo resulta del valor de la evapotranspiración máxima acumulada (ETM) a lo largo de su ciclo de crecimiento y desarrollo, en condiciones hídricas no limitantes y en dependencia de la demanda atmosférica (interacción de los factores ambientales). Por lo tanto, en la estimación de la ETM se destaca la importancia de los factores del clima, del suelo, de las características del cultivo y del manejo suministrado.

En el contexto agroecológico de nuestra área cañera, el período efectivo de crecimiento que dispone un cañaveral para construir su producción cultural, puede ser modificado por el comportamiento meteorológico de cada ciclo, pero también y de manera importante, de acuerdo a la época de cosecha de cada lote, como por el manejo suministrado. Por lo cual, el requeri-

miento hídrico del cultivo, el volumen de lluvias y las necesidades de riego varían entre años e incluso entre situaciones de manejo.

En este marco, las estimaciones realizadas en Tucumán respecto del requerimiento hídrico para la caña de azúcar, señalan valores de evapotranspiración máxima de 750 a 1250 mm/ciclo para lograr máximas producciones, considerando los distintos factores señalados.

Importantes variaciones en el requerimiento hídrico se registran en las distintas fases fenológicas. Durante la Emergencia, Macollaje y el establecimiento del canopeo hasta el Cierre, la caña requiere de una humedad adecuada, pero el consumo es bajo, relacionado con la limitada expansión del sistema radicular y foliar, agudizado en áreas subtropicales, por la influencia de temperaturas relativamente bajas. Se indica que el riego en estas fases iniciales puede aumentar el número de tallos, lo que no siempre se refleja en incrementos de importancia en la producción al final del ciclo.

En la Emergencia, la incidencia del contenido hídrico interno de la semilla resulta más importante que el riego que se efectúe durante dicha fase, mientras que el aporte de agua es requerido en estadios más avanzados para el crecimiento de las raíces adventicias, para la elongación de los tallos y para la expansión foliar.

Las primeras etapas de crecimiento (Brotación e inicio de Macollaje) son exigentes en cuanto a una buena disponibilidad hídrica, sin embargo el consumo de agua es relativamente bajo en relación a las fases siguientes, lo que está relacionado con la reducida expansión foliar y la menor demanda evapotranspiratoria atmosférica durante los meses primaverales. Durante este período, una proporción importante del consumo total está representado por las pérdidas evaporativas del suelo.

El período de mayor consumo de agua ocurre entre los meses de diciembre y marzo (pleno Macollaje y Período de Gran Crecimiento), asociados a la elevada superficie foliar y la elevada demanda evaporativa del ambiente en este período. Durante este período se produce alrededor del 55% del total de la biomasa aérea y se consume un 55-60% del total del agua necesaria para el cultivo.

En el otoño el consumo disminuye progresivamente, lo cual favorece la etapa de maduración.

Si bien, el período más crítico para la caña de azúcar en Tucumán se centra en los meses de diciembre a marzo (fase de crecimiento activo), la tasa de desarrollo que alcance el cultivo en las fases fenológicas iniciales, las que normalmente coinciden con las carencias hídricas típicas de la región, ejercerá un efecto notable en el grado de aprovechamiento de los recursos disponibles que efectúe el cañaveral durante el período de crecimiento activo, lo que incidirá en su capacidad productiva.

Esta situación resulta especialmente importante en caña planta, edad que requiere de un período más prolongado para alcanzar el cierre del cañaveral, aunque también es de significación en las cañas socas.

RESPUESTA DE LA CAÑA DE AZÚCAR AL RIEGO

Respecto al efecto del riego en la capacidad productiva de la caña de azúcar, la información para Tucumán señala incrementos promedios entre el 8-45%, los que varían en función de la cantidad y distribución de las lluvias acontecidas durante el ciclo de crecimiento y la edad del cañaveral.

La relación entre la producción de caña y la cantidad total de agua recibida (lluvias más riego), destaca un incremento medio de 12 t/ha de caña por cada 100 mm de aumento en el aporte de agua, resultado que esta estrechamente vinculado al área de producción y con las condiciones climáticas de los ciclos analizados.

También resulta interesante analizar la respuesta de la producción de caña a modificaciones del balance hídrico, expresado por el Coeficiente $(Lluvia + Riego)/ETMc$ (ETMc: evapotranspiración máxima del cultivo), utilizando éste como un indicador del nivel de déficit hídrico. Se evidencia (Figura 1) una asociación altamente significativa, con una tasa de incremento de 21,6 t/ha de caña por cada aumento del 10% en la disponibilidad de agua.

La relación entre el incremento porcentual de la producción de caña respecto del secano, en función del aporte extra de agua destaca un incremento relativo general del 41% cada 100 mm adicionales de agua (Figura 2).

La influencia de la disponibilidad de agua en los componentes del rendimiento cultural, se observa en la Figura 3, expresados como incre-

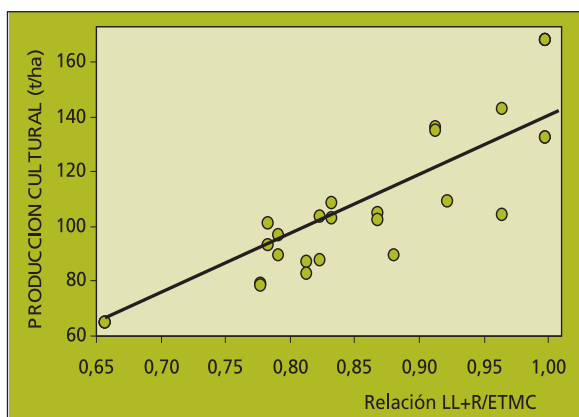


Figura 1: Relación entre rendimiento cultural y el Coeficiente (lluvia + riego)/ETMc.

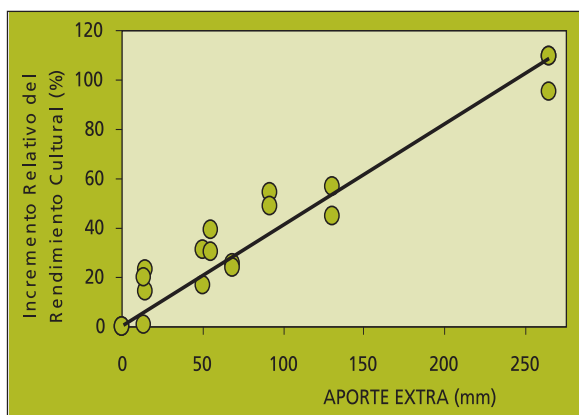


Figura 2: Relación entre el incremento relativo del rendimiento cultural de caña en tratamientos con riego (convencional y por goteo) respecto del secano, en función del aporte extra de agua.

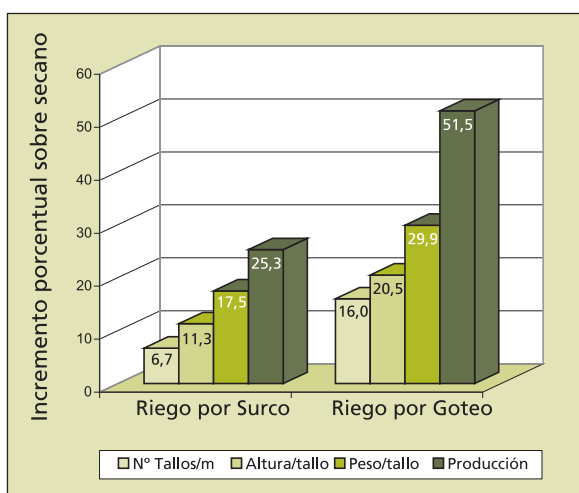


Figura 3: Incrementos relativos al secano, de la población de tallos, altura, peso/tallo a cosecha y en la producción cultural en dos alternativas de riego.

mentos relativos al secano, considerando los valores promedios de variedades y edades de las alternativas riego convencional y goteo en todos los surcos.

Mejoras en la disponibilidad hídrica provocan incrementos sustanciales en la población de tallos a cosecha, en la altura y especialmente en el peso por tallo, los que por su interacción explicaron el impacto del riego en la producción de caña, el que resultó en el riego por surco de un 25% y en el caso del riego por goteo en todos los surcos del 52%, respecto del secano.

Los resultados destacaron la elevada capacidad de respuesta del cultivo y de las variedades actualmente disponibles al aporte de agua, cualquiera sea la alternativa de aplicación.

SITUACIÓN ACTUAL DEL RIEGO EN TUCUMÁN

La caña de azúcar, a pesar de constituir el principal cultivo de la provincia, presenta una baja superficie regada. Solamente entre un 25-30% del área con caña es irrigada y el resto se maneja en secano.

Esta superficie, además, oscila de un año a otro según sus características pluviométricas y las disponibilidades del recurso, que normalmente es escaso. Así, el riego manifiesta su carácter eventual al no estar integrado al sistema productivo. La mayoría de los cañeros recurre al riego cuando la situación hídrica es crítica, lo que queda reflejado en la variabilidad de los rendimientos según como se presenten las lluvias cada año.

La recarga del sistema hidrológico de Tucumán depende de las precipitaciones anuales y de su distribución durante las distintas estaciones.

Durante el invierno y la primavera se le da prioridad a la actividad industrial dentro del área cañera y aún así, actualmente muchos ingenios no cuentan con caudales suficientes y complementan sus necesidades con agua de perforaciones, lo que suele limitar el uso agronómico racional que se puede hacer del recurso.

La red provincial provee aproximadamente el 80% del agua usada. Un 93% de la superficie se riega por surco y el resto por aspersión. El riego por surco tiene una eficiencia

de conducción y aplicación en los predios que oscila entre 35-40 % en promedio. Se realizan uno a tres riegos por ciclo, número que resulta insuficiente, situación agravada por la falta de disponibilidad de agua en los momentos críticos.

Para cubrir las necesidades adicionales de agua del cultivo, se requiere efectuar inversiones económicas de importancia en la captación, conservación, conducción, distribución y aplicación del recurso, como también intensificar el aprovechamiento de fuentes subterráneas de agua, sin las cuales la agroindustria de la caña de azúcar no podrá lograr altos y sostenidos niveles de productividad.

Debe planificarse la utilización conjunta y complementaria de las fuentes de agua superficiales y subterráneas, a fin de que las perforaciones permitan cubrir sectores no servidos por el sistema de riego provincial, o durante los déficit primaverales y del inicio del verano. En nuestra provincia se disponen estudios bastantes detallados acerca de la disponibilidad de esta importante fuente de agua, profundidades medias de las perforaciones, caudales potenciales, etc., de prácticamente toda el área cañera. El empleo del recurso subterráneo debería complementarse con baterías de reserva y/o reservorios estacionales, a fin de realizar una distribución más eficiente.

Por otro lado, la incorporación de sistemas de enfriamiento y reciclado del agua por parte de las fábricas azucareras y de otras industrias podrían contribuir a mejorar la disponibilidad y distribución del agua de riego.

También, el manejo de la cobertura vegetal, el mejoramiento de la técnica de riego por gravedad actualmente utilizada, como la incorporación de tecnologías de riego por aspersión y goteo, permitirían incrementar sensiblemente la eficiencia del uso del agua a nivel de finca, ampliar la superficie de riego, reducir los costos de aplicación, factores que en conjunto mejorarían significativamente la productividad de la caña de azúcar en la región.

En los últimos años, algunas empresas líderes incorporaron sistemas mecanizados de riego (pivote central) aunque su incidencia relativa es de poca significación y su costo

es elevado, especialmente por el carácter eventual de los aportes de agua.

Los sistemas presurizados, especialmente el riego por goteo, tienen justificación cuando la demanda hídrica del cultivo es elevada, en grandes superficies y/o cuando la fuente de agua es escasa. No obstante estos sistemas de alta eficiencia y de baja utilización de mano de obra, deberán producir fuertes incrementos de la capacidad productiva de la caña de azúcar, a fin de amortizar su alto costo y asegurar la rentabilidad del cultivo.

Por lo tanto, cada alternativa de riego deberá ser analizada dentro de un contexto que contemple las ventajas, desventajas y los costos de cada sistema y que lleve a una racionalización adecuada en el uso de los recursos naturales.

LAS NECESIDADES DE AGUA DE RIEGO

Las necesidades de agua de riego responden a un balance entre el aporte de las lluvias y las pérdidas por evaporación y transpiración. En caso de existir una capa freática próxima a la superficie del suelo, cosa que ocurre en una amplia superficie del área cañera de Tucumán (Llanura Deprimida), ésta también hace aportes al cultivo dependiendo de la profundidad a la que se encuentre y de algunas características de los suelos (Figura 4).

Las variables más importantes de este balance son:

Evapotranspiración Real

Es la pérdida de humedad por evaporación directa a partir del suelo, de charcos que quedan después de una lluvia, del agua retenida en el follaje y por transpiración de la parte aérea de la caña a partir del agua que toma su sistema radicular. La magnitud de la evapotranspiración depende de:

- El contenido de humedad del suelo.
- El grado de cobertura del suelo con residuos de cosecha. Esto es muy importante en la primavera, cuando la caña tiene poco desarrollo, pues la gran cantidad de residuos que deja la cosecha reduce las pérdidas por evaporación directa.
- La radiación (nubosidad, latitud, altitud, época del año y hora del día).
- La capacidad evaporante del aire (tempe-

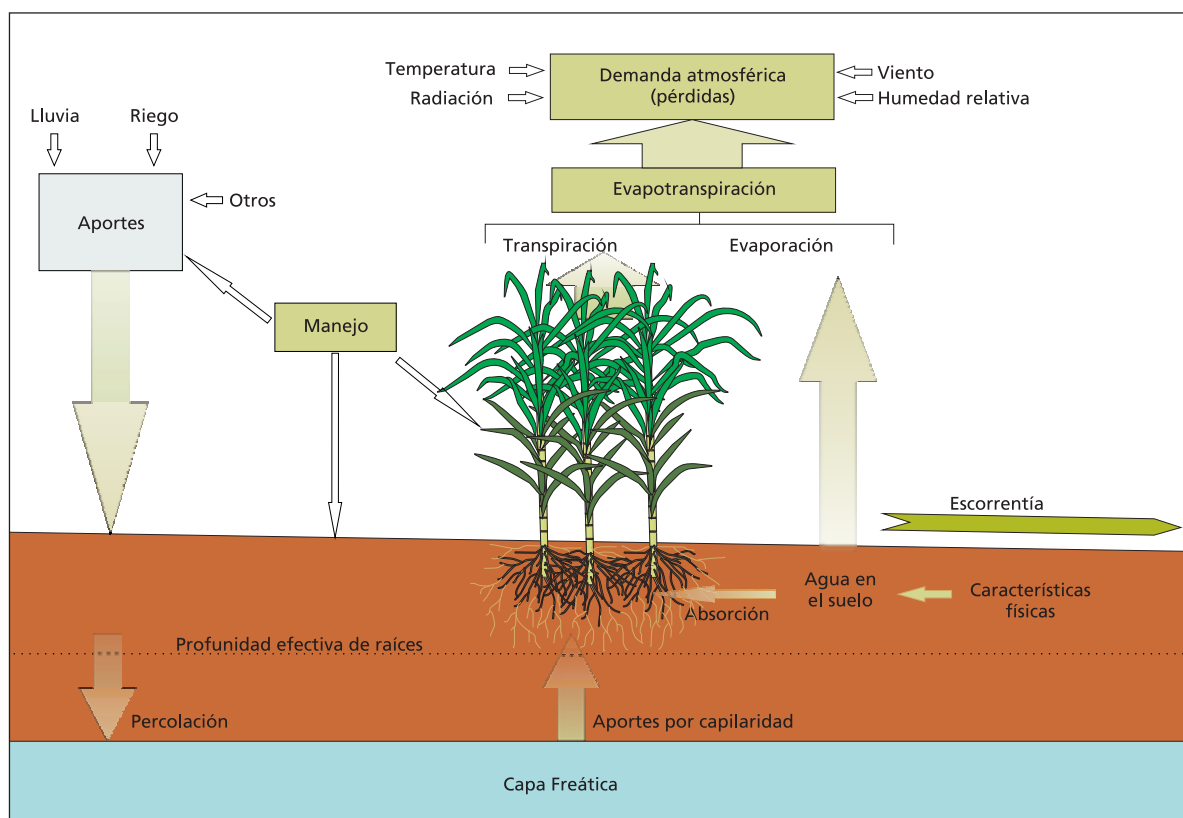


Figura 4: Esquema de los aportes y pérdidas de agua que tienen lugar en el cultivo de la caña de azúcar.

ratura, humedad relativa y viento).

- El desarrollo de la parte aérea de la caña de azúcar.

Lluvia

El aporte de agua de la lluvia sigue distintos caminos y solo una parte es almacenada en el suelo para luego ser tomada por las raíces del cultivo. A esta se denomina precipitación efectiva. Los principales destinos de la lluvia son los siguientes:

- **Pérdidas por Evaporación Directa:** Una fracción se pierde de esta forma, a partir de la parte aérea de las plantas, de los charcos y desde la superficie del suelo.
- **Infiltración:** El agua que se infiltra en el suelo y se almacena en la zona de crecimiento de las raíces, pasa a constituir una reserva para el cultivo. La que se mueve por debajo de la zona radicular tiene poca influencia en el balance hídrico de la caña de azúcar y puede considerarse como pérdida a los fines prácticos. Puede aportar a los acuíferos, entre ellos la capa freática.

- **Pérdidas por Escurrimiento superficial:**

Cuando la intensidad de la lluvia supera la velocidad de infiltración y la capacidad de almacenaje de las depresiones, el agua se pierde por escurrimiento directo. Este fenómeno contribuye a crear una distribución no uniforme de la humedad almacenada en el suelo donde en algunos casos los bajos pueden recibir una cantidad adicional de agua en detrimento de los sectores altos. Por otro lado, una fracción, importante o no, dependiendo de la intensidad y duración de la lluvia, puede abandonar el área por la red de drenaje natural o artificial.

La Figura 5 muestra en forma esquemática como el aporte de la precipitación sigue distintos caminos.

Es muy difícil precisar la lamina que se transforma en precipitación efectiva por el numero elevado de variables que intervienen; pero resulta muy importante tener presente que sólo una parte de la lluvia registrada, estará disponible para el cultivo.

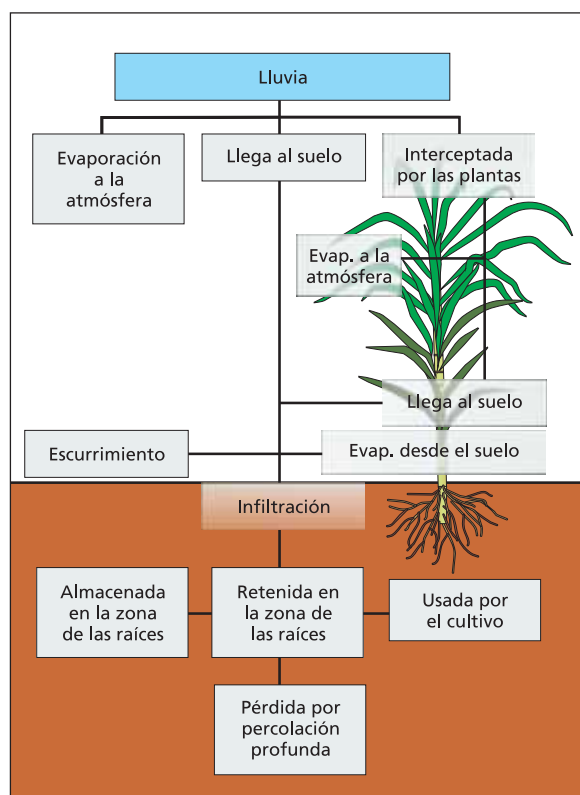


Figura 5: Vías de movimiento y destinos del agua de lluvia.

Contribución de la capa freática

Su aporte de agua al cultivo depende de dos variables principales:

- **La profundidad a la que se encuentra:** A menor profundidad mayor es su importancia en la provisión de agua al cultivo.
- **La textura y estructura del suelo:** Los suelos que transportan con mayor eficiencia agua desde la capa freática a las raíces o a la atmósfera son los franco arenoso finos y los franco limosos. Los suelos arenosos, por tener poros de gran tamaño, muestran un ascenso capilar limitado. Por otro lado, los suelos de textura muy fina, con dominio de la fracción arcilla, presentan baja velocidad de transporte de agua y su influencia en la provisión de agua al sistema radicular es mucho menor (Figura 6)

La necesidad de agua de riego durante el ciclo de la caña de azúcar está determinada por un lado, por un balance entre los aportes de la lluvia que se transforma en precipitación efectiva, más la contribución de la capa freática y más el agua almacenada en la zona radi-

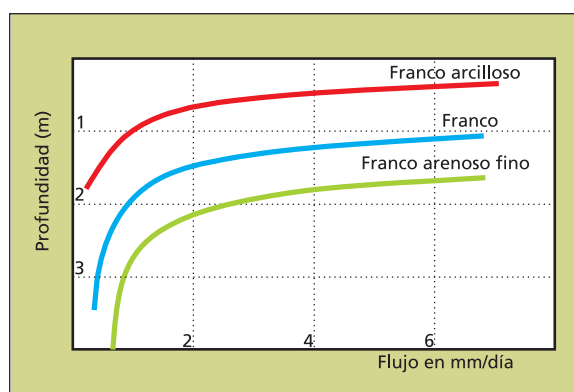


Figura 6: Profundidad de la capa freática en relación a la velocidad de flujo vertical para distintas texturas.

cular al comienzo del período de crecimiento y por el otro, por las pérdidas estimadas por la evapotranspiración potencial. Esta última es la demanda de agua del cultivo en caso en que la humedad de suelo sea suficientemente alta como para no ser una limitante.

El manejo de la disponibilidad de agua puede realizarse mediante el riego y/o mediante prácticas culturales (como la rotación, el mantenimiento de los residuos de cosecha, sistema verticales y mínimos de labranza, la fertilización y la variedad, entre otros), que favorezcan un mayor almacenamiento en el suelo y/o la reducción de las pérdidas evaporativas.

CAPACIDAD DE ALMACENAJE DE AGUA ÚTIL

En el lapso comprendido entre dos lluvias, los cultivos obtienen agua a partir de la humedad almacenada en la zona de crecimiento de las raíces. La capacidad de almacenar agua está determinada por la porosidad del suelo, la cual depende de la textura y estructura. Las máximas capacidades de almacenar agua útil para los cultivos en 1 metro de perfil en función de la textura, se presenta en la Tabla 1. Se entiende que el agua útil es aquella que va desde capacidad de campo a punto de marchitez.

De esta tabla se desprende que los suelos arenosos tienen poca capacidad de almacenaje por lo que las lluvias o riegos deben ser frecuentes. Los suelos con capacidad máxima son los francos limosos y francos arenoso finos mientras que la gama de los arcillosos vuelve a tener una menor capacidad. Esta caracterís-

Tabla 1: Capacidad de retención de Agua útil en suelos de distinta textura.

Clase Textural	Agua Disponible (% en volumen)
Franco Arenoso	13
Franco	19
Franco Limoso	21
Franco Arcilloso	19

tica es muy importante para el manejo del riego en lo que hace a cantidad de agua a aplicar (lámina) y frecuencia (turnado). Así, si se agrega una lámina grande a suelos arenosos, una significativa parte del aporte de agua se perderá en las capas profundas del suelo donde las raíces tienen baja densidad o no están presentes.

EL SISTEMA RADICULAR Y SU DESARROLLO A LO LARGO DEL CICLO PRODUCTIVO DE LA CAÑA DE AZÚCAR

Un cultivo toma agua de la profundidad a donde se encuentran las raíces, lo cual también significa que no hay desarrollo ni exploración radicular en capas del suelo que no dispongan de un nivel hídrico adecuado. Cuando comienza la brotación de la caña planta, el sistema radicular tiene escasa densidad y explora solo

unos pocos centímetros de suelo. Algo parecido ocurre con la caña soca donde una parte muy importante del sistema radicular se renueva luego de cada corte y con el inicio de la brotación comienza a desarrollar el nuevo sistema radicular. En estos momentos las necesidades de agua del cultivo son bajas pues el área foliar es pequeña. A medida que este evoluciona, el sistema radicular se hace más denso y explora un espesor mayor del perfil del suelo.

Esto ha sido representado esquemáticamente en la Figura 7 y debe ser considerado a la hora de la aplicación del riego. De esta manera, en los primeros estadios de la brotación se requieren láminas pequeñas y riegos frecuentes. Con el avance del desarrollo del cultivo estas deben aportar una mayor cantidad de agua para humedecer toda la zona de exploración de raíces.

La caña de azúcar es un cultivo que explora entre 1,0 y 1,5 m de perfil, si no existen problemas de capas compactadas, falta de oxígeno u otras condiciones adversas. Sin embargo, se debe tener en cuenta la variación de la densidad de raíces en relación a la profundidad del perfil.

En términos generales, y de no mediar impedimentos físicos o químicos en el suelo, las raíces de la caña de azúcar se distribuyen según la Figura 8.

La mayor parte de la biomasa radicular de la caña de azúcar se encuentra cercana a la

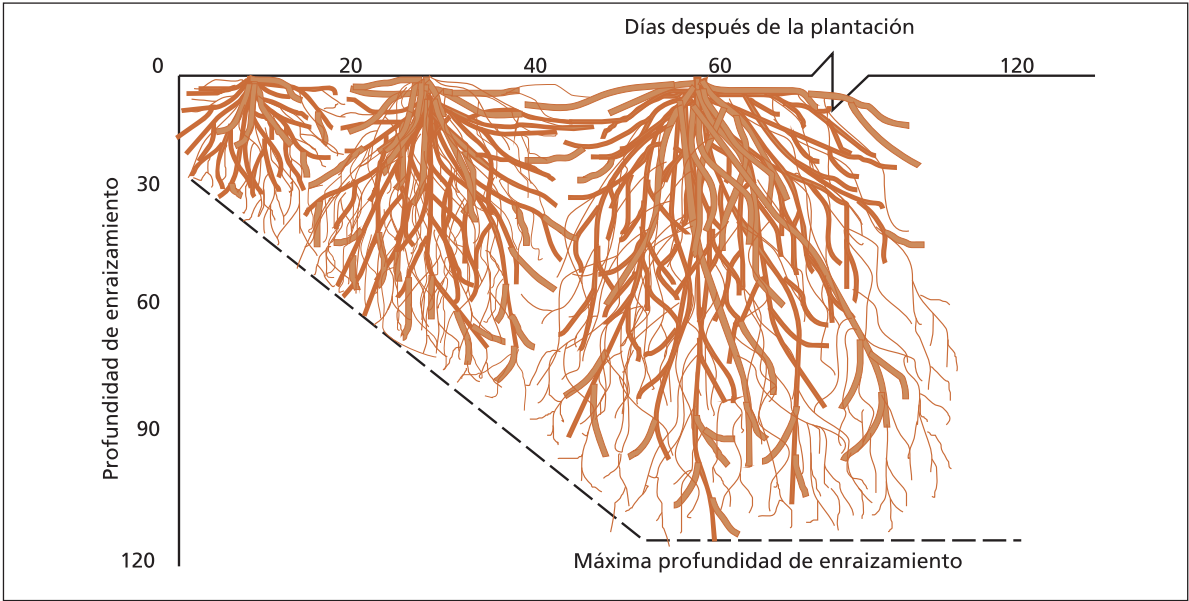


Figura 7: Esquema del desarrollo radicular.

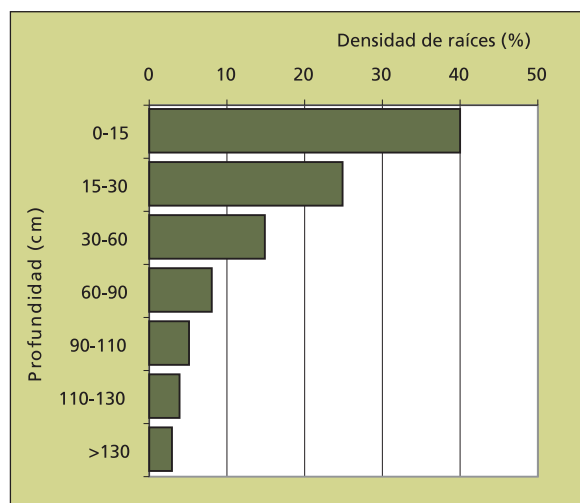


Figura 8: Generalización de la variación de la densidad y biomasa de raíces de caña de azúcar en función de la profundidad del suelo.

superficie y disminuye casi exponencialmente con la profundidad del suelo. Generalmente, entre el 40-50% de la biomasa radicular se ubica en los primeros 30 cm del suelo y alrededor del 80% está en los primeros 50-60 cm. El porcentaje restante de raíces y de manera decreciente, se distribuye en el horizonte hasta el 1,0 y 1,5 m de perfil.

Pero, como dijimos anteriormente, el tamaño y la distribución del sistema radicular se ven fuertemente afectados por la distribución y disponibilidad de agua en el suelo. De este modo, el patrón de extracción de agua del suelo sigue en gran medida la distribución de la biomasa radicular.

Esto tiene una fuerte incidencia en el aprovechamiento del agua almacenada en el suelo. Cuando mayor es la densidad radicular, más alta es la capacidad de la caña de azúcar de tomar humedad del perfil ya que la superficie de absorción y el contacto raíces-suelo son mayores. Esto también debe ser tenido en cuenta en el manejo del riego. Aún cuando el contenido hídrico sea uniforme, hay más capacidad de absorber agua en los horizontes superiores por el mayor desarrollo del sistema radicular. Esto se expresa en forma aproximada en la siguiente regla:

Regla práctica de extracción de agua por las raíces

Si se divide la profundidad de raíces en cua-

tro partes:

- El $\frac{1}{4}$ superior provee el 40% del agua.
- El segundo $\frac{1}{4}$ un 30% del agua.
- El tercer $\frac{1}{4}$ un 20% del agua.
- El último $\frac{1}{4}$ solo el 10%.

Esto se aplica cuando el suelo fue humedecido en toda su profundidad e indica la variación de la capacidad de aprovechar el agua con la profundidad.

LA NECESIDAD DE AGUA A LO LARGO DEL CICLO DEL CULTIVO

La evapotranspiración, como el mismo término lo expresa, es la suma de pérdidas por evaporación y transpiración. La evaporación directa se produce a partir del suelo y del agua retenida por la vegetación. Esta última se agota rápidamente luego de finalizada la lluvia y la primera es muy alta mientras el suelo está húmedo en superficie y disminuye marcadamente en la medida que los primeros 10 a 15 cm se secan.

La magnitud de la evaporación a partir del suelo está fuertemente determinada por la cobertura, sea esta viva o muerta. Ambas impiden la llegada de la radiación directa al suelo y el transporte turbulento de vapor de agua hacia la atmósfera. En los primeros estadios del cultivo de la caña, cuando la cobertura viva es baja, este tipo de pérdida puede ser muy alta en la medida que el suelo está húmedo y sin cobertura.

En este momento el residuo de la cosecha anterior puede cumplir un papel importante en la reducción de la pérdida de humedad y de la necesidad de agua de riego. Si bien esta cobertura atrasa la brotación pues constituye una barrera para que la radiación directa caliente el suelo, en las experiencias conducidas en Tucumán, en general no se encuentran diferencias en los rendimientos obtenidos a cosecha.

Frente a una misma condición meteorológica y de humedad en el suelo, la transpiración es una función directa de la superficie verde expuesta a la atmósfera. Al mismo tiempo, con el crecimiento del área foliar, decrece la evaporación directa pues el follaje impide que la radiación llegue al suelo y que el viento a nivel de superficie acelere la pérdida de agua.

Cuanto mayor es el desarrollo de la caña de azúcar, mayor es el área foliar expandida y mayor la evapotranspiración.

Las necesidades potenciales (evapotranspiración potencial) de agua de un cultivo pueden ser estimadas a partir de datos meteorológicos y del grado de desarrollo del área foliar. Con los datos meteorológicos se puede calcular la evapotranspiración de referencia (ET_r). Esta estima las pérdidas de agua a partir de un suelo con alta humedad y con un tipo dado de cobertura vegetal.

En cuanto al desarrollo alcanzado por el cultivo, este se expresa en forma de un Coeficiente de Cultivo, que crece con el aumento del área foliar y que multiplicado por la evapotranspiración de referencia, estima la pérdida potencial de un cultivo cualquiera para un período dado (día, semana, etc.) dado a lo largo de su ciclo. Estas estimaciones se hacen generalmente en forma diaria de tal manera que se puede confeccionar un balance hídrico que permite estimar, en base a aportes y pérdidas, el momento de reponer agua por medio del riego. La evolución del coeficiente del cultivo a lo largo del ciclo esta representada en la Tabla 2, allí se puede observar como éste crece hasta alcanzar valores superiores a 1 cuando el desarrollo del canopeo es máximo.

Las necesidades de riego merecen un tratamiento distinto cuando se trata de áreas con capa freática alta como ocurre en la Llanura Deprimida. El aporte de este acuífero puede ser muy importante y está determinado por la profundidad a la que esta se encuentra y por la textura del suelo. La Figura 6 muestra la magnitud del aporte potencial de agua a la zona

radicular en función de la profundidad y la textura. Perfiles arenosos hacen muy poca contribución aún con niveles altos de la capa freática. Por el contrario, suelos de textura franco limoso o franco arenoso fino son muy eficientes en el transporte por ascenso capilar. Esta condición debe ser tenida en cuenta al determinar las necesidades y el momento del riego.

PROGRAMACIÓN DEL RIEGO

La determinación del momento de riego se hace por varios métodos. Se usan balances hídricos llevados en forma diaria, sensores de humedad de suelo de distinto tipo, termómetros infrarrojos que miden temperatura del follaje y dispositivos que miden la turgencia de las hojas, que permiten determinar el grado de estrés hídrico del cultivo, etc. En general se utilizan combinaciones de métodos que se complementan entre sí para un mejor aprovechamiento del recurso hídrico. Dentro de estas combinaciones una de las más usadas consiste en llevar un balance hídrico diario en base a aportes por lluvia y riego y pérdidas por estimación de la evapotranspiración potencial en base al coeficiente del cultivo y la ET de referencia. A esto se lo combina con monitoreos de humedad de suelos en varios puntos dentro de un lote y a dos o tres profundidades dentro de la zona de exploración de raíces. Dichos controles tienden a hacerse más frecuentes a medida que la humedad edáfica estimada por medio del balance hídrico se acerca al umbral de riego establecido.

Tabla 2: Coeficientes para caña de azúcar en cuatro ambientes climáticos distintos.

Coeficientes de Cultivo Para Caña de Azúcar				
	Clima Húmedo		Clima Árido	
	Vientos Moderados	Vientos Fuertes	Vientos Moderados	Vientos Fuertes
Emergencia a canopeo 25%	0.55	0.60	0.40	0.45
Canopeo 25 al 50%	0.80	0.85	0.75	0.80
Canopeo 50 al 75%	0.90	0.95	0.95	1.00
Canopeo 75% a 100%	1.00	1.10	1.10	1.20
Máximo Desarrollo	1.05	1.15	1.25	1.30
Inicio de Maduración	0.85	0.85	0.95	1.05
Maduración	0.60	0.65	0.70	0.75

UMBRALES DE RIEGO

Los umbrales de riego, es decir los contenidos de humedad a los cuales se debe reponer agua por medio del riego para lograr altos rendimientos, dependen de factores tales como la capacidad de la especie o variedad para usar el agua almacenada en el suelo, la densidad de raíces, la sensibilidad del cultivo al estrés hídrico, el estado fenológico, las condiciones climáticas y el tipo de suelo. La caña de azúcar, a diferencia de otras especies, no tiene períodos definidos de máxima sensibilidad al déficit de humedad y la disminución en los rendimientos culturales va a estar en directa relación con la magnitud y duración del período donde la demanda de agua no fue satisfecha.

Cuando el suelo tiene alta humedad, el ritmo de pérdida de agua lo determinan las condiciones climáticas. A medida que el contenido hídrico disminuye, mayor es la dificultad del sistema suelo-planta para sostener la demanda de agua por parte de la atmósfera. Es por ello que el riego debe realizarse mucho antes que la humedad alcance el punto de marchitez. En los climas con baja humedad relativa y alta radiación y velocidad de viento, el umbral de riego se establece a un contenido hídrico mayor que en donde las condiciones son más benignas. En el caso del área cañera de Tucumán, donde la demanda potencial de agua no alcanza valores promedios altos, este umbral debe ser próximo al 40% del agua utilizable en la zona de máxima exploración de raíces (es decir que se debe reponer agua cuando se consumió el 60% del agua útil). Por otro lado, atendiendo a la máxima densidad de raíces, es aconsejable considerar solo los primeros 60 cm de perfil como profundidad de control a los fines de un balance hídrico y monitoreo de humedad del suelo.

RIEGO PERMANENTE Y RIEGO COMPLEMENTARIO

Las áreas con riego permanente son aquellas donde el aporte de las precipitaciones tiene poca importancia en relación a las necesidades de los cultivos. En ellas la programación del riego es mucho más sencilla pues la lluvia, por ser escasa y de ocurrencia aleatoria, no es tomada en cuenta a los fines de la previsión de las necesidades de riego y su programación. La situación es mucho más

compleja donde el aporte de las precipitaciones es importante y el riego es solo complementario.

En el caso del área cañera de Tucumán, en la primera parte de un ciclo que comienza a principios de septiembre y va hasta principios de noviembre según las zonas, el déficit hídrico del cañaveral se manifiesta con mucha frecuencia (frecuencia que crece en duración y magnitud hacia el este del área cañera, con la disminución de las precipitaciones). A los fines de la necesidad de riego, el aporte de las lluvias puede no ser tenido en cuenta en este período, más aún si se considera que el sistema radicular tiene un desarrollo limitado y superficial de tal manera que se necesitan frecuentes reposiciones de humedad (a comienzos de primavera es posible observar caña con evidentes signos de estrés hídrico en suelos donde la humedad es alta a partir de los 30 cm de profundidad).

Luego de esta etapa, la lluvia pasa gradualmente a constituir una parte importante (sino la totalidad del agua) requerida por la caña de azúcar y el riego se torna complementario. A partir de ese momento se pueden presentar en forma aleatoria períodos con déficit hídrico de distinta magnitud y duración. Dadas las características agroecológicas y la infraestructura (red de riego y su manejo) del área por un lado y la aleatoriedad con que se presentan dichos períodos por otro, es muy difícil suplir en tiempo y forma el déficit de humedad en grandes superficies. Para hacerlo se necesitan sistemas de aplicación que permitan poner bajo riego en forma rápida y simultánea grandes superficies (goteo, pivotes, equipos de aspersión) una vez que se alcanzó el umbral preestablecido. Esto puede resultar poco práctico y antieconómico. Por otro lado, el sistema de aplicación de mayor difusión en el área cañera de Tucumán es el riego por surcos, el cual tiene una capacidad operativa limitada. A ello se agrega que cuando ocurren estos períodos de estrés, el requerimiento de riego se generaliza en una vasta área y el agua disponible es siempre insuficiente. Esta situación es característica de zonas de producción de cultivos extensivos y donde el riego es complementario. En el caso particular de la Llanura Deprimida con capa freática alta el aporte de riego durante este período debe ser

muy cuidadoso pues si luego ocurren precipitaciones por encima de las medias, estas pueden producir ascensos extraordinarios del nivel freático y mermas en los rendimientos.

LA APLICACIÓN DEL AGUA DE RIEGO EFICIENCIA Y MÉTODOS

Se entiende por eficiencia global a la relación porcentual entre la cantidad de agua que se almacena en la zona de desarrollo del sistema radicular y la derivada desde la fuente. Esta última puede ser un dique, una toma de agua o una perforación para extraer agua subterránea. La eficiencia global está integrada por componentes tales como eficiencias de conducción externa (fuera del predio) e interna (dentro del predio) y toma en consideración las pérdidas por infiltración, roturas en canales o conductos y por evaporación a lo largo de la red. También forman parte de la eficiencia global la eficiencia de aplicación y de distribución dentro del predio. Respecto de éstas, la de aplicación considera a las pérdidas de agua fuera de la zona de crecimiento de raíces. Estas son:

- Por evaporación directa.
- Por percolación por debajo de la zona de exploración de raíces.
- Por escurrimiento fuera del área regada (colas de riego).

La eficiencia de distribución toma en consideración a la desuniformidad de la profundidad humedecida dentro del predio como producto del riego.

Otro aspecto inherente a los sistemas es la capacidad operativa que hace referencia a la velocidad de avance del riego.

Los sistemas de aplicación son muy diversos. Difieren entre sí en la eficiencia, la capacidad operativa y la inversión necesaria para implementarlos.

El riego por surcos es el sistema de mayor aplicación en el área cañera de Tucumán. Este requiere de la sistematización del predio para lograr mayor eficiencia y capacidad operativa. La sistematización esta basada en los siguientes estudios previos:

Mapa de aptitud de suelos para riego: Este trabajo brinda información en cuanto a la distribución geográfica de distintos tipos de suelo y sus propiedades (infiltración, capacidad de retención de agua, permeabilidad,

drenaje, salinidad, etc.).

Mapa altimétrico del área: Imprescindible para determinar el trazado de la red interna de conducción de agua, la disposición de callejones y la orientación de los surcos. Es también necesario para determinar necesidades de nivelación y cálculo de movimiento de suelos.

Balance hídrico del cultivo y necesidades de agua de riego: En base a la eficiencia global estimada del sistema y los caudales disponibles, permite determinar la magnitud del área a regar y las demandas parciales durante el ciclo del cultivo.

Calidad del agua y balance salino: Este estudio es básico para conocer las necesidades de lavado para mantener la salinidad dentro de los límites tolerados por el cultivo. Sólo cuando se cuenta con esta información se puede lograr una correcta sistematización y así alcanzar eficiencias altas y una mayor superficie regada por unidad de tiempo.

La Figura 9 representa distintos niveles de eficiencia de aplicación (Ea) y de distribución (Ed) en riego por superficie. La profundidad de exploración de las raíces esta representada por la línea de puntos.

En los casos "A" y "D" se alcanza un 100% de Ea puesto que toda el agua que entró a los surcos quedó en la zona de raíces pero la uniformidad es pobre y el estrés aparecerá anticipadamente en los puntos donde el perfil humedecido es menor. Los casos "B" y "E" muestran un humedecimiento más completo de la zona de raíces pero la falta de uniformidad es evidente y hay pérdidas por percolación profunda. En "C" y "F" la reposición de agua de la zona radicular es completa pero tanto la Ea como la Ed son bajas. Los casos "G", "H" e "I" corresponden a sistemas de riego por aspersión donde el agua comienza a infiltrarse simultáneamente en toda la superficie regada. En estos casos es más fácil alcanzar una mayor eficiencia de aplicación. La falta de uniformidad se debe a aportes diferentes dentro de esta superficie como producto del diseño de los aspersores y su distribución, acción del viento y otros.

En riego por superficie donde el agua

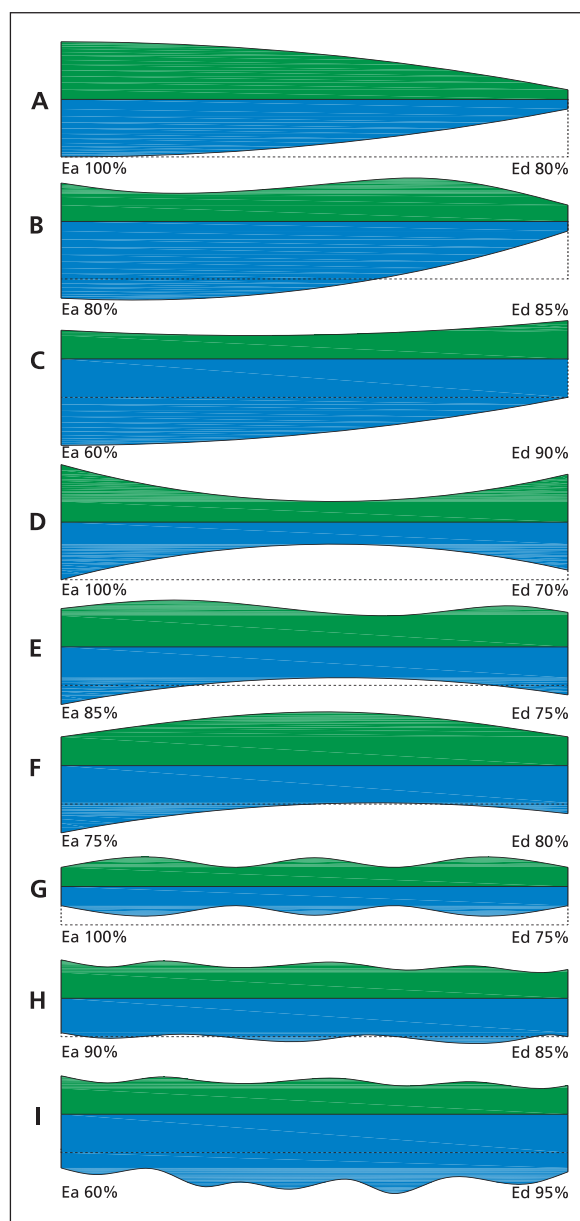


Figura 9: Eficiencia de aplicación (Ea) y Eficiencia de distribución (Ed)

comienza a infiltrar en la medida que el frente de agua avanza (caso de riego por surcos), las eficiencias de aplicación y distribución están relacionadas con numerosas variables que se interaccionan entre sí. Las más importantes son, longitud de los surcos, caudales, lámina a aplicar, velocidad de infiltración, capacidad de

retención de agua útil, rugosidad y cobertura de residuos del surco, y pendiente y uniformidad de ésta a lo largo de los surcos.

El riego por surcos tiene tres etapas. La primera es la *de mojado* que comienza cuando el agua entra al surco y termina cuando llega al final del mismo. La segunda es *de riego* que es la más importante en la reposición de la humedad. La tercera es *de recesión* que comienza cuando se corta el ingreso de agua y finaliza cuando termina la infiltración. La existencia de estas tres etapas demuestra que el agua entra en contacto y permanece sobre el suelo longitudes de tiempo distintas a lo largo del surco. Es por ello que con este sistema es muy difícil alcanzar altas eficiencias. En la práctica, con sistemas bien diseñados, la eficiencia de aplicación no es mayor de un 60% y en nuestras condiciones se estima que son menores al 40%. Una forma de aumentar la eficiencia del riego por surcos es con el riego por pulsos. Por este sistema la duración neta de la primera etapa se reduce al introducir el caudal en forma intermitente lo que hace que el tiempo neto de mojado sea menor. Así se reducen las pérdidas por infiltración profunda en las cabeceras. Esto está representado en la Figura 10.

Los suelos livianos o gruesos tienen alta velocidad de infiltración y baja capacidad de retención de agua. En ellos los surcos deben ser cortos para evitar grandes pérdidas por percolación profunda en las cabeceras. Al mismo tiempo la velocidad del agua, vinculada a la relación caudal-pendiente, no puede ser alta por la susceptibilidad a la erosión.

Los suelos medios y pesados, con contenidos de arcilla mayores a 25%, presentan, en general baja velocidad de infiltración, alta capacidad de retención de agua y una menor susceptibilidad a la erosión. En ellos se pueden diseñar surcos de mayor longitud y permiten una mayor velocidad del agua en el surco, ajustando el caudal a la pendiente de diseño. Entre estos dos grupos de suelos existe una gran variedad de situaciones que es necesario estudiar a fin de lograr mejorar tanto la eficiencia como la capacidad operativa y el control de la erosión.

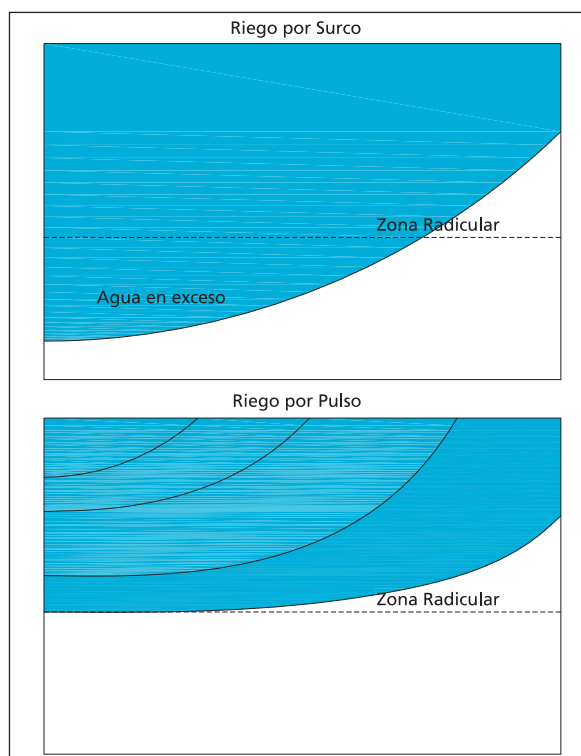


Figura 10: Diferencias entre los perfiles humedecidos por el riego por surcos común y el riego por pulsos.

EL RIEGO COMO PRÁCTICA AGRONÓMICA EN EL ÁREA CAÑERA DE TUCUMÁN

En un área cañera como la de Tucumán, donde el riego es considerado complementa-

rio, existe la tendencia a priorizar otras tareas agronómicas. La cosecha y cultivo pasan a tener una importancia relevante en el diseño del cañaveral, en la orientación y longitud de los surcos y esto va en detrimento de la capacidad operativa y la eficiencia del riego. Un buen diseño debe conciliar los requerimientos de todas las labores y esto es perfectamente posible en gran parte del área cañera. Los surcos no necesariamente tienen que ser rectos y para disminuir su longitud a los fines del riego, se pueden trazar callejones angostos que tienen como única finalidad conducir agua. Las situaciones más difíciles se dan en la Llanura Deprimida donde en algunos sectores se combinan un mesorelieve ondulado y suelos con textura contrastante en los que en pocas decenas de metros se pasa de suelos arenosos a otro francos arcillosos. A este problema se agrega el nivel freático ya elevado o su ascenso por efectos del riego, hasta la zona de crecimiento de las raíces, creando condiciones de asfixia radicular.

Por otro lado, el piedemonte presenta por sectores, pendientes pronunciadas y complejas. En estas situaciones es posible lograr eficiencias aceptables en riego por surco, pero esto se hace a costa de grandes pérdidas de terreno (surcos cortos y más callejones), mayor demanda de mano de obra y a dificultades operativas en otras tareas (falta de continuidad entre tablones).

CAPÍTULO 9 |

CRITERIOS GENERALES PARA EL MANEJO DE MALEZAS EN CAÑA DE AZÚCAR EN TUCUMÁN

Autores

Ignacio L. Olea

Sebastián Sabaté

Humberto Vinciguerra

Eduardo R. Romero

CRITERIOS GENERALES PARA EL MANEJO DE MALEZAS EN CAÑA DE AZÚCAR EN TUCUMÁN

INTRODUCCIÓN

Estudios realizados en el noroeste argentino contabilizan unas 300 especies de malezas en los cañaverales de la región. Las mismas, en algunos casos, provocan pérdidas en los rendimientos de hasta un 50% al competir con el cultivo por el aprovechamiento de los recursos disponibles (luz, agua y nutrientes).

COMPETENCIA ENTRE LA CAÑA DE AZÚCAR Y LAS MALEZAS

La herramienta principal con que el cañaveral cuenta para competir con las malezas es limitar el nivel de radiación solar que llega a ellas, mediante la velocidad con que desarrolla el canopeo (Figura 1).

El crecimiento del área foliar de la caña y la velocidad con que ésta alcanza el cierre, dependen de las condiciones ambientales, las características varietales (número de hojas, orientación y macollaje) y del manejo agronómico (número de tallos y distancia entre surcos).

La luz es el factor más crítico para las comu-

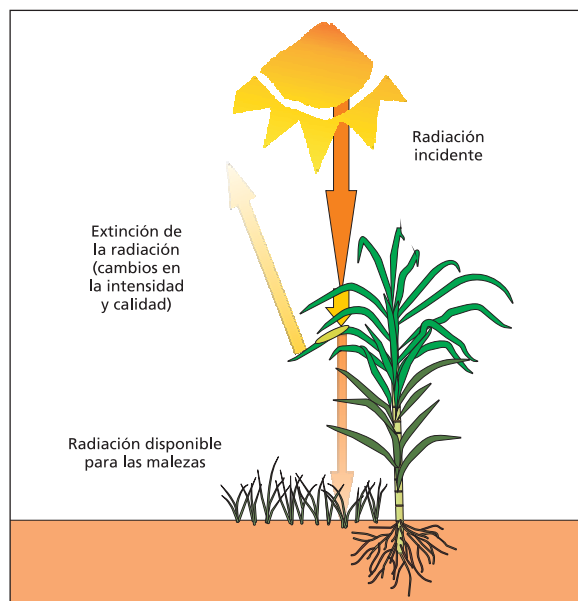


Figura 1: Esquema de interacciones de competencia lumínica entre las malezas y la caña de azúcar.



nidades en competencia, ya que su aprovechamiento se relaciona estrechamente con la capacidad de construir biomasa que luego se verá reflejada en los rendimientos finales del cultivo.

El principal componente del rendimiento cultural de la caña de azúcar es el número de tallos que se produce por unidad de superficie y éste depende de la cantidad de luz que llega al cultivo.

Los efectos más perjudiciales de la competencia con malezas se producen durante las fases de brotación y macollaje de la caña de azúcar.

Las medidas de control mecánico o químico, deben ser efectuadas especialmente durante el período en que la caña de azúcar no puede competir eficientemente y que comienza antes de la brotación de la caña y culmina con el cierre del cañaveral (excepto para malezas trepadoras como el tupulo).

Desde el momento en que la caña planta emerge y hasta la última soca, el área del surco constituye un espacio donde el control mecánico de malezas resulta poco factible de realizar (Figura 2). En ese espacio ocurren las relaciones de competencia temprana y el control químico de malezas constituye la metodología más apropiada para su manejo.



Figura 2: El cultivo mecánico no controla las malezas en la línea del surco.

CARACTERIZACIÓN Y AGRUPAMIENTO DE LAS MALEZAS

Para un eficiente manejo de las malezas es necesario tener en cuenta los siguientes criterios:

- Identificación de las especies de malezas predominantes.
- Estado de desarrollo de las malezas.
- Estado de desarrollo del cultivo.
- Condiciones climáticas y contenido de humedad en el suelo al momento de la aplicación de un herbicida.

La mayoría de las especies son factibles de ser agrupadas según criterios orientados a la definición de estrategias de manejo. En la Tabla 1 se presentan los períodos de emergencia de las principales malezas problemas en los cañaverales de Tucumán. Las mismas fueron agrupadas según criterios que se utilizarán posteriormente al tratar las metodologías para su control.

Las malezas se agrupan en comunidades y se deben distinguir en las mismas cuáles son las especies dominantes por su capacidad competitiva y necesidad de un manejo específico. Ellas definen los herbicidas a utilizar y las dosis. En el texto son objeto de consideraciones especiales.

CONTROL QUÍMICO

El control químico se justifica cuando produce un beneficio económico en el corto o media-

no plazo. Este objetivo se logra si la aplicación se realiza:

- Con el producto y en el momento apropiado.
- Con la dosis adecuada y una correcta aplicación del herbicida.

Clasificación de los herbicidas

A los fines del presente trabajo, es necesario dividir a los herbicidas en dos grupos, de acuerdo al momento de aplicación con relación al estado de la maleza. Ellos son: a) residuales y b) post-emergentes (de contacto y de translocación)

Es importante conocer que los herbicidas, pueden no cubrir todo el espectro de malezas presentes en un lote o no ser efectivos en todos los estadios en que éstas puedan encontrarse. Por ese motivo, frecuentemente se realizan mezclas entre diferentes productos pertenecientes a las dos clases enunciadas.

Herbicidas residuales o pre-emergentes

Se aplican directamente al suelo antes de la emergencia de las malezas anuales (gramíneas y latifoliadas), a las cuales eliminan cuando lo absorben con sus radículas o talluelos, al emerger luego de la germinación de las semillas.

Si bien el suelo húmedo en superficie, significa una mayor movilidad y penetración del herbicida, los herbicidas residuales pueden aplicarse aunque esa condición no exista, a menos

Tabla 1: Períodos de emergencia o presencia de diferentes malezas agrupadas según diferentes criterios.

Meses	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E
Malezas Gramíneas anuales Se originan de semillas												
<i>Digitaria</i> sp. (pasto blanco); <i>Setaria</i> sp. (cola de zorro); <i>Brachiaria</i> sp.; <i>Echinichloa</i> sp.; etc.												
Malezas Gramíneas perennes Se originan de semillas ú órganos subterráneos												
<i>Sorghum halepense</i> (pasto ruso) <i>Cynodon dactylon</i> (grama bermuda)												
Malezas Latifoliadas anuales Se originan de semillas												
Estivales: <i>Portulaca</i> sp. (verdolaga); <i>Amaranthus</i> sp. (ataco); <i>Ipomoea</i> sp. (porotillo); <i>Sicyos</i> sp. (tupulo); etc. Invernales: <i>Glandularia</i> sp.; <i>Leonorus</i> sp.; <i>Chenopodium</i> sp. (cenizo); <i>Coniza</i> sp.; etc.												
Malezas Latifoliadas perennes												
<i>Solanum</i> sp.; <i>Eryngium</i> sp.; <i>Cyperus</i> sp.; etc.												

que el suelo se encuentre totalmente seco y polvoriento, y no existan probabilidades de lluvias en el corto plazo.

En Tucumán, el sistema más generalizado de manejo de la caña planta hasta emergencia de los brotes utiliza el *sobreborde* (Figura 3), el cual al ser retirado mediante el *desboquille* (Figura 4), elimina las malezas del surco y deja sobre la caña semilla la cantidad de tierra necesaria. Luego de esta operación, resulta fundamental la aplicación de herbicidas residuales para impedir que las malezas que se originan por semilla, se localicen en la línea del surco e impidan un buen macollaje de la caña (Figura 5).



Figura 3: Sistema de sobreborde utilizado en Tucumán.



Figura 4: Surcos desboquillados.

Herbicidas post-emergentes

Se aplican sobre las malezas ya emergidas, y su penetración depende del tipo de superficie foliar y de las condiciones ambientales. Una vez que penetraron en la planta deben distinguirse dos tipos de herbicidas según el sitio donde actúan y su capacidad de movilizarse dentro de la planta.



Figura 5: Caña planta con aplicación de herbicida pre-emergente; al fondo testigo sin aplicación de herbicida.

Ellos son:

- a) **De translocación:** tienen aptitud para la movilización por toda la planta y actúan lejos del lugar donde fueron absorbidos. (por ej.: 2,4-D).
- b) **De contacto:** actúan en forma cercana al lugar donde se absorben y por ello requieren que el caldo herbicida moje a la maleza en mayor grado que la categoría anterior (por ej.: MSMA)

Resulta fundamental, cuando se utilizan herbicidas post-emergentes, la utilización de humectantes, que permiten que las gotas herbicidas se extiendan por la superficie foliar y cubran mayor superficie.

SELECTIVIDAD DE UN HERBICIDA

La selectividad de un herbicida se refiere a su cualidad de no afectar los rendimientos culturales, cuando se utilizan para el manejo de la caña de azúcar, en las dosis recomendadas para su empleo.

La tolerancia de la caña a un herbicida, está relacionada con la variedad y el estadio fenológico en que se encuentra y también con las condiciones ambientales durante la aplicación. La susceptibilidad a un herbicida se expresa con síntomas que se pueden caracterizar como:

- Quemaduras por efecto de contacto.
- Decoloración (albinismo).
- Deformaciones y fragilidad de tallos.
- Detención del crecimiento.
- Muerte de la planta.

A medida que la caña crece, disminuye su tolerancia a los efectos de contacto de algunos

herbicidas. Ello se relaciona con el aumento de la interceptación de la gota herbicida por el follaje. De ahí la necesidad de contar con buenos equipos pulverizadores, dotados con la particular *barra con bajadores para caña de azúcar* (Figura 6), cuya regulación correcta es fundamental para lograr el objetivo buscado, es decir, posicionar bien los herbicidas que pueden afectar a la caña e impedir que sean obstruidos en su llegada al objetivo. Esta selectividad se denomina posicional.



Figura 6. Barra pulverizadora cañera.

RECOMENDACIONES PARA LA CALIBRACIÓN DE PULVERIZADORES PARA LA APLICACIÓN DE HERBICIDAS

La calibración es el conjunto de operaciones que aseguran la distribución de la cantidad correcta (dosis) del fitoterápico en un área blanco determinada, respetando una cobertura mínima y una uniformidad en la aplicación.

La eficiencia de un tratamiento herbicida en caña de azúcar, radica en gran medida en la calibración del equipo pulverizador y éstos, se pueden agrupar en dos clases de acuerdo al barral que utilicen. Ellas son:

- Barra ancha.
- Barra con bajadores.

En la barra con bajadores, el perfil plano de la pulverización se altera completamente, porque la distancia entre picos no es uniforme. Esta situación se acentúa cuando las pastillas son inclinadas respecto al plano del

suelo, buscando diferentes ángulos de impacto a las malezas o para evitar a las hojas de la caña. Solo el empleo de un verificador de perfil (banco de canaletas), permite lograr una distribución homogénea para este tipo de pulverización.

Para una correcta operación del equipo pulverizador con bajadores y montado sobre un tractor, deben tenerse en cuenta los siguientes factores :

- Contrapesos frontales del tractor: necesarios para su correcta maniobrabilidad.
- Tensores y roscas de los brazos del levante hidráulico susceptibles de ser regulados o ajustados en la posición correcta.
- Regulador de presión ajustado de acuerdo con su manual de instrucciones y verificada la estabilidad de su operación cuando se está operando o se interrumpe el flujo de caldo a un sector de la barra.
- Tornillos y tuercas de los brazos extensibles del bajador y abrazaderas engrasados y susceptibles de ser operados en cualquier momento de la campaña de cultivo.
- Sistemas de inclinación de las pastillas susceptibles de ser regulados y mantener estable dicho ajuste.
- Ubicación del bajador en el centro de la trocha y equidistancia entre cada uno de ellos.

Determinación del volumen de agua aplicado por superficie

Conocer el volumen de agua que se aplica por superficie, resulta fundamental para una correcta dosificación del herbicida. Entre otras metodologías, el empleo de la fórmula que utiliza las variables descarga de la pastilla (L/min), distancia entre picos en la barra (cm) y velocidad de la máquina pulverizadora (km/h), constituye el método más utilizado.

$$L/ha = \frac{60.000 \times \text{descarga de la pastilla (L/min)}}{\text{Velocidad (km/h)} \times \text{Dist. Entre picos (cm)}}$$

Utilizando la fórmula indicada precedentemente, se calculará el volumen de agua que aplica un pulverizador que posee la barra indicada en la Figura 7, y que opera a una velocidad de 10 km/h, la distancia entre picos de 50 cm y la descarga promedio de un pico es de 0,7

L/min. En este caso, el volumen descargado por hectárea será de 84 litros. Ese valor es el que se utiliza para la formulación del tanque. Por ejemplo, si su capacidad es de 840 litros y la dosis del herbicida es de 1 kg/ha, se pondrán 10 kilos del producto.

$$L/ha = \frac{60.000 \times 0,7}{10 \times 50} = \frac{42.000}{500} = 84$$

Si a la barra presentada en la Figura 7 la cortáramos en pares de picos (Figura 8), el distanciamiento entre ellos continúa siendo el mismo y la dosis aplicada por superficie se mantiene igual. Lo único que cambiará es que la pulverizadora transita por una superficie mayor que en el primer caso, puesto que deja espacios sin tratar dentro de ella. En este caso la fórmula indicada precedentemente continúa aplicándose de igual modo, puesto que la distancia entre picos no ha cambiado y continúan aplicando en forma plana.

Este segundo caso nos introduce el concepto de los bajadores utilizados en caña de azúcar, pero aquí los picos son modificados en su orientación y distanciamiento (Figura 9). El espacio que recorrerá el tractor será el mismo que en el caso anterior pero el área tratada será menor

por la mayor superposición de los abanicos. Resulta obvio que la dosis se incrementará en la banda tratada por el aporte de los dos picos.

En este nuevo caso ya no debe aplicarse la fórmula anterior, sino otra similar que considere el ancho de la banda tratada y la descarga acumulada de las boquillas que pulverizan la misma. Esta se escribe:

$$L/ha = \frac{60.000 \times \Sigma \text{ desc. de la pastilla por surco (L/min)}}{\text{Velocidad (km/h)} \times \text{Ancho de banda (cm)}}$$

Volviendo a nuestro caso anterior, si acomodáramos las pastillas de modo tal que cada par pulverice una banda de 50 cm, tendremos:

$$L/ha = \frac{60.000 \times 1,4}{10 \times 50} = \frac{84.000}{500} = 168$$

Al formular el tanque ($840/168 = 5$), debemos poner la mitad del producto que el caso anterior. En este caso el ancho de la banda fue elegido a los efectos didácticos, pero una banda de surco de caña tiene aproximadamente 70 cm.

Los bajadores son susceptibles de cubrir toda la superficie implantada con caña mediante la inclinación de los picos y la extensión de

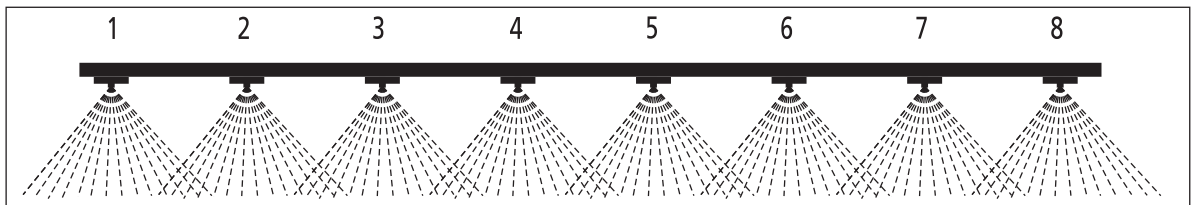


Figura 7: Barra de aplicación total.

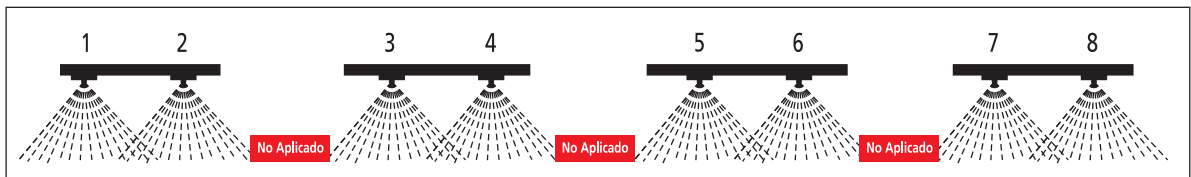


Figura 8: Barra de aplicación en banda.

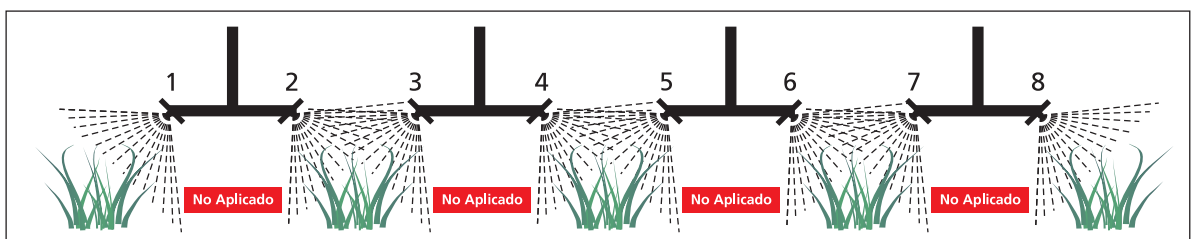


Figura 9: Barra con bajadores utilizada en caña de azúcar.

sus brazos. El pico central, es el que permite cubrir el centro de la trocha y la combinación de pastillas con diferentes descargas y ángulos del abanico resulta necesaria para obtener un perfil homogéneo, ya que las ineficiencias se traducen en centros de trochas con dosis insuficientes, centros de surco sin cubrir o toxicidades en el cultivo por sobredosis del herbicida.

Como consecuencia de la combinación de pastillas, la fórmula para el cálculo de los litros que se descargan por hectárea en este caso se expresa como:

$$L/ha = \frac{60.000 \times \Sigma \text{ desc. de la pastilla por surco (L/min)}}{\text{Velocidad (km/h)} \times \text{Distancia entre surcos (cm)}}$$

CAPÍTULO 10 |

MANEJO DE MALEZAS
Herramientas para el control químico

Autores

Ignacio L. Olea

Sebastián Sabaté

Humberto Vinciguerra

MANEJO DE MALEZAS

Herramientas para el control químico

MALEZAS CON PROPAGACIÓN POR SEMILLAS

Especies anuales

Una estrategia elemental para el manejo de especies anuales es aplicar herbicidas residuales que cubran todo el espectro de malezas presentes, con la dosis que asegure el período de control deseado y teniendo el cuidado de no realizar labores mecánicas para no alterar los efectos de protección del herbicida.

Control de gramíneas (*Poáceas*)

Pasto blanco (*Digitaria sanguinalis*)

Cola de zorro (*Setaria spp.*) y similares

Pre-emergencia:

- Metolaclor (2 L/ha).
- Acetoclor (2-3 L/ha).
- Atrazina 50% FW (4-5 L/ha).

Metolaclor y Acetoclor actúan sobre malezas gramíneas. La mezcla de uno de ellos con Atrazina (2-3 L/ha) cubre todo el espectro de malezas anuales (latifoliadas y gramíneas). Luego del desboquille las fórmulas citadas pueden aplicarse con la barra ancha de la pulverizadora, cubriendo toda la superficie.

Después de la emergencia de los pastos blancos (Figura 1) y mientras son pequeños, las fórmulas anteriores no son eficientes. En esa situación, y debido a que son muy susceptibles a los efectos de la Ametrina o Terbutrina, se debe utilizar alguno de esos herbicidas, cuya eficiencia de control disminuye en función del crecimiento de estas especies.

Post-emergencia:

- Ametrina 50 FW 2,5 L/ha.
- Terbutrina 2,5 L/ha.

Para prevenir posteriores emergencias de malezas anuales conviene utilizar la mezcla:

- Ametrina o Terbutrina (50 FW 2,5 L/ha) + Atrazina 50% FW (3-4 L/ha).



Figura 1: *Digitaria sanguinalis* (pasto blanco, pasto cuaresma).

Se deben aplicar con la barra de bajadores, buscando una selectividad posicional. En ambos casos es aconsejable el agregado de 2,4-D por cuanto se mejora el efecto de control de estas malezas y de las especies latifoliadas presentes.

Se debe agregar TCA cuando existe grama bermuda con brotación incipiente.

Control de malezas de hoja ancha

Pre-emergencia:

- Atrazina 50% FW (4-5 L p.c./ha).
- Metribuzín 50% FW (2 L/ha).
- Diuron 50% FW (2 L/ha).
- Tebuthiuron (2 L/ha).

También pueden citarse herbicidas tales como Sulfentrazone, Isoxaflutole y Simazina con aptitud para el control de especies que se originan de semillas. Estos productos poseen registro, o su trámite, para el empleo en caña de azúcar en nuestro país.

Post-emergencia:

- Plantas chicas no resistentes al 2,4-D como ataco (Figura 2), verdolaga común (Figura 3), etc.
 - 2,4-D 60% 1,5 L/ha.
 - MCPA 91,9% 1 L/ha.
- Plantas grandes y especies tolerantes al 2,4-D (excepto tupulo) como ataco espinudo, verdolaga negra, yuyos negros anuales, porotillo, etc.



Figura 2: *Amaranthus sp.* (ataco).



Figura 3: *Portulaca oleracea* (verdolaga).

Se recomienda su control cuando son pequeñas y ello puede ocurrir después de la cosecha de las cañas socas.

- 2,4-D (60%) 1,5-2,0 L/ha + Picloran 0,20 L/ha.
- 2,4-D (60%) 1,5-2,0 L/ha + Dicamba 0,20 L/ha.

No se recomienda la aplicación de 2,4-D, MCPA, Picloran y Dicamba, cuando la caña comienza a descubrir sus entrenudos, porque actúan en los meristemas intercalares y pueden producir deformaciones y quebraduras en los tallos.

Se debe prestar especial atención a la existencia de cultivos sensibles en las proximidades del lugar de aplicación de estos productos, ya que pueden ocasionar daños en soja, tabaco, hortalizas, arándanos, árboles y plantas ornamentales.

Control de tupulo (*Sicyos polyacanthus*)

Germina por *camadas*, razón por la que en lotes con esta maleza, se debe verificar su pre-

sencia hasta el cierre completo del cañaveral. En las Figuras 4 y 5 se observan la planta de tupulo y un detalle de su fruto, respectivamente.

Post-emergencia

- Atrazina 50 FW 2 L/ha + Dicamba 0,5 L/ha. No utilizar con presencia de soja en la cercanía. Agregar 2,4-D si se desea un volteo más rápido de las malezas latifoliadas consociadas.
- Atrazina 50 FW 2 L/ha + Fluroxipir (Starane) 0,5 L/ha. (agregar 2,4-D si se desea el control de las malezas latifoliadas consociadas).

La mezcla con Atrazina se realiza por los efectos sinérgicos que se producen. No se debe esperar idéntico resultado con la aplicación de uno solo de los componentes de la fórmula. La mezcla de Atrazina con 2,4-D también actúa sobre plantas muy pequeñas (hasta primer par de hojas verdaderas).

Estas dos primeras fórmulas, consideradas como de alta eficiencia de control, se aplican ante la existencia de la maleza, pero muy especialmente antes del cierre del cañaveral, especulando que la sombra del mismo limite el crecimiento de las nuevas camadas.

- Fluroxipir 1-1,5 L/ha + Bromoxinil 1-1,5 L/ha (mezcla especial sin volatilidad).



Figura 4: *Sicyos polyacanthus* (tupulo).



Figura 5: Detalle del fruto del tupulo.

Pre-emergencia

- Flumetsulam 1,5 L/ha
Flumetsulam hasta el presente es el herbicida de mayor período de control de tupulo (30-40 días). Otros herbicidas tales como Tebuthiuron (2,5 L/ha) y Atrazina (6 L/ha) logran un período de protección inferior al indicado.

Especies perennes**Control de camalotes (*Panicum maximum*) y chacrillas (*Paspalum urvillei*)**

El camalote (*Panicum maximum*) (Figura 6) y la chacrilla (*Paspalum sp.*) se originan de semillas, son perennes y su aparición coincide con terrenos muy húmedos y con bordes del campo enmalezados con dichas especies, los cuales actúan como semilleros. Cuando se prepara el terreno para la plantación debe asegurarse que las matas existentes sean desarraigadas y se sequen. También evitar que se formen cepas nuevas de estas malezas en la caña plantada, impidiendo la germinación de sus semillas mediante el uso de herbicidas residuales.



Figura 6: *Panicum maximum* (camalote).

Desarraigar manualmente las plantas ubicadas en el surco de las cañas socas y la limpieza de alambrados ayuda a limitar la producción de semillas.

Pre-emergencia:

Se aconseja el manejo preventivo, utilizando los herbicidas residuales, especialmente en las cañas plantas, etapa donde no debe permitirse que formen su mata en la línea del surco.

- Acetoclor (2-3 L/ha).
- Metolaclor (2 L/ha).
- Atrazina 50% FW (4-5 L/ha).

Post-emergencia:

Mediante aplicaciones de MSMA formulado al 1% (1 litro de MSMA en 100 litros de agua), utilizando mochilas provistas de pastillas 80-03 en sus lanzas y controlando mata por mata, deteniéndose para provocar goteo sobre la corona basal de la planta. Trate en lo posible de no mojar la caña. También puede ser utilizada la mezcla de Ametrina y MSMA, aplicada como se indica posteriormente en el caso del pasto ruso.

Guanteo:

Con glifosato, de manera similar a la indicada posteriormente para pasto ruso.

Yuyos negros, moras y achiras

Se originan de semillas, y una vez establecidas en la línea del surco, permanecen durante la vida del cañaveral. Son malezas resistentes al 2,4-D y por tal motivo se debe mezclar este herbicida con Dicamba o Picloran.

Pre-emergencia:

Utilizar los mismos herbicidas y dosis recomendados para el control de malezas anuales latifoliadas.

Post-emergencia:

- 2,4-D 1,5-2,0 L/ha + Picloran 0,30 L/ha.
- 2,4-D 1,5-2,0 L/ha + Dicamba 0,30 L/ha.

Durante la época seca de la primavera, momento en que son más notables en el surco de caña los yuyos negros con cepas, las moras y las achiras (Figura 7), puede ser más eficiente su extracción con pico y pala. *Resulta conveniente la aplicación localizada con mochilas manuales.*

MALEZAS PERENNES CON ÓRGANOS SUBTERRÁNEOS DE PROPAGACIÓN

En Tucumán, son cuatro las especies de malezas perennes a las que la plantación sucesiva del cañaveral (renovación) beneficia en la dispersión de sus órganos perennes de propagación. Ellas son:

- 1) Pasto ruso o sorgo de alepo (*Sorghum halepense*).
- 2) Grama bermuda (*Cynodon dactylon*).
- 3) Cebollín (*Cyperus rotundus*).
- 4) Cola de caballo (*Equisetum sp.*). Esta última constituye un problema menos generalizado.



Figura 7: *Canna indica* (achira).

La plantación de caña de azúcar en un lote con alta infestación de las malezas citadas, significa un grave inconveniente para el establecimiento del futuro cañaveral y un mayor consumo de herbicidas. En estas condiciones se recomienda no plantar inmediatamente después del descepaado.

En ocasiones, antes del desboquille y si no existen brotes emergidos, es posible controlar el sorgo de alepo, el cebollín o la grama bermuda mediante tratamientos con glifosato (48% 4 L/ha).

Manejo de pre-plantación con barbecho químico: en campos muy invadidos con malezas perennes, descepe y no los plante hasta marzo del año siguiente. Durante el verano, cuando las malezas están en activo crecimiento, aplique Glifosato (4-5 L p.c./ha). Trate a las plantas sobrevivientes con manchoneos con el mismo herbicida.

El cultivo de variedades de soja resistentes a Glifosato, permite disminuir costos de mantenimiento y se adapta al objetivo buscado con esta recomendación.

Control químico de pasto ruso

El pasto ruso (Figura 8) es una maleza muy invasora, que cuenta con un sistema de rizomas subterráneos, base de su supervivencia en casi todos los ambientes. Fué declarada Plaga Nacional de la Agricultura en 1930.

Pre-emergencia:

Evite la germinación de semillas y la formación de nuevas plantas empleando herbici-



Figura 8: *Sorghum halepense* (pasto ruso).

das residuales en cañas plantas y socas. Una plántula originada de semilla en un mes forma un rizoma perenne que arruina el manejo con barbecho químico precedente. Por este motivo, en un campo infestado no puede obviarse el manejo preventivo utilizando herbicidas residuales, habiéndose mostrado como eficientes los siguientes herbicidas:

- Acetoclor (2-3 L/ha).
- Metolaclor (2 L/ha).
- Atrazina 50% FW (4-5 L/ha).

Post-emergencia:

Tanto en caña planta como en soca se recomiendan los siguientes herbicidas:

- **MSMA:** los mejores resultados se obtienen con tratamientos realizados cuando el pasto ruso está próximo a florecer. No aplicar con volúmenes de agua inferiores a los 150 litros de agua por hectárea en aplicaciones terrestres.

Dosis: 0,9 a 1,3 litros por hectárea.

Formulación para manchoneos: 0,4 litros de producto comercial en 200 litros de agua.

El empleo de este herbicida presenta el riesgo de producir efectos tóxicos en la caña de azúcar (quemaduras en las hojas). La mayor probabilidad de ocurrencia de este tipo de accidentes depende de las condiciones ambientales, la variedad de caña y la dosis empleada. Para disminuir riesgos se indica no aplicarlo durante períodos de sequía, evitar pulverizar durante las horas del día con mayor insolación, no mezclarlo con herbicidas hormonales y utilizar dosis bajas.

Las plantas de semilla y antes de la formación de su rizoma primario, son tolerantes al

MSMA en las dosis indicadas. Por este motivo se debe mezclar con Ametrina 50 FW (2 L/ha), pero se aumentan los riesgos de la pérdida de su selectividad, especialmente cuando la caña de azúcar está próxima al fin de su macollaje. El empleo de esta mezcla está asociado con una perfecta regulación de los bajadores de la pulverizadora.

- **Asulam:** como consecuencia de su alto costo, está especialmente aconsejado para cañas plantas en razón de su eficiencia y selectividad. Aplicarlo cuando hay activo crecimiento del pasto ruso y su altura es mayor a los 30 cm. Puede mezclarse con 2,4-D o Dicamba.

Dosis: 8-9 L/ha.

La mezcla de Asulam (4 L/ha) con Trifloxisulfuron (21 g/ha), ha demostrado ser sumamente eficiente para el control de sorgo de alepo, por la alta eficiencia que posee para el control de rizomas. Se tramita su registro.

- **Glifosato aplicado con guantes:** se emplean guantes con almohadillas absorbentes, las que son embebidas con glifosato en una solución al 20% (1 litro del herbicida en 4 litros de agua).

Procedimiento: aísle la planta de pasto ruso y humedézcala con el guante aplicador de glifosato. Quiebre ligeramente la planta para impedir su retorno inmediato y el contacto con la caña. No salpique, ni vuelque el producto formulado sobre la caña, (provocará su muerte). Deslice suavemente el guante aplicador sin oprimir al pasto ruso, en caso contrario dañará el guante y no mejorará la aplicación.

- **Glifosato aplicado con guadaña química:** utilizable solo en cabeceras y trochas de caña, cuando no exista posibilidad de contacto con las hojas de ésta. En este caso la solución de glifosato se formulará al 30%.

Control de grama bermuda (*Cynodon dactylon*)

Un buen cañaveral, con cierre temprano constituye el mejor y más económico método para control de la grama bermuda (Figura 9).

Impida la invasión de la grama en la caña planta mediante el agregado del herbicida TCA a la fórmula herbicida pre-emergente.

En las cañas socas, no introduzca la grama con los cinceles o paquetes de discos, desde la cabecera hacia el interior de los surcos. Para ello, realice control químico en las cabeceras de los surcos.



Figura 9: *Cynodon dactylon* (grama bermuda).

Control químico en caña planta:

- Con grama no florecida y con crecimiento horizontal en surco y trocha, aplicando la siguiente fórmula con mochilas o pulverizadoras con bajadores de montaje sobre tractor:
Ametrina 50 FW 2 L/ha + Atrazina 3 L/ha + TCA 8 kg/ha + 2,4-D 1,5 L/ha (50%).
- Con grama muy entretrejida y no florecida: usar fórmula anterior, pero eliminando la Atrazina, y elevando la dosis de Ametrina 50 FW a 3 L/ha, regulando los bajadores para mojar mínimamente a la caña.
- Si se dejó florecer la grama: esperar que la caña supere los 70 cm de altura y aplicar con mochila o pulverizadora con bajadores (no mojar la caña):
 - Dalapón 5 kg/ha + 2,4-D (60%) 1,5 L/ha.
 - Ametrina 50 FW 2,5 L/ha + Dalapón 5 kg/ha + 2,4-D (60%) 1,5 L/ha.
 - Isoxaflutole 140 g i.a./ha + 2,4-D 1,5 L/ha.

Nota: i. a. significa ingrediente activo. El herbicida Isoxaflutole también posee efectos inhibitorios en pre-emergencia de la grama. Produce una decoloración transitoria de la caña.

Control químico en caña soca:

- Manejo del crecimiento invierno-primaveral: por sus menores requerimientos en temperatura y humedad de suelo, la grama puede brotar antes que la caña. Vigile los lotes cosechados temprano (incluidos semilleros), especialmente en aquellos donde realice riego. Para lograr inhibir su crecimiento tem-

prano (supresión), cuando la caña aún no muestra un crecimiento activo, aplique sobre la banda del surco:

- Dalapón 2,5 kg/ha + 2,4-D 1,5 L/ha.
- Control en post-emergencia: son válidas las mismas fórmulas indicadas para caña planta, a las que se puede agregar la siguiente fórmula aplicada con bajadores:
 - TCA 8 kg/ha + Dalapón 5 kg/ha + 2,4-D 1,5 L/ha.

La variedad LCP 85-384 se ha mostrado muy susceptible al mojado directo con los herbicidas TCA y Dalapón, razón por la que estos productos deben ser aplicados mediante el empleo de bajadores bien regulados para no mojar los brotes del cultivo.

- Manejo en la trocha con productos no selectivos: permite un efectivo control de la grama hasta 90 cm de ancho, pero requiere que la caña tenga una altura mayor a los 90 cm y no haya hojas recostadas contra el suelo. Se emplean bajadores con protectores para evitar el contacto del herbicida con la caña. Se puede emplear:

- Glifosato 4 L/ha + 2,4-D 1,5 L/ha.
- Haloxifop 0,5 L/ha + Aceite 1,5 L/ha.

Haloxifop es utilizado en Tucumán y pertenece al grupo de los herbicidas denominados comúnmente "Fop", donde existen otros productos de acción similar. El productor debe solicitar la asistencia técnica de las empresas fabricantes y no utilizarlos sin aislar la pulverización con pantallas protectoras.

Control de cebollín o totorilla (*Cyperus rotundus*)

Cuando se practique el barbecho químico orientado al manejo del cebollín (Figura 10), se debe tener en cuenta el efecto paraguas provocado por otras especies.

Control químico (sobre cebollín emergido):

- 2,4-D 2,0 L/ha (60%) + Dicamba 0,30 L/ha (no remover el suelo durante 20 días y no aplicar ante cultivos cercanos de soja).
- Ametrina 50 FW 2 L/ha + 2,4-D (60%) 1,5 L/ha.



Figura 10: *Cyperus rotundus* (cebollín)

En pre-emergencia se obtuvieron buenos resultados con Sulfentrazone 1,5 L/ha (registro en trámite). El herbicida Halosulfuron en la dosis de 0,1 kg/ha ha mostrado una alta eficiencia de control, pero su abastecimiento está discontinuado en el país.

Control de cola de caballo (*Equisetum spp.*)

Las plántulas originadas por esporas (similares a filamentos) parecen ser susceptibles a todos los herbicidas residuales citados en el texto. Su importancia es mínima con relación a las plantas que se originan desde los órganos subterráneos.

Libere de órganos subterráneos perennes a las áreas infestadas. Para ello, debe evitar las condiciones de encharcamiento o excesiva humedad mediante la realización de desagües, drenajes, nivelación o cambio de orientación de los surcos.

Practique un programa de reducción de su población utilizando la siguiente fórmula que no es selectiva con la caña:

Metsulfuron 10 g/ha + 2,4-D 60% 2 L/ha.

Control químico:

Tallo por tallo, especialmente en el momento que comienza a desarrollar las hojitas horizontales del tercio medio de la planta. Aplicar con mochila provista de una pastilla 80-03, una solución preparada con:

- 2,4-D 2,0 L/ha (50%) + Picloran 0,30 L/ha.
- 2,4-D 2,0 L/ha (50%) + Dicamba 0,30 L/ha.

CAPÍTULO 11 |

PLAGAS EN EL CULTIVO DE CAÑA DE AZÚCAR

Autores

Analia R. Salvatore

Germán López

Eduardo Willink



PLAGAS EN EL CULTIVO DE CAÑA DE AZÚCAR

INTRODUCCIÓN

El cultivo de la caña de azúcar es atacado por numerosos insectos a lo largo de su ciclo vegetativo, causándole daños en hojas, tallos y cepas. En el mundo, el nivel de daños debido a las plagas, ha mostrado una tendencia creciente en el transcurso de los últimos años. En el caso de la provincia de Tucumán, se han registrado incrementos en el ataque de algunas plagas que antes producían pérdidas muy ocasionalmente. Esto puede deberse a cambios en el manejo del cultivo de la caña de azúcar y en las condiciones ambientales que favorecen su desarrollo. De acuerdo al nivel de daño económico que producen, las plagas de mayor importancia en Tucumán son: *Diatraea saccharalis*, *Mocis latipes* y *Elasmopalpus lignosellus*. Para realizar un manejo adecuado de plagas es necesario conocer cuales son las plagas que afectan al cultivo, su biología, las pérdidas que ocasionan y cuales son las herramientas con que contamos para su control. Es así, que se detallan a continuación los aspectos más importantes sobre las principales plagas del cultivo de caña de azúcar en Tucumán.

GUSANO PERFORADOR DE LA CAÑA DE AZÚCAR.

Diatraea saccharalis (Fabricius)

La plaga más importante que afecta a la caña de azúcar en Tucumán es el "gusano perforador de la caña de azúcar": *Diatraea saccharalis*.

Daños: la mariposa pone los huevos en las hojas de la caña de azúcar (Figura 1), y las larvas recién nacidas (Figura 2) se alimentan de la vaina y luego perforan el tallo de la caña (Figura 3) formando galerías en el interior del mismo las cuales son puertas de entrada para patógenos (hongos y bacterias), que se manifiestan como una podredumbre roja. (Figura 4). Las galerías y las podredumbres asociadas causan una disminución en el peso de las cañas y en el contenido de saca-

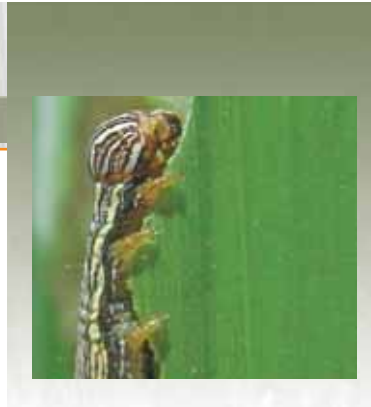


Figura 1: Huevos de *D. saccharalis* sobre las hojas de caña.



Figura 2: Larva de *Diatraea saccharalis* (Longitud aproximada: 2 cm).



Figura 3: Perforaciones de entrada producidas por *Diatraea*.



Figura 4: Galerías infectadas por hongos.

rosa, lo que disminuye el proceso de extracción fabril y afecta al Brix%, Pol% caña y Pureza%.

Monitoreo: es conveniente que cada productor conozca si sus lotes están afectados por este gusano y cual es el porcentaje de infestación, para ello deberá realizar el monitoreo de los mismos.

En cada lote se debe tomar una muestra de 10 tallos por variedad. Los tallos se toman de cada frente de cosecha o inmediatamente antes de la misma. En cada tallo se cuenta el número de entrenudos totales y los perforados, con estos datos se confecciona una planilla (Tabla 1).

Tabla 1: Planilla para el muestreo de lotes de caña de azúcar.

Localidad: Macomitas Variedad: LCP 85-384 Edad: soca 2		
Nº de Caña	Nº de canutos totales	Nº de canutos perforados
1	16	2
2	18	4
3	16	0
4	14	0
5	19	0
6	18	2
7	19	3
8	20	0
9	16	5
10	20	0
Total	176	16

Con estos datos se determina el porcentaje de infestación (I %):

$$I \% = \frac{\text{Nº de canutos perforados} \times 100}{\text{Nº de canutos totales}}$$

$$I \% = \frac{16 \times 100}{176} = 9$$

El nivel de infestación del lote evaluado es del 9 %.

Pérdidas ocasionadas por *Diatraea saccharalis*: el ataque de *Diatraea saccharalis* provoca importantes pérdidas en el rendimiento cultural y fabril. Evaluaciones realizadas por la EEAOC determinaron que por cada 1% de intensidad de infestación, ocurre una pérdida promedio en azúcar de 650 g/t de caña.

Medidas de control: Hasta el momento no se encontraron variedades comerciales resistentes a *D. saccharalis* en Tucumán.

Como medida de control cultural se recomienda mantener limpio el cañaveral de pasto ruso (*Sorghum halepense*) y otras graminéas, por ser hospederos alternativos donde se multiplican las poblaciones de *D. saccharalis* cuando la caña de azúcar tiene poco desarrollo.

El control biológico es una práctica empleada en Brasil, que no se está practicando en nuestra provincia, ya que los parasitoides introducidos por la EEAOC a fines de la década del '70 nunca se establecieron, posiblemente debido a características ambientales inapropiadas.

El control químico es una práctica utilizada en Estados Unidos, donde se realiza un monitoreo y se decide la aplicación cuando se encuentra el 5% de las plantas infectadas con larvas pequeñas (menos de 0,5 cm). Las evaluaciones realizadas por la EEAOC e ingenios del NOA usando la mencionada metodología, no dieron resultados positivos.

GUSANO CUARTEADOR.

Mocis latipes (Guen)

Otra de las plagas de importancia económica que afecta al cultivo de la caña de azúcar es la "oruga cuarteadora": *Mocis latipes*.

Daño: el ataque de esta oruga (Figura 5) se presenta en forma repentina y voraz.



Figura 5: Larva de *Mocis latipes* (Longitud aproximada: 5 cm).

El gusano come primero las hojas de las malezas, luego pasa a la caña de azúcar y se alimenta de las hojas dejando solo las nervaduras centrales (Figura 6). Esta plaga aparece durante los meses de octubre a marzo en lotes muy enmalezados con pasto blanco (*Digitaria sanguinalis*), grama (*Cynodon dactylon*) y pasto ruso. En las malezas se desarrollan las primeras generaciones que dan origen a las grandes poblaciones capaces de causar un considerable daño económico a la caña de azúcar.

Monitoreo: para evitar las pérdidas producidas por el ataque de este gusano se debe monitorear su presencia en los lotes de caña de azúcar, especialmente en los meses de octubre a marzo. Para esto se deben revisar las cabeceras y los callejones de los cañaverales, buscando la presencia del gusano en las malezas. Si se encuentran más de 15 gusanos chicos (<1,5 cm), medianos (1,5 a 3 cm) y/o grandes (3 a 5 cm) por metro lineal, debe aplicarse un insecticida para su control.

Pérdidas por *Mocis latipes*: en lotes atacados por el gusano se determinó una disminución de la altura y peso de tallos del 27 y



Figura 6: Ataque de *Mocis latipes* en hojas de caña.

46% respectivamente, con reducciones del 21,0% en Pol% caña y del 24,1% en el rendimiento fabril comparado, con el testigo sin ataque (Figuras 7 y 8).



Figura 7: Lote comercial atacado (a) y lote comercial sin ataque de *Mocis latipes* (b).



Figura 8: Diferencia de altura en lotes atacados (a) y no atacados (b).

Medidas de control: para evitar la presencia del gusano se debe mantener el cañaveral libre de malezas hospederas. Si el número de gusanos contados en el monitoreo supera los 15 (chicos, medianos y/o grandes) por metro lineal, se debe aplicar clorpirifós 800 cm³/ha, si se adiciona aceite al insecticida se puede reducir la dosis a 600 cm³ de clorpirifós más 2 litros de aceite por hectárea.

GUSANO PERFORADOR DEL BROTE (Polilla)

Elasmopalpus lignosellus (Zeller)

Durante el período de brotación, la caña de azúcar puede ser afectada por el “gusano perforador del brote”: *Elasmopalpus lignosellus*. Sus ataques están asociados a elevadas temperaturas y baja humedad en el suelo, condiciones que se presentan en las primaveras secas que son características de nuestra región.

Daño: es realizado por la larva que perfora la zona basal del brote produciendo una galería y matando el brote guía. (Figuras 9 y



Figura 9: Perforación de entrada en la base del brote.



Figura 10: Brote guía afectado.

10). Luego la larva sale al exterior del brote formando una cámara pupal de donde saldrá el adulto.

Esto puede llegar a producir:

- Reducción en la población de tallos por muerte del brote guía.
- Retraso en el cumplimiento de las fases fenológicas subsiguientes.
- Muerte de las cepas en ataques intensos.

Monitoreo: el monitoreo se debe realizar durante los meses de septiembre a noviembre. Para estimar el número de brotes afectados, se cuenta el número total de brotes en cinco metros de surco y luego se cuentan los brotes afectados. Con estos datos se estima el porcentaje afectado.

$$\% = \frac{\text{Número de brotes afectados} \times 100}{\text{Número de brotes totales}}$$

Pérdidas por *Elasmopalpus lignosellus*: al evaluar los daños del gusano perforador del brote se determinó que provoca importantes pérdidas en el rendimiento cultural y fabril del cañaveral, con reducciones del 43% en el peso de tallos, del 13% en Pol% caña y del 16% en el rendimiento fabril, respecto del lote testigo sin ataque.

Ensayos en lotes con diferentes prácticas culturales (cosecha en verde, convencional en seco y convencional con riego), dieron los siguientes resultados: los lotes regados tuvieron un promedio de ataque de 0,18%, los lotes que venían de cosecha en verde dejando la cobertura de la maloja, 0% de brotes afectados y los lotes sin riego y sin rastreo, mostraron valores mínimos y máximos de ataque de 7,46% y 56,97%, dependiendo de la localidad.

Manejo Cultural: en caso de tener disponibilidad de agua, aplicar riego durante la primavera seca.

La cosecha en verde, al mantener la humedad en el suelo, evita ataques importantes de *Elasmopalpus lignosellus*.

El control químico no dió respuestas significativas en los ensayos realizados en nuestra provincia con diferentes productos.

CAPÍTULO 12 |

PRINCIPALES ENFERMEDADES EN CAÑA DE AZÚCAR

Autores

Claudia Funes

E. Marcelo Acosta

C. Jaqueline Ramallo

PRINCIPALES ENFERMEDADES EN CAÑA DE AZÚCAR

INTRODUCCIÓN

El cultivo de la caña de azúcar se encuentra localizado principalmente en el noroeste del país, en las provincias de Jujuy, Salta y Tucumán. Durante los últimos años los rendimientos culturales mejoraron notablemente por la incorporación de nuevas tecnologías. Las enfermedades son una limitante de la productividad del cultivo. Hay antecedentes en nuestro país que confirman la importancia de las enfermedades de la caña de azúcar, como la epifitia del carbón en la década del 1940 y la del mosaico en los años 1920-21, que condicionaron verdaderamente la producción de azúcar debido a la alta susceptibilidad de las variedades cultivadas en esos años.

Es importante destacar que la mayor o menor incidencia de las enfermedades sobre la producción está relacionada con las características agroecológicas de cada región que crea condiciones conducentes diferenciales, el espectro varietal y la presencia de los patógenos (nivel o cantidad en que los mismos están presentes).

Las enfermedades pueden ser sistémicas, cuando se encuentran generalizadas en toda la planta independientemente del lugar de penetración del patógeno, o ser no sistémicas cuando se desarrollan en el lugar de la planta donde se produjo la penetración y colonización del organismo causal.

HONGOS

Roya marrón

***Puccinia melanocephala*, H. y P. Sydow.**

Síntomas: es una enfermedad foliar no sistémica. Inicialmente se observan manchas cloróticas, alargadas, de color amarillo, visibles en ambos lados de la hoja. Cuando aumentan de tamaño adquieren un color herrumbroso y se rodean de un halo amarillo (Figura 1). Luego se forman las pústulas en el envés de las hojas, que rompen la epidermis liberando las uredin esporas de color



Figura 1: Pústulas de roya marrón en hoja.

anaranjado. Las lesiones pueden fusionarse y dar origen a grandes áreas de tejido muerto.

Condiciones conducentes: humedad relativa superior al 70%, temperaturas entre 18-22°C, suelos con problemas de drenaje, pH bajos, alta fertilidad, rotaciones.

Transmisión: el viento y la lluvia principalmente diseminan las esporas del hongo.

Monitoreo: para cuantificar el nivel de infección del lote, el productor debe tomar al azar muestras constituidas por 50 hojas +1 (primera hoja con lígula visible). Mediante el uso de la escala diagramática propuesta por la International Society of Sugar Cane Technologists (ISSCT) (Figura 2), se determina el porcentaje de área foliar afectada (severidad). Dicha escala va desde 0 (sin síntomas) a 9 (más del 50% de la superficie de la hoja afectada).

Control: variedades resistentes.

El empleo de fungicidas es una práctica que se encuentra en etapa experimental.

Carbón

***Ustilago scitaminea*, H. Sidow.**

Síntomas: es una enfermedad sistémica. Se manifiesta presentando uno ó más látigos (Figura 3), que son órganos cilíndricos de longitud variable cubiertos por una masa de

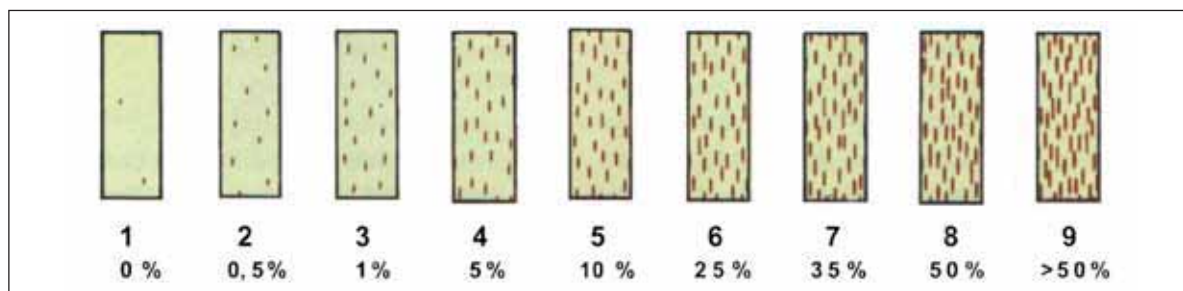


Figura 2: Escala diagramática de diferentes grados de severidad de roya (ISSCT).



Figura 3: Látigos de carbón.

esporas negras. Las cepas se van deformando, con proliferación de brotes laterales, tomando una apariencia herbácea. Se observa reducción del vigor y la altura de las plantas enfermas como así también disminución del diámetro de tallos.

Condiciones conducentes: agua libre en la lámina o humedad relativa de 100% y temperatura de 30°C.

Transmisión: por medio del viento, los insectos y caña semilla enferma se diseminan las esporas.

Control: empleo de caña semilla sana, variedades resistentes, marcado de cepas enfermas y posterior eliminación de las mismas ("roguing").

Pokkah boeng

Fusarium moniliforme (*Gibberella fujikuroi*) (Sawada) Wollensw.

Síntomas: es una enfermedad no sistémica. Provoca áreas blanquecinas y clorosis en la

base de las hojas jóvenes, éstas pueden arrugarse, deformarse y desgarrarse (Figura 4), con la aparición de necrosis en el tejido foliar. En ataques severos se produce la deformación y muerte del brote apical, dando lugar a la brotación lateral. Puede haber acortamiento, deformación y hendidura en los entrenudos.

Condiciones conducentes: humedad en forma de lloviznas o días nublados, aplicaciones tardías de nitrógeno como así también condiciones climáticas secas, seguidas por una temporada lluviosa.

Transmisión: es principalmente por esporas que se encuentran suspendidas en el aire.

Control: variedades resistentes.



Figura 4: Síntoma de Pokkah boeng en brote apical.

Mancha parda

Cercospora longipes, E. Butler.

Síntomas: es una enfermedad foliar no sistémica que provoca manchas planas, de color pardo, ovales, rodeadas de un halo amarillo (Figura 5); luego el centro se seca tornándose

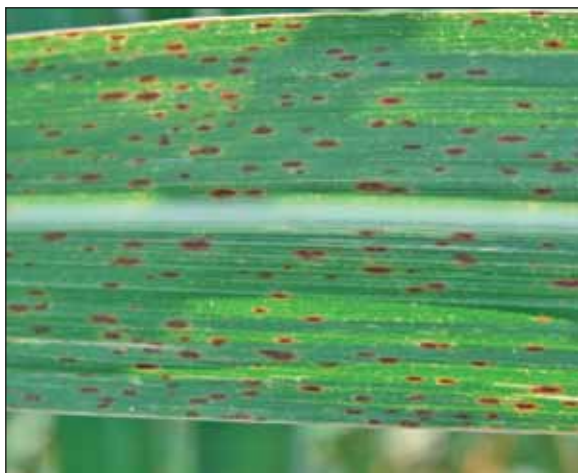


Figura 5: Síntoma típico de mancha parda.

se de color pajizo. Las manchas pueden fusionarse y formar parches visibles en ambos lados de la hoja. Ataques severos provocan la muerte prematura de hojas y las plantas toman la apariencia de chamuscadas.

Condiciones conducentes: humedad relativa elevada y días nublados.

Transmisión: el viento, la lluvia y las hojas que acompañan a la caña semilla, diseminan el inóculo.

Control: variedades resistentes.

BACTERIAS

Raquitismo de la caña soca (RSD)

Leifsonia xyli subsp. *xyli* (= *Clavibacter xyli* subsp. *xyli*)

Síntomas: es una enfermedad sistémica. No muestra síntomas externos específicos. En infecciones severas se observa enanismo, adelgazamiento progresivo de los tallos de las cepas en los sucesivos cortes y caída de la producción (Figura 6). El crecimiento del cañaveral en general es más lento y los vasos conductores presentan una coloración rojo-anaranjada en la zona nodal.

Condiciones conducentes: sequías, presencia de otras enfermedades sistémicas como mosaico y suelos empobrecidos.

Transmisión: por tallos enfermos, machetes y cosechadoras con inóculo, ratas y otros roedores.

Monitoreo: para detectar la presencia de la enfermedad en lotes comerciales, el productor deberá tomar una muestra compuesta por

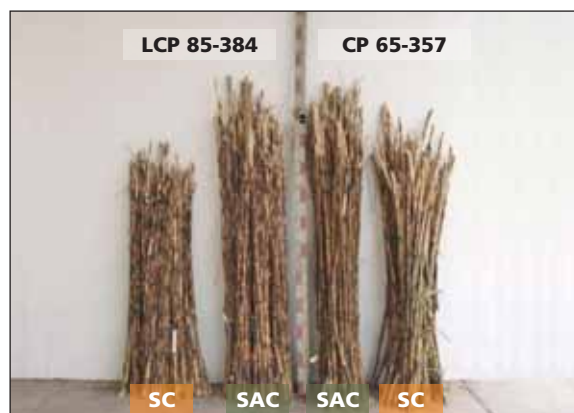


Figura 6: Comparación de muestras de caña semilla comercial (SC) enferma con RSD y semilla de alta calidad (SAC) saneada de las variedades LCP 85-384 y CP65-357.

el tercio basal de 20 tallos cortados al azar, cada cinco hectáreas. Después de su identificación, las mismas deberán llevarse a un laboratorio, donde por medio de diferentes técnicas se determina el porcentaje de infección del lote.

Control: implantación de semilleros saneados (Vitroplantas), termoterapia, desinfección de machetes y maquinarias.

Escaldadura de la hoja

Xanthomonas albilineans (Ashby) Dowson.

Síntomas: es una enfermedad sistémica que puede presentarse con tres síntomas característicos: agudo, crónico y latente. En el primer caso los brotes, y a veces toda la planta, se marchitan y mueren. Si algunos tallos sobreviven brotan lateralmente exhibiendo síntomas crónicos. En el segundo caso, aparecen en las hojas y a veces en vainas, estrías largas y estrechas de color blanquecino, paralelas a la nervadura central que pueden necrosarse (Figura 7). En el interior de los tallos infectados se observa una coloración rojiza en los vasos conductores de la región nodal. Por último, en fase latente, los síntomas pasan desapercibidos y se requiere de técnicas de laboratorio especiales para diagnosticarla.

Condiciones conducentes: bajas temperaturas, períodos de sequía y suelos con mal drenaje y baja fertilidad.

Transmisión: principalmente caña semilla enferma, machetes o implementos de corte mecánico contaminados. El viento y la lluvia



Figura 7: Síntoma del estado crónico de escaldadura de la hoja.

también contribuyen a la dispersión del patógeno.

Monitoreo: se realiza de la misma manera que para RSD, pudiendo usarse la misma muestra para las dos determinaciones.

Control: variedades resistentes, caña semilla sana (Vitroplantas), mejorar la fertilidad y drenaje del suelo, desinfección frecuentes de implementos usados y termoterapia.

Estría roja

Acidovorax avenae subsp. *avenae* (Lee et. al). Stapp

Síntomas: es una enfermedad no sistémica. Puede presentarse en dos estados: rayado de las hojas y podredumbre del brote terminal. El primero se caracteriza por estrías rojas, angostas, uniformes, paralelas a las nervaduras (Figura 8), sobre las estrías puede haber escamas blanquecinas de los exudados bacterianos. Generalmente este estado se da en hojas jóvenes y en el Período de Gran Crecimiento del cultivo. El otro estado es cuando el patógeno afecta hojas jóvenes que aún no se desarrollaron, produciendo la podredumbre del brote guía (polvillo). Estas plantas presentan las hojas bajas amarillas, pudiendo o no exhibir las estrías típicas. Cuando la enfermedad avanza, el brote se desprende fácilmente y se forman grandes cavidades en el interior del tallo, emanando un olor pútrido, desagradable, debido a la desintegración de los tejidos.



Figura 8: Síntoma de estría roja en hojas.

Condiciones conducentes: suelos anegados.

Transmisión: el viento, la lluvia y los restos de hojas que quedan adheridas a la caña semilla, diseminan principalmente al patógeno.

Control: variedades resistentes.

VIRUS

Mosaico

SCMV (*Sugarcane Mosaic Virus*).

Síntomas: es una enfermedad sistémica. Debido a que el virus destruye la clorofila, se observan áreas amarillas o verde pálido mezcladas con el verde normal de la hoja (Figura 9). Las cepas afectadas tienen un retardo en el desarrollo, pudiendo reducir su altura a la mitad, con la consiguiente disminución de la producción. Los síntomas pueden variar y hasta desaparecer debido al fenómeno de recuperación aparente. En variedades extremadamente susceptibles, los tallos pueden presentar síntomas de estrías y desarrollar necrosis del tejido subepidérmico. Puede haber acortamiento de entrenudos. Las pérdidas de rendimiento varían mucho dependiendo de la variedad, la raza del virus y condiciones de clima y suelo.

Transmisión: por insectos vectores, caña semilla enferma, mecánicamente.

Control: variedades resistentes, cultivo de meristemas (Vitroplantas).



Figura 9: Síntomas de mosaico en hoja.



Figura 10: Síntomas de amarillamiento en hojas.

Amarillamiento de la hoja

ScYLV (*Sugarcane Yellow Leaf Virus*) (Polerovirus sp.).

Síntomas: es una enfermedad sistémica. El virus provoca un amarillamiento intenso de la nervadura central que se extiende a la lámina de la hoja, comenzando desde la punta hacia la base (Figura 10). Eventualmente puede aparecer un enrojecimiento de los bordes de la nervadura

central.

Condiciones conducentes: no se conocen condiciones predisponentes para su aparición.

Transmisión: se disemina por el uso de semilla enferma, por insectos vectores como los áfidos: *Melanaphis sacchari* y *Rhopalosiphum maydis*.

Control: variedades resistentes, semilleros y cultivo de meristemas (Vitroplantas).

CAPÍTULO 13 |

COSECHA DE LA CAÑA DE AZÚCAR

Autores

Eduardo R. Romero

Jorge Scandaliaris

Patricia A. Digonzelli

M. Javier Tonatto

Juan Fernández de Ullivarri

Juan A. Giardina

Luis G. P. Alonso

Sergio D. Casen

M. Fernanda Leggio Neme

COSECHA DE LA CAÑA DE AZÚCAR



INTRODUCCIÓN

La cosecha es una de las etapas de mayor importancia en la producción de caña de azúcar. Su objetivo es recolectar la materia prima disponible en el campo con mínimas pérdidas y una alta eficiencia, garantizando el suministro de caña oportuno y en cantidad suficiente a la fábrica, con el menor tiempo entre cosecha y molienda, con bajos niveles de materias extrañas (especialmente de hojas, despunte y tierra) y con los menores costos, todo esto con el propósito de obtener azúcar de alta calidad y a precios competitivos.

Su incidencia en los costos de producción siempre ha tenido alta significación, por lo que cualquier variación que se registre en esta etapa, resultará de gran impacto en la rentabilidad del cultivo.

EL PERÍODO DE COSECHA EN TUCUMÁN

La zafra debe adaptarse a las condiciones climáticas típicas de nuestra área cañera, por la

marcada influencia que ejercen estos factores en la calidad de la materia prima, en especial al inicio y al final de la zafra.

Entre los factores a considerar, se destaca el volumen y el número de días con lluvia, la humedad relativa ambiente y las temperaturas, especialmente la ocurrencia de heladas. La ausencia de lluvias, baja humedad relativa y temperaturas bajas y sin heladas, resultan las condiciones más adecuadas para un óptimo desarrollo de la zafra.

En la zafra de Tucumán (Figura 1) pueden distinguirse cuatro etapas:

- **Inicial** (mayo y junio): caracterizada por lluvias decrecientes, temperaturas decrecientes, humedad relativa elevada y baja probabilidad de heladas.
- **Intermedia** (julio, agosto, hasta mediados de septiembre): caracterizada por mínimas lluvias, temperaturas relativamente bajas, humedad relativa en disminución y alta probabilidad de heladas.

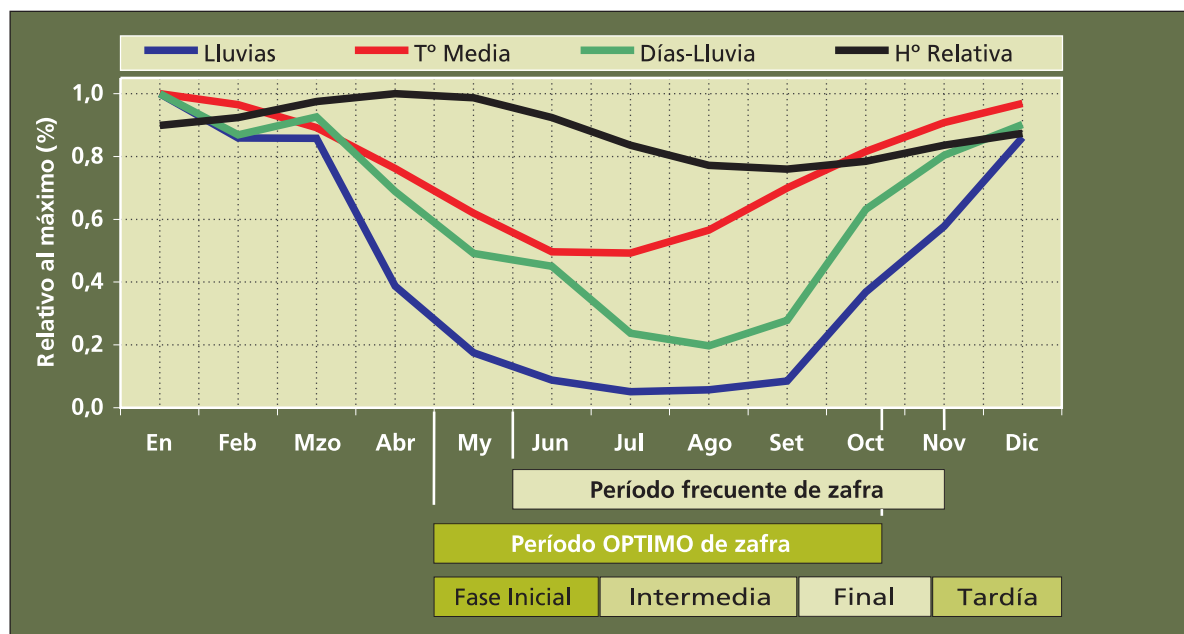


Figura 1: Comportamiento de los principales factores ambientales durante la zafra en Tucumán. Expresados como valores mensuales relativos al máximo. Se indica el período más adecuado y el más frecuente de zafra.

- **Final** (de mediados de septiembre a mediados de octubre).
- **Tardía** (fines de octubre en adelante): caracterizadas por el aumento de la temperatura, de las lluvias y de la humedad relativa.

Estos factores muestran una gran variabilidad entre años e incluso en un mismo ciclo entre zonas del área cañera. Así, los volúmenes, el número de días con lluvia y la humedad relativa ambiente para un mismo mes, decrecen desde el Oeste (pedemonte) al Este. Esta última zona tiene una mayor probabilidad de ocurrencia de heladas y de mayor severidad.

CARACTERÍSTICAS Y LIMITACIONES DE LA ZAFRA

La cosecha se realiza generalmente entre fines de mayo-inicio de junio y fines de octubre-miados de noviembre, con una duración media total de 160-180 días, con importantes variaciones entre años.

Un aspecto negativo es la inadecuada distribución relativa de la molienda durante las distintas etapas de la zafra. Evaluando las últimas 15 zafras, se observa que la molienda en etapa inicial varía del 4 al 26% del total, con una media del 10%; en la fase intermedia varía del 50% al 76% con una media del 65% y en la etapa final y tardía se procesa entre el 11% y el 45%, con un promedio del 25%.

Esta situación evidencia un aprovechamiento inadecuado de los meses iniciales, una acumulación excesiva de la molienda en la etapa intermedia y porcentajes elevados en la fase final y tardía. Además, el retraso de la fecha de inicio de zafra poco tiene que ver con la dinámica de la maduración de los cañaverales, con el total de caña molida y menos aún, con los niveles fabriles de recuperación de azúcar.

En el inicio temprano de zafra se pueden presentar los siguientes inconvenientes:

- Dificultades operativas en la cosecha debido a falta de piso (lluvias).
- Bajos rendimientos fabriles, más aún si no se emplean maduradores químicos.
- Altos niveles de trash.
- Posibles efectos negativos del corte temprano del cañaveral.

El efecto negativo del corte temprano de los cañaverales en la producción del siguiente

ciclo, constituye una de las razones por las cuales los cañeros no aportan masivamente su materia prima en la etapa inicial de la zafra.

Los estudios disponibles muestran que los mayores efectos perjudiciales ocurren en los cortes de marzo, abril y mayo, tanto en las cañas planta como en socas, especialmente en las variedades de maduración temprana, las que registran pérdidas que aumentan de un 5% al 50% en la medida que se adelanta la fecha de corte de junio a marzo. También se indica que en las cosechas de mediados de junio a mediados de octubre no se registra este problema y se señala la conveniencia de no reiterar la fecha de cosecha en años sucesivos, en los mismos lotes.

Si bien las causas de este efecto negativo aún no fueron convenientemente esclarecidas, se proponen distintas hipótesis referidas a la incidencia del enmalezamiento temprano del cañaveral, a los efectos de la alternancia de temperaturas y de las heladas en la brotación y especialmente, a una acumulación deficiente de reservas en la cepa. El proceso es complejo y es factible una interacción de los factores señalados.

Actualmente, este problema perdió significación (al menos para el mes de mayo) asociado a una mayor tolerancia de las variedades actuales, al empleo más generalizado de la maduración química en lotes de cosecha temprana y a mejoras en el manejo de los cañaverales. Se debe señalar además que durante el mes de mayo se debería priorizar la cosecha de los lotes destinados a renovación, que implican aproximadamente el 20% de la superficie, de modo tal que la plantación no se vea demorada.

Por otra parte, a partir de mediados de octubre sobrevienen numerosos inconvenientes operativos en la cosecha y un mayor riesgo de deterioro severo de la calidad fabril, asociados al aumento del volumen y periodicidad de las lluvias y al incremento de la temperatura, problemas que resultan más importantes si ocurrieron heladas. Además, estas condiciones climáticas dificultan las tareas de cosecha y transporte, provocando interrupciones de la molienda.

El corte tardío provoca severas disminuciones en la producción de caña y azúcar en el año siguiente, asociado a la reducción del tiempo disponible para crecimiento activo (Período de Gran Crecimiento), a pesar de que las etapas anteriores se aceleren por la mayor temperatura y disponibilidad de agua. La información dis-

ponible señala pérdidas crecientes de producción del 5% al 70% con demoras de cosecha de mediados de octubre a fines de diciembre. Por lo tanto, cuanto más se demora el corte, mayores resultarán las pérdidas. Además, el perjuicio se acentúa por las limitaciones que existen para efectuar un manejo cultural adecuado y oportuno de los cañaverales.

Indudablemente, la magnitud de los efectos negativos señalados para una cosecha tardía superan marcadamente las limitaciones que se pueden presentar por un inicio temprano.

Anticipar el inicio de la zafra permite mejorar la distribución de la molienda y adelantar el fin de zafra; también permite reducir las pérdidas de azúcar causadas por problemas de deterioro de la materia prima (quema, estacionamiento, heladas), especialmente importantes en las fases final y tardía. Además, permite evitar o reducir los efectos adversos asociados a la cosecha tardía y muy tardía de los cañaverales. Cuando la disponibilidad de caña es elevada, la demora en el inicio de la zafra significa que la molienda se extenderá más de lo aconsejable. Por otra parte el ciclo de cosecha no se puede acortar. Al contrario, la tendencia en el mundo es que las zonas azucareras expandan el período de molienda como forma de disminuir los costos fijos de cosecha y fabricación de azúcar para hacer más competitiva la agroindustria.

Lo expuesto, destaca el grave riesgo que implica para la actividad azucarera de Tucumán, el no considerar de manera prioritaria en la definición de la fecha de inicio de la zafra, el volumen de materia prima cosechable, la capacidad de molienda disponible y los argumentos técnicos y económicos que aseguren el logro de elevadas recuperaciones del azúcar formado en el campo, en relación a otras variables que no siempre favorecen la ejecución de una zafra eficiente y rentable.

SISTEMAS DE COSECHA

La cosecha de la caña de azúcar en Tucumán y en Argentina ha sido una de las etapas de la producción que sufrió las mayores transformaciones, ya que del sistema semimecanizado que dominaba en la década de los '80, se pasó al empleo generalizado de las cosechadoras integrales. A partir de 1997, entre el 65% y el 85% de la materia prima disponible en Tucumán se recolecta en verde y quemada, mediante el sistema de cosecha integral (Figura 2). El resto

corresponde a la alternativa semimecánica, con un predominio del corte manual, el carguío mecánico y el uso de la quema (Figura 3).

La cosecha totalmente mecanizada cuenta con modernas máquinas que operan con equipos autovolcables (8 a 12 toneladas) (Figura 4) para el trasbordo de la materia prima a unidades de transporte de alta capacidad de carga, traccionados por tractores y/o camiones, según la distancia a la fábrica. En otros casos, la cose-



Figura 2: Cosechadora integral cosechando en verde.



Figura 3: Cargadora de caña en una cosecha semimecanizada.



Figura 4: Carros autovolcuelos haciendo el trasbordo de la caña cosechada.

chadora carga directamente sobre el equipo de transporte, evitando el costo del autovuelco, pero con mayor riesgo de daño sobre el cañaveral. La expansión de este sistema estuvo fuertemente asociada a la sustancial reducción del costo de cosecha y su significativo efecto en la rentabilidad del cultivo.

Las ventajas operativas de las cosechadoras disponibles permiten una mejor planificación y organización de la zafra, una operación más eficiente de cosecha y una entrega adecuada de caña al ingenio, además de contribuir a la mejora de la calidad de la materia prima por una significativa reducción del trash, y una menor pérdida de azúcar por el hecho de procesar caña fresca. También es importante destacar que las nuevas cosechadoras son capaces de dejar una mínima cantidad de caña en el campo y se evidencian mejoras en la eficiencia y costo del transporte, ya que la caña en trozos ocupa menos espacio que la caña larga y por lo tanto se incrementa la capacidad de carga de los equipos de transporte.

A su vez, se debe señalar, que la gran capacidad de los frentes de cosecha permite priorizar las áreas de cosecha según necesidades, logrando un beneficio importante al anticipar la recolección de grandes sectores fuertemente afectados por heladas y minimizar el declinamiento de la calidad.

Además, la alternativa de cosechar la caña en verde, permite reducir los efectos negativos de la quema sobre el medio ambiente. El sistema de limpieza de las cosechadoras modernas está capacitado para obtener una baja cantidad de materias extrañas aún operando sobre cañaverales no quemados previamente.

Otra ventaja operativa radica en los costos, en este sentido es de esperar que el costo de mano de obra se incremente con los años, y con ello se incrementa la diferencia de los costos totales de ambos sistemas.

Entre las desventajas de la cosecha integral, se puede señalar que, por las características de los equipos que participan en las operaciones de cosecha, existen mayores posibilidades de afectar los cañaverales, aumentando los problemas de compactación, los riesgos de daño a las cepas y la probabilidad de una menor longevidad del cañaveral.

Asimismo, este sistema tiene mayores exigencias en cuanto a las dimensiones y a la sis-

tematización de los campos que el sistema semimecánico, surgiendo limitaciones para el uso de las cosechadoras en campos pequeños, de dimensiones irregulares, cañaverales dispersos y en lotes de relieve accidentado o pendientes elevadas.

Exigencias del sistema de cosecha integral

En la Figura 5 se presentan las distintas etapas y los factores que intervienen en la eficiencia de la cosecha integral, como también sus interacciones.

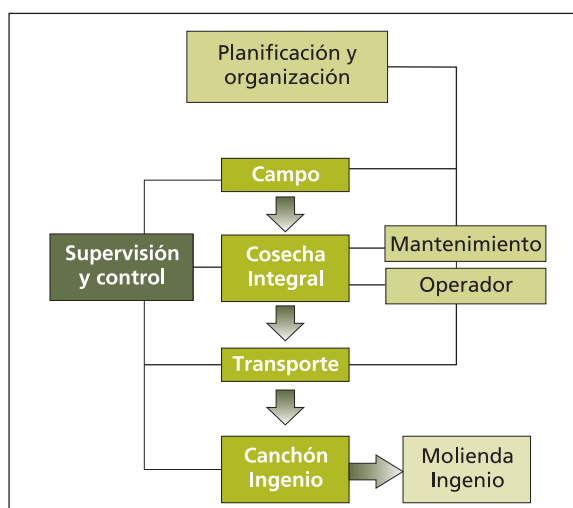


Figura 5: Esquema de los factores que intervienen en el sistema de cosecha integral.

En el mismo se observa el flujo de materia prima recolectada y cargada en el campo y llevada por el sistema de transporte al canchón del ingenio para posteriormente ser procesada en la fábrica. Se visualizan a su vez, los distintos factores que regulan la eficiencia y el rendimiento operativo de las cosechadoras, como las condiciones de campo, la idoneidad de los operadores, la capacidad, organización y funcionalidad del mantenimiento, la disponibilidad del transporte, la organización del canchón y la molienda del ingenio. A su vez se indica la importancia que tienen en la organización y eficiencia de este sistema las tareas de planificación y control de gestión.

Planeamiento y ejecución

Para lograr un funcionamiento eficiente de la cosecha integral es fundamental prever, ordenar y coordinar la ejecución de las distintas

tareas a realizar, antes, durante y después de la cosecha.

Entre las tareas más importantes a considerar, se pueden citar:

- Fijar los objetivos de trabajo en la zafra.
- Establecer el programa de cosecha.
- Coordinar el cronograma de tareas, fijando y previendo los recursos físicos, mecánicos y de personal necesarios.
- Controlar la calidad y eficiencia del frente de cosecha y transporte.
- Asegurar el mantenimiento de las máquinas según el programa previsto.
- Efectuar los cambios de turno con la menor pérdida de tiempo.
- Encargarse de la selección y capacitación permanente del personal.

Adaptación de los campos

Para que el trabajo de la cosechadora sea eficiente y económico resulta fundamental efectuar una adecuada preparación de los campos. En este sentido, será conveniente durante la preparación de los suelos, limpiar el lote eliminando piedras, troncos, palos, etc. y efectuar una adecuada nivelación, no solo destinada a mejorar la distribución del agua de riego y facilitar el drenaje, sino también para conseguir la mejor uniformidad del terreno, manteniendo un ligero bordo sobre el surco. Lo anterior favorecerá el crecimiento homogéneo del cañaveral y la ejecución de un buen corte basal y del despuntado mecánico, ya que no resulta fácil al operador efectuar correcciones rápidas y continuas cuando el equipo se encuentra trabajando entre 4 y 6 km/h.

El largo de los surcos debe ser el máximo posible según las características del lote, el tipo de suelo, las posibilidades de riego y necesidades de drenaje, considerando la conformación de callejones y cabeceras anchas, a fin de favorecer la maniobrabilidad de la cosechadora y el transporte y disminuir al mínimo las pérdidas de tiempo.

En el manejo cultural hay que prever labores profundas posteriores a la cosecha (cinceles o subsoladores), para facilitar la penetración del agua de lluvia o riego y especialmente para reducir los efectos de la compactación. Se debe tratar de mantener las trochas lo más planas posibles y a su vez evitar, que con los equipos de labranza, se eleve demasiado el surco por un aporque excesivo.

Operadores

El éxito de las operaciones de la cosechadora se inicia con programas especializados de adiestramiento del personal afectado a estas tareas, que le permitan aprovechar todas las posibilidades tecnológicas que brindan las cosechadoras integrales. A su vez, el operador debe poseer conocimientos básicos de mecánica e hidráulica para que esté en condiciones de detectar problemas y evitar daños mayores y pueda colaborar con los mecánicos durante las paradas por desperfectos.

Pero además de lograr la idoneidad de los operadores, resulta fundamental tener en cuenta otros aspectos de importancia, tales como la retribución económica, acorde con el nivel de responsabilidad y que los motive a realizar trabajos de alta eficiencia y calidad, cuidando el equipo a su cargo. En este sentido hay que señalar que en algunas zonas azucareras se han puesto en vigencia, mecanismos de pago que no solo consideran la cantidad, y que finalmente definen el modo de cobrar por cada tonelada de caña cosechada.

Asimismo, conviene tener en cuenta la extensión de la jornada de trabajo, aspecto relacionado con la concentración del operador y su eficiencia que, como demuestran distintos estudios, comienzan a decaer después de cuatro horas consecutivas de tareas. En algunas condiciones de trabajo, se determinó que las mayores pérdidas de materia prima y daños a la cepa se suelen registrar en los turnos nocturnos. Para evitar esta situación, en algunos ingenios de Brasil, la duración de la jornada nocturna de cosecha integral es más reducida que la diurna.

Mantenimiento

Este aspecto es de fundamental importancia por su efecto en la calidad operativa y en la economía del sistema.

Solamente se obtendrá un buen rendimiento de cada máquina al final de la zafra, si se suministró un respaldo mecánico eficiente mediante un programa rutinario, preventivo y ágil de mantenimiento, que permita evitar y/o reducir la frecuencia de problemas, disminuyendo los tiempos de paradas. A su vez, conviene contar con un plan completo de mantenimiento durante el receso, que permita disponer de las cosechadoras en óptimas condiciones para empezar la nueva zafra.

Para todo esto, el personal debe ser especializado, con entrenamientos periódicos y condiciones adecuadas de trabajo.

El transporte

Las pérdidas de tiempo originadas por la falta de transporte, constituyen uno de los factores de mayor incidencia en la eficiencia de las cosechadoras, constituyendo uno de los puntos críticos del sistema integral.

El canchón

Este ámbito constituye el cuello de botella del sistema de cosecha, ya que problemas de descarga afectarán directamente todo el diseño y funcionamiento del transporte, provocando sobredimensionamientos o importantes pérdidas de tiempo, influyendo directamente en la capacidad operativa de las cosechadoras e incrementando su costo.

Por lo tanto, un ordenamiento eficiente de la recepción de la caña integral permitirá disminuir los tiempos de espera. Este aspecto es prioritario en la materia prima proveniente de este sistema de cosecha, por su gran dependencia del transporte y por trabajar con caña troceada, más susceptible al deterioro por estacionamiento.

Supervisión y control

Constituye una tarea fundamental para garantizar la eficiencia del sistema, citando entre sus responsabilidades:

- Asegurar el cumplimiento de los objetivos previstos.
- Garantizar un flujo continuo de caña.
- Efectuar controles de pérdida de materia prima en campo y de calidad fabril.
- Evaluar la eficiencia de las distintas tareas.
- Llevar registros de información general (toneladas cosechadas o transportadas por equipo, pérdidas de tiempo, etc.) y contables.
- Registros de los mantenimientos efectuados, stock de repuestos, etc.
- Análisis diarios de la marcha de la cosecha, problemas de calidad, etc. para facilitar decisiones gerenciales.

Para el cumplimiento de estas tareas conviene contar con un equipo de monitoreo en campo (ver capítulo N°15), apoyado en un sistema de control de gestión de ágil acceso a la

información, que asegure la realización de las correcciones necesarias en el menor tiempo posible.

DESEMPEÑO DE LAS COSECHADORAS

Contenido porcentual de Materias Extrañas (trash)

Es muy difícil establecer con precisión un porcentaje de trash típico de la cosecha integral, ya que el resultado final dependerá de las características de los sistemas de cosecha (modelos), de las condiciones climáticas, del nivel productivo y uniformidad del cañaveral, de si se cosecha caña verde o quemada y de la velocidad de avance, entre otros.

A continuación se presentan resultados alcanzados comparando condiciones de operación de las máquinas cosechadoras.

En la Tabla 1 se analiza el contenido de materias extrañas resultante de la cosecha de caña verde y quemada en condiciones similares, considerando la misma velocidad del extractor primario (1000 rpm).

Los menores niveles de trash fueron registrados en caña quemada, inferiores en más de 3 puntos respecto de los determinados en la cosecha en verde. Asimismo, los mayores contenidos de materia extraña se registraron en caña caída, con los máximos niveles en la cosecha en verde, comportamiento principalmente asociado a una mayor incidencia del despunte y de otros componentes como los chupones.

Los resultados de la Tabla 1 muestran un desempeño que fue característico de esta zona azucarera hasta hace muy poco tiempo. Hoy en día con la tecnología incorporada en los modelos de cosechadoras de última generación, es posible alcanzar mejoras significativas sobre los valores anteriores.

La Tabla 1 muestra los avances logrados en la eficiencia de limpieza con un modelo más nuevo de cosechadora.

A su vez, la variación del contenido de trash a lo largo de la zafra tiene relación con las condiciones ambientales que caracterizan sus distintas etapas. Así, los mayores niveles de trash en el inicio de zafra están asociados con la elevada humedad atmosférica y edáfica, cañaverales verdes, con las porciones apicales más inmaduras y con un follaje que tiene un elevado contenido hídrico, lo cual contrasta con los

Tabla 1: Variación del contenido total y discriminado de materias extrañas, según condiciones del cañaveral (caña erecta y caída) trabajando en caña verde y quemada, para dos modelos de cosechadora. Velocidad del extractor primario de 1000 rpm.

Modalidad de cosecha	Materia extraña (%)	Modelo CH 2500		Modelo CH 3500	
		Caña Erecta	Caña caída	Caña Erecta	Caña caída
En Verde	Total	11,6	14,5	7,9	11,1
	Hojas	8,6	7,7	5,6	5,3
	Despunte	2,8	5,7	2,1	4,7
	Otros	0,2	1,1	0,2	1,1
Quemada	Total	8,4	11,0	6,3	8,0
	Hojas	4,0	4,7	2,9	3,2
	Despunte	3,1	5,4	2,7	4,4
	Otros	1,3	0,9	0,7	0,4

niveles bajos de materia extraña registrados en el período medio y final de la zafra.

Asimismo, estas condiciones diferenciales influyen en la capacidad de trabajo de los frentes de máquinas integrales y en la efectividad de los sistemas de limpieza y despunte, más aún si se comparan las alternativas de cosecha en verde o con caña quemada.

Por lo anterior y especialmente en el inicio de zafra, los efectos de la aplicación de maduradores resultan de máxima importancia, al mejorar la calidad de la materia prima y la capacidad operativa de las máquinas integrales en la cosecha en verde.

Como se observa en la Figura 6, en cañaverales madurados y cosechados en verde, se registra una disminución de 2 a 5 puntos en el contenido total de materia extraña, respecto de lotes similares no tratados. Este efecto benéfico de los maduradores deriva de una reducción del trash foliar y de la menor incidencia del despunte.

Pérdidas de Materia Prima

La modalidad de cosecha (verde o quemada) y el estado del cañaveral (caña erecta o caída) juegan un papel importante en la magnitud de las pérdidas de materia prima y en la contribución de sus componentes, como se observa en la Tabla 2.

En caña caída, tanto en cosecha en verde como quemada, las mayores pérdidas fueron explicadas por el incremento de la contribución de tallos enteros, tocones y entrenudos maduros

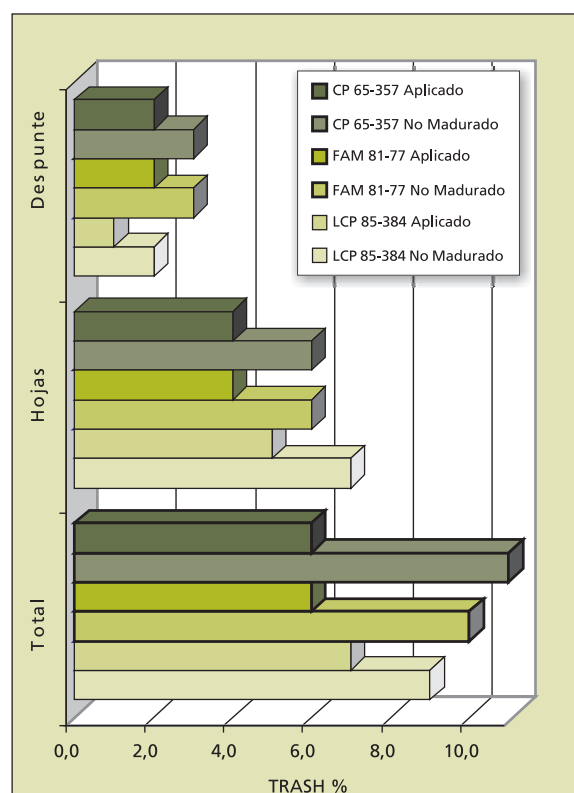


Figura 6: Variación del contenido total de materia extraña, de despunte y de hojas en cañaverales cosechados en verde, con y sin aplicación de maduradores.

en el despunte y también de caña troceada.

También se determinó que entre 45 y 58% de las pérdidas correspondían a caña troceada, la

Tabla 2: Pérdida total de materia prima y de sus principales componentes en caña verde y quemada, según modelos de cosechadora. Velocidad extractor primario (1000 rpm).

Modalidad de cosecha	Pérdidas de Materia Prima (%)	Modelo CH 2500		Modelo CH 3500	
		Caña Erecta	Caña caída	Caña Erecta	Caña caída
En Verde	Total	5,7	8,8	4,1	5,9
	Caña Troceada	3,8	3,4	2,2	2,8
	Caña entera	0,8	1,4	0,7	1,1
	Otros Tocones y canutos en el despunte	1,1	4,0	1,2	2,0
Quemada	Total	4,4	7,7	3,5	6,2
	Caña Troceada	3,0	3,8	2,0	3,15
	Caña entera	0,55	1,5	0,6	0,95
	Otros Tocones y canutos en el despunte	0,85	2,4	0,9	2,1

que se perdió especialmente en la operación de carga.

Velocidad del extractor primario

Los resultados disponibles indican que la velocidad más adecuada para operar el extractor primario, estaría entre las 900 y 1000 rpm, según niveles de producción de caña, condiciones del cañaveral y contenidos de humedad del ambiente y del follaje, ya que en este rango se logra el mejor balance entre la eficiencia de limpieza (disminución del trash) y las pérdidas de caña molible.

Velocidad de trabajo

Se recomienda trabajar con una velocidad de avance de entre 4 y 6 km/h, usando la menor velocidad en caña caída y lotes de elevada producción, no debiendo sobrepasar los 6 km/h en lotes de baja producción.

Capacidad de trabajo

Las máquinas integrales son capaces de cosechar alrededor de 700 toneladas de caña por día de trabajo efectivo, como promedio de zafra. Sin embargo, la capacidad operativa puede ser altamente variable según una serie de factores, tales como las pérdidas de tiempo asociadas a distintas causas (lluvias, paradas del ingenio, demoras en canchón, falta de transporte, roturas, cambios de lugar, etc.) y a otras como la longitud de los surcos, el nivel de

producción de los cañaverales, la cosecha en verde o quemada, entre otros.

Si se cuenta con campos correctamente sistematizados, y tanto el transporte como el canchón están organizados y preparados para un trabajo eficiente, las pérdidas de tiempo de un frente se minimizan y la capacidad productiva de las máquinas es elevada. En Tucumán se llegó a establecer un registro record de materia prima cosechada en 24 hs de más de 1500 t con los nuevos modelos de cosechadoras.

Consumo de combustible

El consumo de combustible de una cosechadora durante la zafra puede ser utilizado como un indicador de la eficiencia del desempeño de las máquinas.

Con las cosechadoras actualmente disponibles y en las condiciones de trabajo más frecuentes de nuestra zona cañera, el consumo varía entre 0,6 y 1,4 litros/t caña.

Entre los factores más importantes que determinan un mayor o menor consumo, se pueden mencionar:

- Modelo de cosechadora.
- Rendimiento cultural del cañaveral.
- Condición de caña verde o quemada.
- Longitud de los surcos.
- Características del cañaveral y del terreno.
- Frecuencia de traslados a fincas.

Bajo estas circunstancias, la incorporación de mejoras tecnológicas tendientes a optimizar el desempeño de las cosechadoras integrales constituye una alternativa de importancia.

Sistemas de monitoreo para las cosechadoras integrales

Actualmente existen algunos sistemas de monitoreo para las cosechadoras integrales que permiten conocer en tiempo real la posición de la máquina. Estos sistemas también permiten recibir información sobre diferentes parámetros que hacen a la operación de cosecha, como por ejemplo: velocidad de cosecha, revoluciones del extractor primario, parámetros del motor, entre otros.

En el corto plazo, estos sistemas se encontrarán disponibles en nuestra provincia y pueden constituir una herramienta muy útil para hacer más eficiente la cosecha mecánica.

Sistema de orugas intercambiable

Las condiciones de exceso de humedad al inicio y fin de la zafra en Tucumán provocan inconvenientes que derivan en demoras para iniciar la cosecha y en interrupciones de la misma al final de zafra.

Actualmente se encuentra disponible un novedoso sistema que permite transformar la cosechadora integral con neumáticos convencionales en una semi-oruga.

Este sistema consiste en un kit que se monta en el lugar correspondiente a la rueda trasera de la cosechadora (Figura 7).

El montaje de este implemento demora aproximadamente dos horas y se puede realizar en el mismo campo. Esto constituye una alternativa valiosa que debe ser considerada, ya que permitiría realizar la cosecha en las condiciones de humedad excesiva que frecuentemente se presentan en los meses de inicio y fin de zafra en Tucumán.

RECOMENDACIONES PARA LA COSECHA

Se deben realizar todos los esfuerzos necesarios para mejorar la planificación, el ordenamiento y el control de la zafra con el propósito de disminuir los efectos de los diferentes factores responsables de pérdidas de materia prima y de azúcar.

El corte de los tallos debe hacerse apenas sobre el nivel del suelo, para asegurar la reco-



Figura 7: Semi-oruga desmontable.

lección de todo el material con entrenudos ricos en sacarosa, aumentando la producción de caña y de azúcar.

La cosecha debe asegurar que la caña tenga una adecuada madurez. El despunte se debe realizar a una altura apropiada, para eliminar los entrenudos superiores inmaduros. La caña debe llegar limpia, eliminando la mayor proporción posible de despunte y hojas y evitando incorporar otras impurezas, especialmente tierra. La caña cosechada debe enviarse rápidamente al ingenio para su procesamiento.

Resultará fundamental evitar, restringir y controlar al máximo la quema de los cañaverales y reducir el estacionamiento de la materia prima en el campo, durante el transporte y en la fábrica.

Recuerde que cada lote es una situación particular. La ubicación del lote, el estado de crecimiento del cañaveral, las variedades, etc., modifican su aptitud para la cosecha y por lo tanto, nada reemplaza al monitoreo cuidadoso de cada situación para tomar la decisión más acertada.

La ejecución de un despuntado adecuado en la cosecha tiene una significativa influencia en la calidad de la materia prima, al favorecer una mayor recuperación de azúcar y minimizar las pérdidas. El despunte se debe realizar eliminando las porciones inmaduras (menos de 13% brix).

En caso de realizar cosecha semimecánica, cada día coseche únicamente lo asignado por el ingenio. No se debe quemar la caña en pie, y es necesario controlar cuidadosamente la quema

en el apilado y no quemar más caña que la que se enviará al ingenio en el día, evitando pérdidas de azúcar por el estacionamiento.

En las áreas con probabilidad de heladas de mayor duración e intensidad, es conveniente emplear variedades extratempranas y tempranas y dentro de éstas las más tolerantes al frío. También es necesario favorecer una mayor cobertura vegetal mediante las distintas prácticas de manejo, acelerar la cosecha, usar sistemas de cosecha con mínimo estacionamiento y evitar la quema. Hay que despuntar asegurándose de eliminar toda la porción del tallo afectada por la helada.

La suma de la quema y/o el estacionamiento al efecto negativo de las heladas, ocasiona un deterioro de la caña de azúcar que puede llegar a significar la pérdida total de su valor económico.

Control de la quema

Un aspecto fundamental que debe considerarse es el importante efecto negativo que tiene la quema sobre la calidad de la materia prima que se envía a la industria.

Los esfuerzos deben orientarse a restringir al máximo el ingreso del fuego a los cañaverales. La quema accidental o intencional de los cañaverales, puede provocar su propagación a miles de hectáreas en muy poco tiempo, además de hacer perder el valor económico del cañaveral, al acelerar el deterioro.

A tal efecto, limpie los callejones y alambrados; realice brechas cortafuegos en sus lotes y en los límites con los de sus vecinos.

COSECHA EN VERDE DE CAÑA DE AZÚCAR Y APROVECHAMIENTO DE SUS RESIDUOS

En el mundo, la actividad cañera se orienta hacia sistemas productivos económicamente más eficientes, más sustentables y menos agresivos

para el medio ambiente. Un sistema productivo que está aportando significativamente en este sentido es el de la cosecha sin quema previa del cañaveral, llamada *cosecha en verde*, con aprovechamiento de los residuos vegetales que quedan en el campo. Sin embargo, su dependencia de las condiciones ambientales específicas y de la posibilidad de cosechar mecánicamente, además de cierta incertidumbre sobre sus resultados económicos, han determinado considerables variaciones en los niveles de implementación entre las distintas zonas azucareras del mundo, incluyendo la de nuestra provincia.

En algunos países la imposición de controles y limitaciones cada vez más estrictos a la quema de cañaverales significaron un impulso adicional para la cosecha en verde.

El avance del sistema integral, permitió la disminución progresiva de la quema como alternativa de limpieza, si bien su implementación generalizada debe intensificarse aún más.

Tanto la concientización sobre el impacto de la quema en la comunidad y en el medio ambiente, como el interés económico y ecológico por la utilización de los residuos con fines agronómicos y energéticos, favoreció el crecimiento de la cosecha en verde en Tucumán, aunque todavía no constituye una práctica generalizada.

Por otra parte, la disponibilidad de nuevos modelos de cosechadoras integrales que tienen incorporados sistemas más eficientes de cosecha y limpieza, conforman una tecnología apropiada que está actualmente disponible para garantizar un trabajo de calidad, de alta capacidad productiva y a costos razonablemente bajos.

En las zafas 2006 y 2007 se quemó el rastrojo en unas 70.000 a 80.000 ha luego de la cosecha, por lo que el empleo del fuego aún significa alrededor del 75%, tal cual se desprende de la Tabla 3.

Tabla 3: Evolución de los sistemas de cosecha y manejo de la quema en zafas 2000, 2006 y 2007.

ZAFRAS	Sistema de Cosecha				Manejo	
	Semi-mecanizada (%)	Cosecha Integral (%)			Total Quemada (%)	Manejo con Cobertura (%)
		Total	Verde	Quemada		
2000	20	80	15	65	85	5 (9.000ha)
2006	34	66	54	12	48	20 (41.000ha)
2007	23	77	61	16	39 (84.700ha)	23 (50.000ha)

Una motivación adicional es la entrada en vigencia del Decreto N° 795/3, que reglamenta la Ley N° 7459. Éste declara que la práctica de la quema de la caña de azúcar está prohibida, y solo será admitida excepcionalmente, de manera transitoria y en horarios determinados por la Dirección de Medio Ambiente, debiéndose reducir en un 5% anual la superficie de cañave-

rales quemados. La reglamentación contempla un régimen especial para minifundistas con superficies menores a 50 ha. Además, establece áreas de prohibición de quema: alrededor de poblaciones, de líneas y subestaciones de energía eléctrica, aeropuertos, rutas, redes ferroviarias y áreas protegidas. Designa también organismos de control y medidas punitivas.

CAPÍTULO 14 |

**MADURACIÓN QUÍMICA
DE LA CAÑA DE AZÚCAR**
Recomendaciones

Autores

M. Fernanda Leggio Neme

Eduardo R. Romero

Luis G. P. Alonso

Juan Fernández de Ullivarri

Patricia A. Digonzelli

Juan A. Giardina

M. Javier Tonatto

Sergio D. Casen

MADURACIÓN QUÍMICA DE LA CAÑA DE AZÚCAR

Recomendaciones



INTRODUCCIÓN

La maduración química, práctica de gran importancia para mejorar el nivel sacarino y la calidad global de la materia prima en cosecha, es utilizada comercialmente en las principales regiones cañeras del mundo (Estados Unidos, Colombia, Guatemala, México, Sudáfrica, Australia, Brasil y Argentina).

Para Tucumán, esta tecnología ajustada y difundida por la EEAOC, constituye la única estrategia de pre cosecha disponible capaz de inducir incrementos significativos en la recuperación de azúcar, con importantes beneficios económicos.

Los resultados disponibles indican que, con el uso de los maduradores recomendados, es factible anticipar la maduración y mejorar la calidad de todo el espectro varietal actualmente cultivado en Tucumán, en especial de la materia prima que normalmente se procesa durante la fase inicial y media de la zafra.

OBJETIVOS DE LA MADURACIÓN QUÍMICA

Con la utilización de esta tecnología se busca modificar las condiciones naturales de maduración de la caña de azúcar, adelantando esta fase, a fin de lograr un incremento temprano en el contenido de sacarosa, sin afectar la producción cultural.

Además, al favorecer una adecuada acumulación de sacarosa en los entrenudos apicales (normalmente inmaduros) y provocar el desecamiento temprano del follaje, permiten efectuar un despuntado más alto (mayor producción cultural) y disminuir el contenido de materias extrañas que llega a fábrica (menor trash), mejorando la eficiencia global de la cosecha y la calidad de la materia prima.

¿QUE ES UN MADURADOR?

Los madurantes o maduradores son productos químicos, en su mayoría herbicidas del grupo de los reguladores del crecimiento, que

inhibiendo la elongación de los tallos sin afectar severamente la fotosíntesis, favorecen la acumulación de azúcar, actuando generalmente a nivel enzimático.

Como alternativas químicas, los que más se utilizan son algunos herbicidas totales y graminicidas.

El *glifosato* es en la actualidad el producto más utilizado a nivel mundial debido a su consistencia, eficacia, bajo costo y porque permite un período más amplio de cosecha.

Dentro de los graminicidas, se destaca el *fluazifop* y, en Tucumán, se incorporan a este grupo el *clotodim* y el *haloxifop*.

La efectividad de los madurantes depende de las características ecológicas de cada región cañera, del producto elegido, de la época y dosis utilizadas, de las variedades disponibles, de la capacidad productiva y manejo del cañaveral, de las condiciones meteorológicas reinantes antes de la aplicación y entre ésta y la cosecha y de la calidad de la aplicación, razones por las que esta tecnología debe ser ajustada para cada situación.

EFFECTO GENERAL DE LA APLICACIÓN DE UN MADURADOR

En la Figura 1 se esquematiza el efecto general de un madurador, observándose la evolución natural del contenido de azúcar durante la fase de maduración y destacándose cómo la aplicación del madurador provoca un adelanto de dicha fase (almacenamiento más temprano de azúcar); pero transcurrido un determinado tiempo desde la aplicación, el contenido de sacarosa tiende a equipararse al del lote no tratado, sin provocar problemas de deterioro de la calidad.

Por lo tanto, anticipando la maduración y dentro del Período Óptimo de Cosecha (POC), la caña tratada tendrá un mayor contenido de azúcar recuperable, posibilitando un inicio más temprano de la zafra, con una mejora de la calidad global de la materia prima.

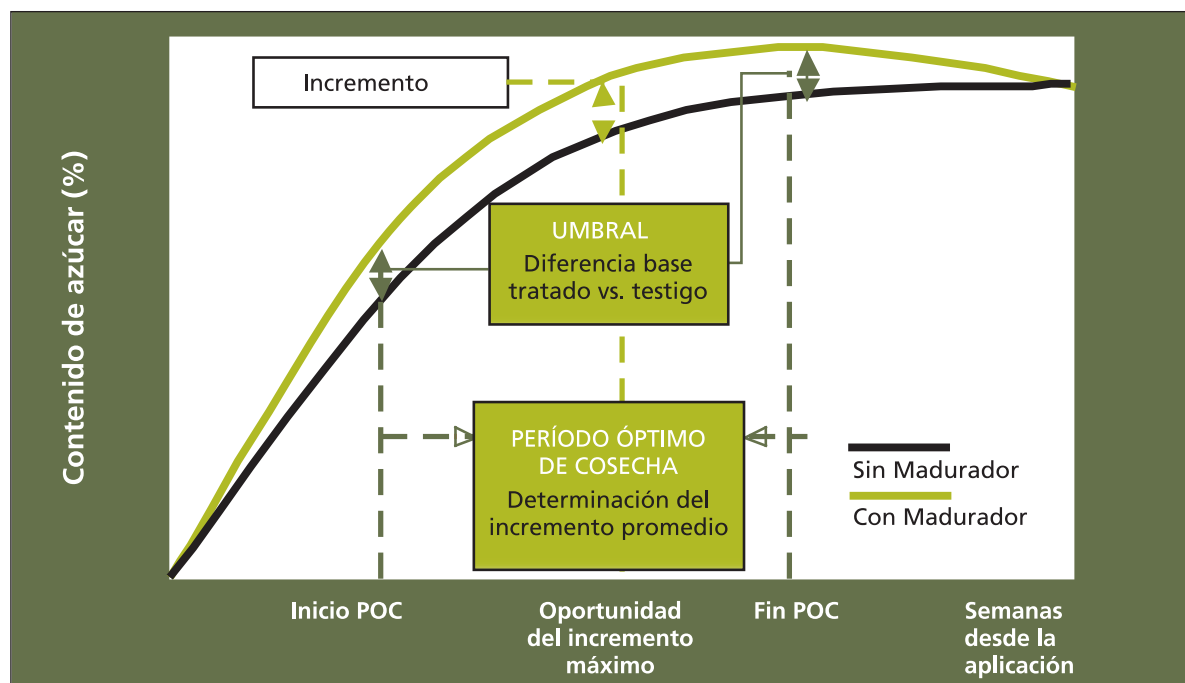


Figura 1: Idealización del efecto de la aplicación de un madurador en la dinámica de la maduración de la caña de azúcar. Se señalan los principales indicadores de respuesta al madurativo.

Consecuencias de la aplicación

- Acumulación de sacarosa en los entrenudos apicales inmaduros.
- Desecamiento temprano del follaje.
- Despuntado más alto.
- Mayor producción cultural.
- Menor trash.
- Mejora de la eficiencia global de la cosecha y de la calidad de la materia prima.

IMPACTO ECONÓMICO

El empleo de la maduración química de los cañaverales es una tecnología de bajo costo y resulta altamente rentable. En este sentido, considerando los precios actuales de los insumos y del azúcar, el costo representa entre 30 y 65 kg de azúcar/ha.

Teniendo en cuenta que un manejo eficiente de esta tecnología permite obtener al menos 300 kg extras de azúcar/ha, se genera un beneficio económico que supera ampliamente el costo de aplicación, con un retorno superior a su inversión y en un corto plazo (6-12 semanas).

Además, se debe señalar que al considerar los beneficios adicionales que derivan de su implementación (mejoras en la capacidad operativa, en la eficiencia de limpieza y despuntado cuando se opera con cosechadoras integra-

les, reducción del nivel de trash y un transporte de materia prima más limpia y con mayor contenido de azúcar) se consigue una reducción de los costos de cosecha y transporte.

Asimismo, al recuperarse en el proceso fabril una mayor cantidad de azúcar por tonelada de caña, la incidencia de un inicio más temprano con rendimientos adecuados, hace previsible una reducción del costo del azúcar producido.

MANEJO DE LA MADURACIÓN QUÍMICA

Un programa de maduración química de la caña de azúcar debe estar dirigido a maximizar la recuperación de azúcar, elevando y estabilizando el contenido de azúcar de los cultivares disponibles para obtener un beneficio económico adicional, sin deteriorar la capacidad productiva del cultivo luego de la aplicación, ni después de la cosecha.

Época de aplicación

En nuestras condiciones, las mayores respuestas corresponden a los tratamientos efectuados a fines de marzo e inicio de abril (aplicaciones tempranas), posteriormente las aplicaciones de mediados a fines de abril (intermedias) y, por último, las de principios a mediados de mayo (tardías).

Una adecuada planificación deberá conjugar las distintas épocas de aplicación para lograr una continuidad de la cosecha de los lotes tratados, trabajando fundamentalmente durante el mes de abril.

El madurante logra su mayor efecto cuando la aplicación se efectúa al final del Período de Gran Crecimiento de la caña, mientras aún se registra una cierta elongación de los tallos, con el follaje verde, un almacenamiento activo de azúcar, pero con una maduración no muy avanzada.

Los tratamientos de mediados de mayo en adelante no son recomendables, ya que normalmente no se obtienen respuestas rentables.

Requerimientos básicos para la planificación Coordinación Productor-Ingenio

Una de las principales causas de pérdidas de tiempo y de azúcar que ocurren durante la molienda en el inicio de zafra, derivan de la falta de una planificación y ejecución conjunta y coordinada del programa de cosecha entre las fábricas y sus cañeros. Es de fundamental importancia una muy buena coordinación y planificación entre el ingenio y el cañero para lograr una cosecha de los lotes madurados en tiempo y forma.

Criterios para la selección de los lotes

Se deben priorizar los cañaverales de socas jóvenes, de variedades de respuesta comprobada a los madurativos, con buenos niveles de producción (mayores a 50-60 t/ha), sin evidencias de haber sufrido estrés severo por sequía, excesos de agua, enfermedades o plagas, con aptitud para la aplicación aérea (topografía, forma, vecindad, tamaño, etc.) y una elevada probabilidad de disponerlos en condiciones adecuadas para efectuar la cosecha dentro del POC (condiciones de piso, etc.).

En *cañaverales a renovar*, el nivel de exigencia disminuye en cuanto al tema varietal y al nivel productivo.

Aplicación de los maduradores

Al efecto de organizar las aplicaciones, conviene conocer las características diferenciales y complementarias de los maduradores difundidos para su empleo comercial, en especial res-

pecto de la respuesta de cada cultivar según épocas de aplicación, producto y dosis más adecuada en cada época, Período Óptimo de Cosecha (inicio, duración total y de máxima respuesta), efecto en el rendimiento cultural y en la calidad fabril cuando se excede el POC, y limitaciones de aplicación (selectividad del madurador, deriva a cultivos vecinos, etc.).

Control de las aplicaciones aéreas

- Volumen de aplicación para un buen mojado: 10-40 litros de agua/ha.
- Calibración inicial del avión: conocer la faja de aplicación, homogeneidad de distribución de gotas y número de gotas/cm² que llegan al blanco: 20-30 gotas/cm².
- Utilizar tarjetas hidrosensibles. Efectuar controles periódicos de la calibración para asegurar la calidad de las aplicaciones.
- Antes de la aplicación considerar el entorno del área de aplicación y prevenir problemas.
- Distancia adecuada de protección: para glifosato dejar 500 m cuando en la vecindad se detecten cultivos sensibles.
- Condiciones ambientales durante la aplicación: no pulverizar con temperatura ambiente mayor de 30°C, humedad relativa menor del 50% (alta evaporación) y vientos que superen los 10-15 km/hora.
- Evitar fajas de sobreaplicación y cortar la descarga del producto a tiempo.

Aspectos a considerar luego de la aplicación y durante la cosecha

Control de las tareas durante la cosecha: Nivel de despuntado

En el caso de emplear el glifosato resulta conveniente, previo a la cosecha, realizar un control de los lotes tratados para determinar el punto óptimo de despuntado, recordando que la altura debe ser definida por la calidad de los entrenudos apicales (brix superior a 12-13%).

El síntoma típico de la aplicación de glifosato es el acortamiento de los entrenudos apicales sin efecto necrótico (Figura 2).

La aplicación del cletodim, fluazifop y halo-xifop provoca normalmente la aparición de un anillo necrótico oscuro, seco y bien definido (Figura 3), generalmente formado en el punto natural de quiebre, porción que luego de cuatro a seis semanas muere y puede observarse el



Figura 2: Acortamiento de entrenudos. Síntoma causado por la aplicación de glifosato.



Figura 3: Anillo necrótico. Síntoma causado por la aplicación de graminicidas.

desprendimiento del sector apical del tallo, provocando un despuntado químico, lo que facilita esta práctica.

Las aplicaciones de graminicidas pueden provocar pérdidas significativas de peso, al bajar el anillo necrótico, y de azúcar/tallo a partir de la 11ª semana post-tratamiento, por lo que no debe retrasarse la cosecha más allá de ese período.

Recomendaciones para el empleo eficiente de los maduradores

Épocas de aplicación

- **Aplicaciones Tempranas:** 3ª década de Marzo - 1º de Abril. Máximas respuestas a los maduradores en la mayoría de los cultivos (mayores a 0,5 puntos de rendimiento fabril).
- **Aplicaciones Intermedias:** 2ª y 3ª década de

Abril. Niveles de respuesta generalmente menores a los de los tratamientos tempranos, pero son importantes y rentables (> a 0,4 puntos de rendimiento fabril).

- **Aplicaciones Tardías:** 1ª década de Mayo. Niveles de respuesta bajos (0,2-0,4 puntos de rendimiento fabril), pero aún rentables, sumado a los efectos adicionales que provocan los maduradores.
- **Aplicaciones muy Tardías:** mediados de Mayo en adelante. No se recomiendan normalmente ya que resultan ineficientes y no rentables, aunque se puede observar sintomatología.

Variedades

- **De maduración temprana**

LCP 85-384

Aplicaciones tempranas: glifosato: 0,22 L i.a./ha (450 cm³ p.c./ha); cletodim: 60 g i.a./ha; fluazifop: 25 g i.a./ha y haloxifop: 30 g i.a./ha.

Aplicaciones intermedias: glifosato: 0,29 L i.a./ha; cletodim: 72 g i.a./ha; fluazifop: 45 g i.a./ha y haloxifop: 35 g i.a./ha.

Aplicaciones tardías: glifosato: 0,29 L i.a./ha (600 cm³ p.c./ha); cletodim: 96 g i.a./ha y fluazifop: 45 g i.a./ha.

CP 65 357

Aplicaciones tempranas: glifosato: 0,22 L i.a./ha (en cañaverales que serán descepa-dos y renovados, hasta 0,33 L i.a./ha o 700 cm³ p.c./ha.); cletodim: 60 g i.a./ha; fluazifop: 45 g i.a./ha y haloxifop: 30 g i.a./ha.

Aplicaciones intermedias: glifosato: 0,29 L i.a./ha (hasta 0,43 L i.a./ha o 900 cm³ p.c./ha si va a renovación); cletodim: 72 g i.a./ha; fluazifop: 45 g i.a./ha y haloxifop: 35 g i.a./ha.

Aplicaciones tardías: glifosato: 0,29 L i.a./ha (llegando hasta los 0,48 L i.a./ha o 1000 cm³ p.c./ha en cañaverales a renovar); cletodim: 96 g i.a./ha y fluazifop: 50 g i.a./ha.

RA 87-3

En aplicaciones tempranas e intermedias, las mejores respuestas se logran con glifosato a 0,22 y 0,29 L i.a./ha respectivamente. El uso del haloxifop debe realizarse con suma precaución, si no se respeta el POC, se puede producir una pudrición por debajo del anillo necrótico y pérdida de peso por tallo.

En la época tardía las respuestas fueron favorables para glifosato a 0,29 L i.a./ha. y cletodim a 96 g i.a./ha.

- **De maduración intermedia**

TUC 77-42

El empleo de cletodim es lo más recomendable ya que mejora sustancialmente la respuesta respecto de lo esperable con los otros madurantes.

Aplicaciones tempranas: cletodim: 72 g i.a./ha. El período óptimo de cosecha se inicia más temprano y tiene menor duración. Puede iniciarse la cosecha a partir de la cuarta semana y no retrasarse más de la décima semana. Usando glifosato, se obtienen bajas respuestas pero rentables, con dosis de 0,29 L i.a./ha. Con fluazifop se recomiendan dosis de 25 g i.a./ha, con este producto se obtienen mejores resultados que con glifosato, pero no llega a superar los resultados obtenidos con cletodim.

Aplicaciones intermedias y tardías: cletodim: 96 g i.a./ha; fluazifop: 45 a 50 g i.a./ha. Si se emplea glifosato, usar 0,29 L i.a./ha.

En aplicaciones de haloxifop, las mejores respuestas se obtienen cuando éstas se realizan en época temprana (hasta la 1ª década de abril), luego se reduce la eficacia del producto y las respuestas son mínimas y poco consistentes.

MADURACIÓN QUÍMICA EN CAÑA CAÍDA

En un cañaveral volcado o caído (Figura 4) se registran típicamente los siguientes problemas

Problemas en la Maduración

- **Reinicio del crecimiento de los tallos:** estos tienden a retomar la posición erecta, esto es especialmente importante y notable en la porción apical o más joven de los tallos, provocando deformaciones y un despunte mucho más importante que en la caña erecta. La magnitud del problema depende de la fecha de vuelco y de las condiciones ambientales posteriores. Con el transcurso del tiempo (en general, de agosto en adelante y asociado con el aumento de las temperaturas), se observarán también problemas de brotación de las yemas laterales de la caña, la formación de raíces especialmente en los nudos del tallo en contacto con el



Figura 4: Cañaveral caído.

suelo y la aparición de chupones. Además y desde temprano, se pueden verificar pérdidas de peso de los tallos y por ende una disminución del rendimiento cultural.

- **Retraso de la maduración:** asociado a los procesos señalados, se registra un retraso de la maduración e incluso en el tiempo, se puede observar un aumento del Brix% (sólidos solubles totales) asociado al aumento de azúcares reductores y otras sustancias solubles, pero con una progresiva disminución del contenido de azúcar (Pol% y Pureza%). Esto es especialmente evidente a partir de los 45 a 60 días desde el vuelco del cañaveral. La velocidad de ocurrencia e intensidad de los daños señalados dependen de la magnitud y severidad del vuelco, de la fecha de ocurrencia y de las variedades afectadas.

Problemas en la cosecha

- **Mayores dificultades operativas:** menor velocidad de avance de la cosechadora, mayor dificultad para abrir melgas, mayor dificultad para seguir la línea del surco.
- **Mayores pérdidas de materia prima en campo:** por el pisoteo de la caña caída, dificultades de la cosechadora para levantar toda la caña, imposibilidad del despuntado, especialmente en caso de que el vuelco fuera muy severo.
- **Elevados contenidos de trash:** debido especialmente al deficiente o nulo despuntado. Este problema se agudiza con el transcurso de la zafra, por la aparición de chupones (Figura 5) y brotes de yemas laterales.



Figura 5: Chupones en caña caída.

Uso de maduradores químicos

El uso de maduradores químicos en estas condiciones de caña caída es una alternativa de manejo capaz de minimizar algunos de los problemas citados. Su empleo permite:

- Detener el crecimiento (reducir las deformaciones y la incidencia excesiva del despunte).
- Mejorar el contenido de azúcar (aunque con una respuesta menor que en cañaverales erectos), por lo que minimiza el retraso de la maduración.
- Demorar la reducción progresiva del contenido sacarino (Pol% y rendimiento fabril).
- Inducir y acelerar el envejecimiento y muerte del follaje, facilitando su eliminación mecánica (cosecha integral) o mediante el fuego (cosecha semimecánica).
- Disminuir el contenido de trash, especialmente los graminicidas, por el desecamiento

del follaje y el despuntado químico.

En cuanto a la elección de los maduradores, dosis y épocas de aplicación, se deben aplicar los mismos criterios y recomendaciones técnicas señaladas para cañaverales erectos.

Aspectos a tener en cuenta

Resulta importante destacar que para efectuar los tratamientos de cañaverales caídos, debería esperarse a que éstos vuelvan a levantar su follaje, es decir que no estén aún arrastrados, para que las hojas verdes estén bien expuestas y en condiciones de recibir eficazmente la pulverización aérea. Esto puede provocar cierta demora en la realización de los tratamientos, pero resulta importante para asegurar el éxito de las aplicaciones.

No resulta recomendable tratar con maduradores aquellos cañaverales caídos cuya cosecha no sea factible o previsible de efectuar hasta fines de julio, ya que se pueden registrar efectos contraproducentes y con mayores daños en la producción de caña, contenido de trash y calidad fabril a los que ocurren en un lote volcado no tratado.

Estos efectos adversos se relacionan a que la detención del crecimiento y muerte del brote guía del cañaveral madurado, se asocia de manera intensa con la ruptura de dominancia apical, lo cual con la ocurrencia de temperaturas más altas, (eventos típicos a fines de julio y durante agosto y más frecuentes en septiembre) que provoca una profusa brotación de las yemas laterales y la generación de raíces en los nudos de los tallos. Esta situación determina un deterioro más intenso de la calidad de los jugos.

La implementación coordinada de un programa de manejo de la maduración química permitirá anticipar el inicio de la zafra, maximizar la recuperación de azúcar, elevando y estabilizando el contenido de sacarosa de los cultivares, sin deteriorar su capacidad productiva luego de la aplicación y en el ciclo siguiente. Además, los maduradores mejoran la eficiencia global de la cosecha al disminuir el contenido de trash que llega a fábrica.

Todos estos efectos, sumado al bajo costo de aplicación, permiten incrementar los ingresos de la actividad agroindustrial.

CAPÍTULO 15 |

MEJORA DE LA CALIDAD DE LA MATERIA PRIMA

Autores

M. Javier Tonatto

Eduardo R. Romero

M. Fernanda Leggio Neme

Patricia A. Digonzelli

Sergio D. Casen

Juan A. Giardina

Luis G. P. Alonso

Jorge Scandaliaris

Juan Fernández de Ullivarri



MEJORA DE LA CALIDAD DE LA MATERIA PRIMA

INTRODUCCIÓN

Una estrategia para concretar incrementos en la productividad de la agroindustria azucarera es la que ofrece la mejora de la calidad de la materia prima. Esta debe constituir un objetivo prioritario y un compromiso de todos los sectores involucrados en esta actividad.

Mejorar la calidad de la materia prima en el campo implica lograr el máximo contenido de azúcar posible en cada condición, definiendo a su vez una mayor recuperación de azúcar en el proceso industrial, reduciendo los costos y mejorando la calidad del producto final.

Es necesario entonces, analizar los distintos factores que afectan la calidad de la materia prima y proponer distintas estrategias que posibiliten incrementar los niveles actuales de recuperación de azúcar.

LA CALIDAD DE LA MATERIA PRIMA

La calidad de la materia prima se reconoce al término de su procesamiento industrial por la cantidad de azúcar que se recupera por tonelada de caña molida (rendimiento fabril).

Una materia prima de óptima calidad será aquella que se caracterice por un alto contenido de sacarosa, un bajo contenido de materias extrañas y de sustancias solubles no-sacarosa y por un nivel adecuado de fibra, asegurando un

máximo rendimiento fabril y la mejor calidad del azúcar obtenida, resultando en una mejor eficiencia y rentabilidad, tanto de la fábrica como del productor cañero (Figura 1).

Es muy importante entender que el resultado final del proceso agroindustrial azucarero, expresado como el rendimiento y la calidad de los productos obtenidos, depende del azúcar acumulado en la caña durante su crecimiento y maduración, de la calidad de la materia prima que se entrega y de la producción eficiente del proceso fabril, considerando de manera especial la cantidad de las sustancias no-azúcares que la acompañan al momento de su molienda.

ALTERNATIVAS PARA OPTIMIZAR LA CALIDAD DE LA MATERIA PRIMA.

Se pueden señalar dos grandes caminos para mejorar la calidad de la materia prima:

1. Minimizar las pérdidas de azúcar trabajando en:

- Mejorar la eficiencia de la cosecha.
- Disminuir las pérdidas de materia prima.
- Reducir el trash.
- Minimizar el estacionamiento.
- Evitar la quema.
- Disminuir los daños por heladas.

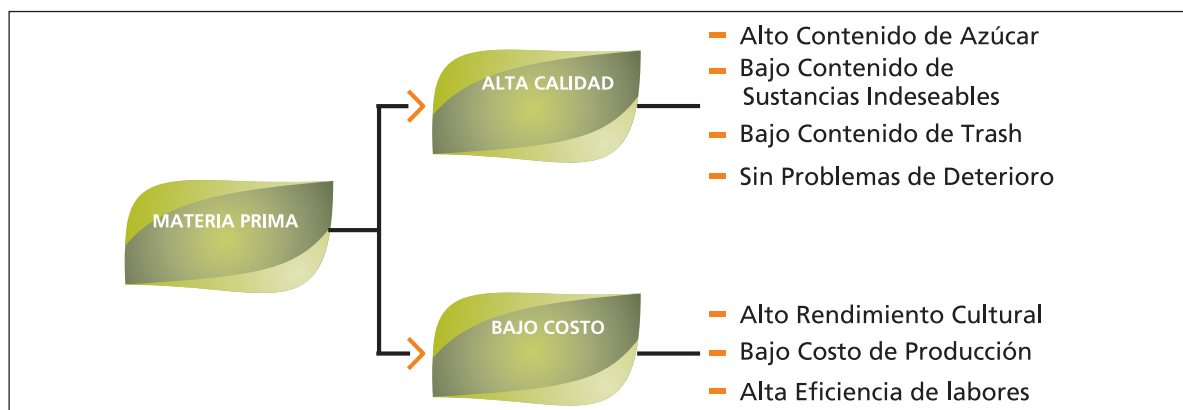


Figura 1: Características de la materia prima de óptima calidad.

2. Maximizar el contenido de azúcar:

- Incorporando Nuevas variedades.
- Mejorando la distribución de las variedades disponibles.
- Definiendo un adecuado plan de cosecha.
- Optimizando la plantación y el manejo del cultivo.
- Incorporando la maduración química.

COMPOSICIÓN QUÍMICA Y SU RELACIÓN CON EL PROCESO INDUSTRIAL

Los tallos de caña de azúcar están constituidos por jugo y fibra (formada principalmente por celulosa). El jugo está compuesto por agua y por los sólidos solubles (sacarosa y otros constituyentes) cuyo contenido se mide por el *Brix* (expresado en porcentaje del jugo). El contenido aparente de sacarosa (azúcar comercial), expresado como un porcentaje del jugo y determinado mediante un método polarimétrico, se denomina *Pol% jugo*. La razón porcentual entre el *Pol* y el *Brix* del jugo se conoce como *Pureza%*.

En el jugo existen otros compuestos solubles orgánicos e inorgánicos, como ácidos orgánicos, nutrientes minerales, azúcares reductores, oligo-

sacáridos, polisacáridos, colorantes, proteínas y otros, diferentes de la sacarosa, que se denominan usualmente *No-Pol* o *No-sacarosa*, los cuales resultan de la diferencia entre el *Brix* y el *Pol*.

En la Figura 2 se resume la composición química típica de un tallo molible (apto para molienda) y de un tallo inmaduro o de sus porciones no molibles (no apto).

La cantidad de sustancias no-sacarosa generadas por falta de maduración de la caña o por condiciones de deterioro (quemadura, estacionamiento, heladas, etc.), afectan en distintas etapas el proceso fabril, reduciendo la recuperación de azúcar.

FACTORES QUE AFECTAN LA RECUPERACIÓN DE AZÚCAR Y CÓMO OPTIMIZARLA

En la zafra, durante la cosecha, transporte y recepción de la caña en el ingenio, ocurren significativas pérdidas de azúcar, las que deben ser disminuidas para incrementar la recuperación del azúcar formada en el campo, reduciendo los costos y mejorando la eficiencia global del proceso.

La Figura 3 esquematiza los principales factores que inducen pérdidas de azúcar.

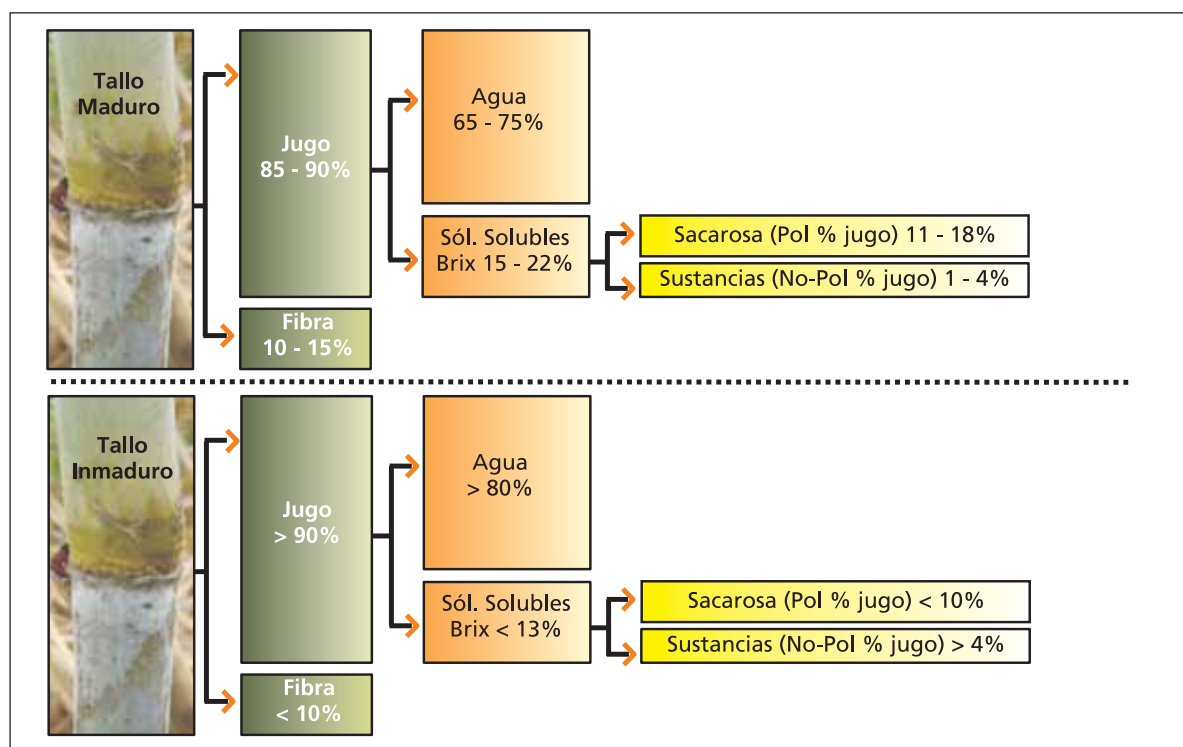


Figura 2: Composición química típica de tallos molibles maduros e inmaduros.

1- Programación de la Cosecha

El volumen de la materia prima disponible en cada explotación está prácticamente definido al inicio de zafra (mayo), en cambio el contenido de azúcar tiene una evolución particular según las condiciones agroecológicas de cada región, la variedad y edad del cañaveral, el manejo cultural, el estado de crecimiento, etc.

Debe programarse la cosecha de manera tal que cada lote sea cosechado con su máximo contenido de sacarosa.

2- Durante la Cosecha

a) Pérdidas de materia prima

Un cañaveral puede ver disminuida su producción de caña de azúcar después de la cosecha debido a las pérdidas de materia prima que ocurren a lo largo de las labores involucradas en la cosecha.

Cosecha semimecánica:

Ocurren distintas pérdidas de materia prima estrechamente relacionadas con la complejidad del sistema (mayor número de labores y frecuentes desajustes), con su calidad de ejecución (corte, apilado) y las tareas de limpieza empleadas (generalmente quema del cañaveral).

Se deben llevar a cabo frecuentes controles de la adecuada realización y coordinación de las distintas etapas involucradas.

Las principales pérdidas de materia prima en cosecha semimecánica son:

- *Escape y/o pisoteo de las máquinas.*
- *Mal despuntado.*
- *Pérdida de caña durante la tarea de carga.*

Las pérdidas no deben superar el 2,0 al 2,5%

Cosecha integral:

Durante la cosecha integral ocurren además, pérdidas invisibles como trozos de tallos muy dañados, finamente picados, pérdidas de jugo por rajaduras en los tallos y/o pisoteo de las máquinas, las cuales no resultan fáciles de evaluar. Las principales pérdidas en cosecha integral son:

- *Despuntado demasiado bajo.*
- *Corte basal alto.*
- *Escape y/o pisoteo de tallos enteros.*
- *Pérdida de trozos por el extractor.*
- *Pérdida de caña durante la carga.*

Las pérdidas no deben superar el 2,0 al 2,5%

A fin de optimizar la eficiencia de la cosecha integral, será conveniente considerar aspectos relacionados con el estado del cañaveral y con la calidad de la operación de las distintas funciones de la cosechadora a fin de minimizar las pérdidas de materia prima. Se



Figura 3: Factores que provocan pérdidas de azúcar en las distintas etapas de la cosecha y el proceso fabril.

debe controlar con frecuencia:

- **Estado de las cuchillas de corte.**
- **Estado de las cuchillas troceadoras.**
- **Altura del despuntado.**
- **Estado del despuntador.**
- **Estado de las paletas del ventilador.**
- **Velocidad de los extractores 1° y 2°.**
- **Velocidad de avance de la cosechadora (mantener entre 4,5 y 5 km/h para buenos cañaverales)**

Otro factor a tener en cuenta es el estado del cañaveral, particularmente importante cuando se registran vuelcos. En este caso se registra:

- **Retraso de la maduración.**
- **Mayor grado de afección por heladas.**
- **Reactivación del crecimiento de los tallos.**
- **Dificultades operativas para la cosecha.**
- **Mayores pérdidas de materia prima.**
- **Imposibilidad de despuntar.**
- **Elevados contenidos de trash.**

Además, el tránsito excesivo de equipos durante la cosecha provoca:

- **Compactación del suelo.**
- **Menor capacidad de infiltración de agua en el suelo.**
- **Pisoteo de surcos y daño en cepas.**
- **Demoras y fallas en la brotación.**

b) Contenido de Materias Extrañas (Trash)

Las *materias extrañas* (comúnmente llamadas "trash") que acompañan a la caña cosechada, se definen como todo material no molible (vegetal o mineral) que acompaña a los tallos maduros aptos para la molienda.

El incremento de materia extraña en la caña cosechada provoca una importante disminución de la calidad de la materia prima, asociado a una reducción en la pureza de los jugos, un aumento de los azúcares reductores, oligo y polisacáridos y del contenido de fibra, lo que genera una reducción en la capacidad de extracción y la reducción del Pol% caña entre otros. También debemos considerar incrementos en los costos de la carga y del transporte

(carga y flete falso), reduciendo la capacidad de transporte y molienda del ingenio y prolongándose la duración de la zafra.

En la Tabla 1 se observa que la tierra es el componente más importante del trash por la magnitud de los efectos negativos que genera durante el proceso de fabricación, destacándose pérdidas de azúcar mayores al 1% por punto de incremento del contenido de tierra.

Tabla 1: Pérdidas de azúcar originadas por los distintos componentes del trash.

Componentes del Trash	Pérdidas de Azúcar por cada 1% de Trash
Tierra	1%
Despunte (tallo inmaduro y hojas jóvenes)	0,80%
Hojas secas	0,60%
Hojas verdes	0,30%

Además, disminuye el poder calorífico del bagazo, se producen mayores desgastes en trapiche, calderas y bombas y un mayor consumo de productos químicos.

El despunte es otro de sus componentes que genera importantes pérdidas de azúcar, afectando el proceso industrial además de los efectos en la cosecha, transporte y capacidad de molienda (Figura 4). Cada uno de los constituyentes del despunte aportan sustancias no-sacarosa que afectan el proceso fabril y la calidad final del azúcar obtenida. Las hojas y vainas se caracterizan por un elevado contenido de fibra, de almidón y de humedad. Los entrenudos inmaduros, además de tener un bajo contenido de sacarosa, se caracterizan por un alto contenido de humedad, de azúcares reductores, oligosacáridos y cenizas.

Para un despuntado correcto hay que tener en cuenta

- Uniformidad del lote.
- Cañaveral caído o en pie.
- Ocurrencia de heladas y su severidad

La altura del despuntado debería efectuarse en el entrenudo con lecturas de Brix de alrededor de 12%.

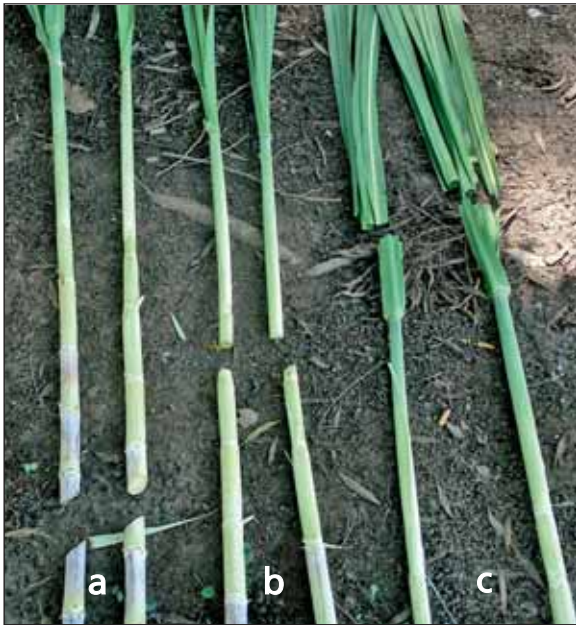


Figura 4: Distintas alturas de despuntado. Excesivo (a); adecuado (b) e insuficiente (c)

Con valores menores a éstos, se afecta la recuperación de sacarosa en fábrica. La eliminación de los entrenudos inmaduros (normalmente 2-3 entrenudos con Brix < 12-13%), no significa más de un 4-5% de pérdida de peso por tallo, lo que se compensa por la ganancia en calidad fabril del tallo molible.

Dentro del manejo del despuntado, debe considerarse el uso de maduradores químicos, ya que permitirá la maduración temprana de los entrenudos apicales, incrementando la proporción de tallos molibles y disminuyendo el trash, tanto en cañaverales en pie como en aquellos caídos.

3- Período post-cosecha - Factores de Deterioro

a) Estacionamiento

Las pérdidas asociadas al estacionamiento de la caña tanto en el campo, durante el transporte y/o en el canchón, se manifiestan a través de los siguientes procesos:

- Disminución del peso de los tallos por deshidratación.
 - Disminución del rendimiento fabril por menor calidad.
 - En conjunto generan importantes pérdidas de azúcar por tonelada de caña.
- La magnitud de estas pérdidas está fuerte-

mente influenciada por la temperatura ambiente que acelera los procesos degradativos (Tabla 2).

Tabla 2: Pérdidas semanales de azúcar (kg azúcar/ha) por efecto del estacionamiento en campo para los meses de julio a octubre.

Pérdidas de Azúcar por Semana (caña entera sin quemar)	
Mes	Kg azúcar/ha
Julio	400
Agosto	700
Septiembre	700
Octubre	2160

b) Quema

La quema de la caña de azúcar es una práctica todavía utilizada que permite eliminar el follaje durante la cosecha y disminuir los niveles de trash tanto en pie como después de ser cortada, aumentando la eficiencia de la labor y reduciendo los costos.

Pero, como consecuencia de esta práctica, asociada a caña helada o a caña estacionada, ocurren significativas pérdidas de azúcar que intensifican el deterioro de la materia prima (Figura 5 y Tabla 3).

Además, asociado al impacto ambiental y social negativo que genera su empleo, y conforme a la ley recientemente reglamentada, deberá eliminarse el uso del fuego como herramienta durante la cosecha, cuando se emplean máquinas integrales. Están exceptuados de esta norma los pequeños productores que utilizan el sistema semimecánico de cosecha.



Figura 5: Pérdidas de azúcar cristalizada por efecto de la quema de los cañaverales.

Tabla 3: Pérdidas % de azúcar en caña quemada y sin quemar derivadas del estacionamiento semanal en distintas épocas de cosecha.

Pérdidas de Azúcar %		
Mes	Sin Quemar	Quemada
Julio	9,7	12,3
Agosto	13,4	15,7
Octubre	17,5	29,7

CONTROL DE LA COSECHA

Para lograr mejoras significativas en la calidad de la materia prima y en la eficiencia de la cosecha, es imprescindible realizar adecuados y frecuentes controles de calidad.

Monitoreo de las Pérdidas de Materia Prima (P.M.P)

A fin de estimarlas, se debe:

1. Marcar en una diagonal en el lote, tres parcelas de cinco surcos y 10 m de longitud (80 m²) (Figura 6).
2. Recoger, clasificar y pesar el material moli- ble, discriminando: tallos molibles, enteros y troceados, tallos y/o porciones dañadas, tocones y despunte excesivo (Figura 7).

Para estimar las pérdidas de materia prima, se utilizan las siguientes fórmulas:

$$\text{Peso P.M.P./ha} = \frac{\text{Peso P.M.P. (Total de las 3 parcelas)} \times 1.5}{\text{Área tres parcelas (240 m}^2\text{)}}$$

$$\text{P.M.P. \%} = \frac{\text{Peso P.M.P./ha}}{\text{Rendimiento Cultural/ha}}$$

Umbral de pérdidas de materia prima para una cosecha eficiente: Menores al 2,5%.



Figura 6: Parcela de cinco surcos de 10 m.



Figura 7: Parcela marcada con el correspondiente material clasificado.

Estimación del Contenido de Materias Extrañas (Trash)

A fin de efectuar un control frecuente del contenido de materias extrañas que acompaña a la caña cosechada durante la evolución de la zafra, se propone la siguiente metodología:

- Tomar al azar, tres muestras de 25 kg de caña cosechada durante la carga. Luego, volcar el material muestreado sobre una lona, separar y pesar:
- Tallos molibles.
- Materia extraña: hojas verdes y secas, porciones inmaduras de tallo, malezas, tierra y otros.

$$\text{Trash (\%)} = \frac{\text{Peso del Trash (3 muestras)}}{\text{Peso total (75kg)}}$$

Tolerancia:
Menor al 6-7% en cosecha integral.
Menor al 4% en cosecha semimecánica.

Es imprescindible comprender que la mejora de la calidad es un compromiso de todos, donde todos los sectores del proceso productivo deben estar involucrados ya que no se lograrán mejoras sustanciales si no se realizan frecuentes y efectivos controles de calidad.

CAPÍTULO 16 |

HELADAS
Efecto sobre los cañaverales y
alternativas de manejo

Autores

Eduardo R. Romero

Patricia A. Digonzelli

M. Javier Tonatto

Jorge Scandaliaris

Juan Fernández de Ullivarri

Juan A. Giardina

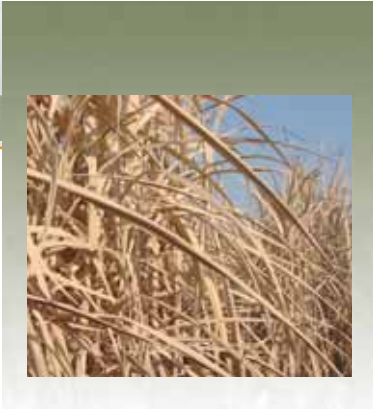
Luis G. P. Alonso

M. Fernanda Leggio Neme

Sergio D. Casen

HELADAS

Efecto sobre los cañaverales y alternativas de manejo



INTRODUCCIÓN

Un importante factor para definir la aptitud de una región para la implantación de los cultivos es su régimen térmico, prestando especial atención a la ocurrencia de heladas. Este fenómeno se produce cuando la temperatura del aire desciende a valores suficientemente bajos como para producir daño o muerte en los tejidos vegetales.

Desde el punto de vista meteorológico, se considera la ocurrencia de heladas cuando la temperatura del aire, registrada en el abrigo (es decir a 1,5 metros sobre el nivel del suelo) es de 0°C o menos. Sin embargo, la temperatura de la superficie del suelo puede llegar a ser 3 a 4°C menor que la registrada en el abrigo meteorológico.

Por su parte, las heladas agrícolas o agronómicas ocurren cuando los descensos de temperatura producen daño en los vegetales y se registran en termómetros a la intemperie; estos valores pueden estar por encima de 0°C, como sucede en el caso de los cultivos tropicales.

Como se observa en la Tabla 1, la mayor parte del área cañera de Tucumán está expuesta a la ocurrencia de heladas, de distinta severidad, que ocasionan un efecto adverso sobre la

producción de azúcar.

En zafas anteriores, éste fenómeno llegó a provocar pérdidas de hasta un 25% de la producción de azúcar, que se debieron a la reducción de la cantidad y principalmente de la calidad de la materia prima y a las dificultades en la recuperación fabril de azúcar. Además, limitaron la disponibilidad de caña semilla apta para realizar las renovaciones.

EFFECTO DE LAS BAJAS TEMPERATURAS SOBRE LA CAÑA DE AZÚCAR

Los efectos de las bajas temperaturas sobre el cañaveral son variables, y dependen principalmente de la intensidad y duración de las heladas, de la localización de los lotes, de la variedad implantada, del nivel de crecimiento y producción y del grado de vuelco. Resultan con daños de mayor importancia, los cañaverales ubicados en el este del área productora (generalmente afectada por heladas más severas), los lotes implantados con variedades más sensibles al frío, los de menor nivel productivo y los cañaverales caídos.

En la Figura 1 se muestran los efectos provocados según la severidad de las heladas en los cañaverales.

Tabla 1: Estadísticas climatológicas de algunas localidades pertenecientes al área cañera de Tucumán.

		Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept.
Famailá	T° min. Media (°C)	15,3	10,5	6,4	5,5	7,2	9,3
	T° min. Absoluta (°C)	3,3	-0,1	-2,1	-4,0	-1,9	-0,1
	Frecuencia de heladas (N°)	0	0,1	2,0	3,0	1,0	0,2
El Colmenar	T° min. Media (°C)	14,6	11,4	7,8	6,4	8,1	10,9
	T° min. Absoluta (°C)	2,8	1,0	-2,8	-3,0	-2,8	-0,4
	Frecuencia de heladas (N°)	0	0	0,2	1,2	0,2	0
Cevil Pozo	T° min. Media (°C)	15,1	11,0	7,6	6,8	8,6	10,6
	T° min. Absoluta (°C)	3,9	0,2	-1,0	-2,2	-0,7	1,4
	Frecuencia de heladas (N°)	0	0	0,3	1,0	0,2	0

Fuente: Agrometeorología EEAOC .

Helada Suave

Intensidad: 0; -2°C.

Duración: < 10 hs.

Amarillamiento del follaje.

Quemaduras localizadas.

No afecta el brote guía.



Helada Moderada

Intensidad: -2; -3,5°C.

Duración: 10-20 hs.

Follaje totalmente afectado.

Brote guía dañado.

Ennegrecimiento de tejidos.



Helada Severa

Intensidad: -3,5; -6°C.

Duración: 20-35 hs

Destrucción del follaje.

Daño en brote guía, yemas y porciones apicales del tallo (tres entrenudos)



Helada Muy Severa

Intensidad: -3,5; -6°C.

Duración: > 35 hs.

Destrucción del follaje. Daño en brote guía, y daños en más de seis yemas y entrenudos.



Figura 1: Daños ocasionados al cañaveral según la severidad de las heladas.

EFFECTOS DE LAS HELADAS EN LA CALIDAD FABRIL

Los daños ocasionados por las heladas dependen, en primera instancia, de la intensidad y duración de las sucesivas heladas registradas, influyendo marcadamente en la tasa diaria de disminución del rendimiento fabril, como se destaca en la Figura 2, lo que deter-

mina la magnitud de los efectos adversos observables.

Cabe mencionar que la magnitud final de las pérdidas de azúcar a causa de las bajas temperaturas estará condicionada por la incidencia de otros factores cuya consideración y manejo permitirán minimizar las pérdidas potenciales. Entre ellos se destacan la influencia de las con-

diciones ambientales que se registren luego de las heladas (temperatura, humedad y lluvias), el comportamiento de los cultivares comerciales (nivel de maduración, capacidad productiva, cobertura, vuelco y la tolerancia al deterioro), pero siendo de carácter decisivo la oportunidad y calidad de la cosecha de los cañaverales afectados. El impacto negativo de las heladas sobre el rendimiento fabril es una consecuencia de dos efectos importantes: el daño sobre el follaje del cañaveral y el deterioro del jugo en el período

post-helada (Figura 3). El daño en el follaje, afecta la fotosíntesis y paraliza la maduración, quedando el contenido de azúcar en el campo fijado en el nivel sacarino que alcanzó antes de la ocurrencia de las heladas.

El segundo efecto se expresa en el período posterior a las heladas, reduciéndose el contenido de sacarosa, aumentando el de las sustancias no deseables y afectando la recuperación de azúcar y su calidad.

Cuando las heladas son severas, el proceso

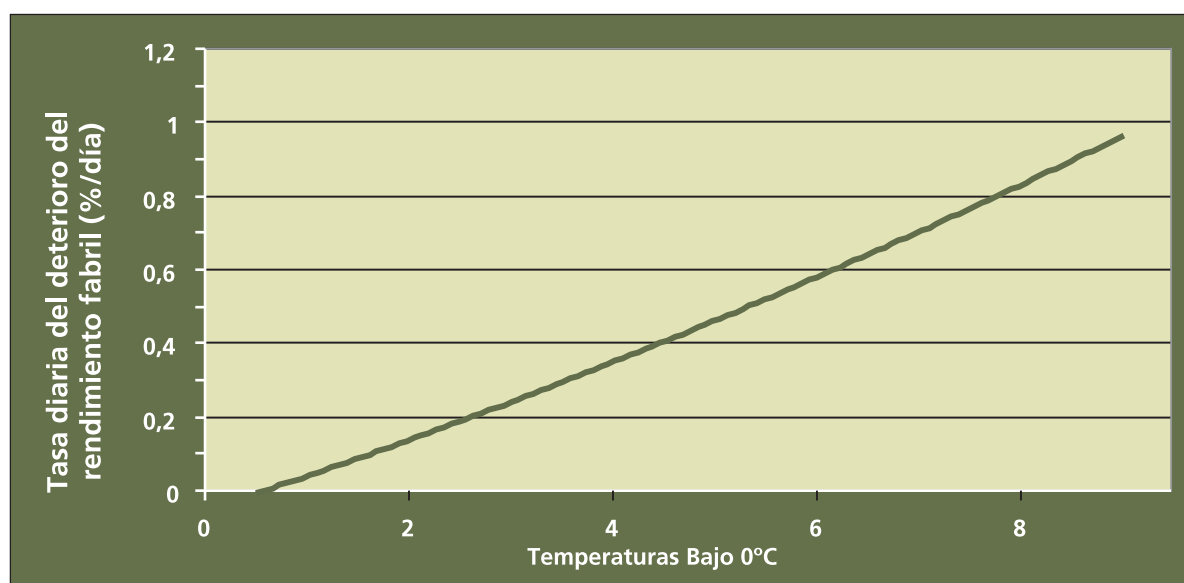


Figura 2: Relación entre la máxima intensidad de las heladas y la disminución diaria del rendimiento fabril.

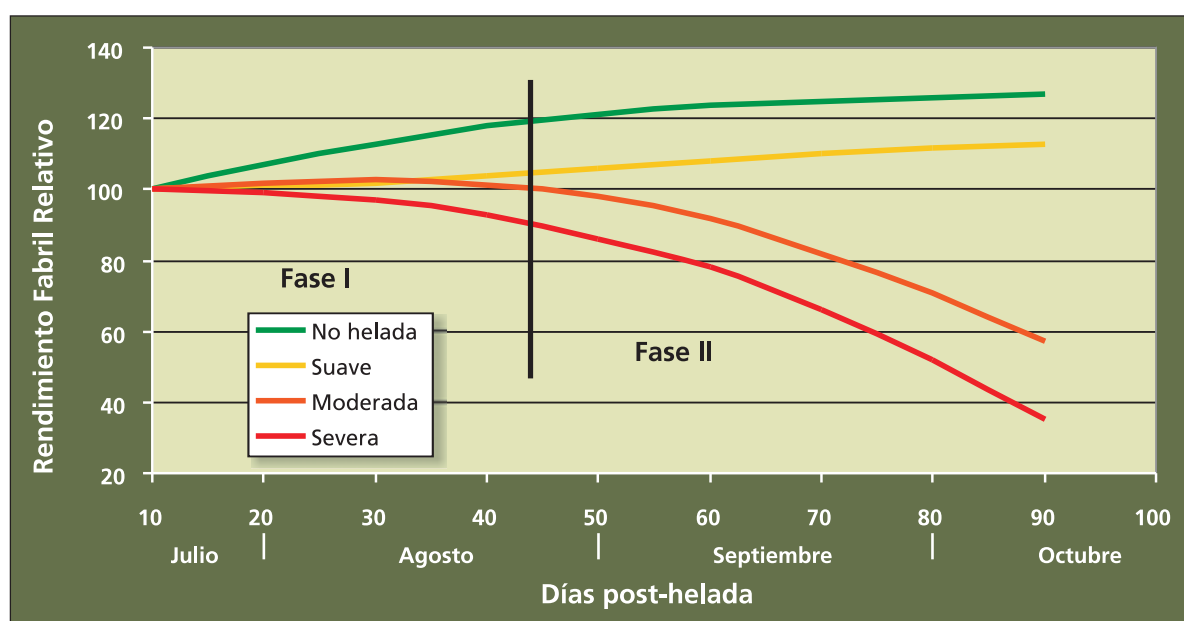


Figura 3: Efecto de heladas de diferente intensidad sobre el rendimiento fabril de la caña de azúcar.

de deterioro se inicia a los pocos días de su ocurrencia, pero hasta mediados o fines de agosto la disminución del rendimiento fabril es menor. Luego, desde fines del invierno y/o en el inicio de la primavera y asociado con el aumento de las temperaturas y lluvias, las tasas diarias de pérdida de azúcar se intensifican. Si a esta situación se agrega un manejo inadecuado de la cosecha (uso del fuego, estacionamiento, mal despuntado, etc.), el deterioro puede significar la pérdida total del valor económico de la materia prima.

A principios de octubre, el deterioro puede provocar disminuciones del rendimiento fabril, en variedades sensibles, de un 40% en heladas moderadas y un 65% en las más severas. Por esta razón, se debería priorizar la cosecha de estos cañaverales durante julio y agosto.

Los esfuerzos del sector productivo deben orientarse a minimizar las pérdidas de azúcar mediante el ordenamiento y control de las prácticas de cosecha, especialmente evitando la quema y el estacionamiento.

EFECTO DE LAS HELADAS EN LA CALIDAD DE LA CAÑA PARA SEMILLA

En los cañaverales destinados a la producción de caña semilla, los daños más significativos son la destrucción del follaje, muerte del brote guía y diferentes grados de daño a las yemas a lo largo del tallo, desde sólo las yemas superiores dañadas hasta todas las yemas del tallo afectadas.

Esta situación requiere extremar las precauciones, en el caso de querer emplear la caña como semilla para las plantaciones y/o renovaciones comerciales.

Para evitar utilizar como caña semilla tallos con yemas en malas condiciones se deben tomar una serie de medidas que permitan asegurar el éxito de las plantaciones:

- Revisar cuidadosamente la caña que se desea utilizar como semilla controlando el estado de las yemas a lo largo del tallo. Si se encuentran necrosadas (color marrón oscuro) y/o flácidas, estas yemas están muertas o son de dudosa brotación.
- En caso de que sólo las yemas apicales presenten este estado, se debe eliminar toda la porción del tallo dañada, para evitar que afecte negativamente la brotación de las otras yemas.

- Colocar en los surcos una cantidad de semilla mayor que la habitual, para subsanar posibles fallas en la brotación.
- La caña que está caída sufre en mayor medida los efectos de las heladas, ya que las temperaturas a nivel del suelo son más bajas. En este caso, las yemas que quedan en contacto con la superficie del suelo resultan más afectadas.
- El efecto de las horas con temperaturas inferiores a 0°C es acumulativo, y por lo tanto, cada nueva helada modifica y agrava la situación del cañaveral. Por ello, la evaluación del lote debe hacerse en el momento en que se decide cortar la caña para plantar.
- Cuando el semillero muestra una elevada cantidad de yemas dañadas o en dudosas condiciones (Figura 4), *no emplear este cañaveral como caña semilla.*

Siempre debemos recordar que la plantación es una operación muy costosa, por lo tanto debemos garantizar la capacidad de brotación del material que se emplea en la misma.



Figura 4: Yema de caña de azúcar afectada por las heladas. Tucumán, 2007.

Recomendaciones para el manejo preventivo de heladas en los cañaverales

Existen diversos aspectos a tener en cuenta para un manejo preventivo de cañaverales en zonas con altas probabilidades de ocurrencia de heladas. Entre ellos, es de gran relevancia la elección de las variedades a implantar, considerando su tipo madurativo y tolerancia al deterioro post-

helada. El empleo de cultivares de maduración extra temprana y temprana, permitirá lograr buenos niveles iniciales de calidad permitiendo una cosecha temprana de estos lotes.

La tolerancia varietal al deterioro de la calidad del jugo después de la helada se expresa con mayor incidencia, en las épocas más tardías de cosecha. Considerando el valor base de calidad alcanzado previo a las heladas y la tolerancia varietal al deterioro se podrá o no retrasar la época de cosecha.

Además deben incluirse técnicas de manejo (diseños de plantación, riego, fertilización, control de malezas, etc.) que aseguren elevados niveles productivos y de cobertura vegetal.

En áreas de probabilidad de heladas moderadas se pueden emplear también variedades de maduración intermedia, pero preferiblemente de alta capacidad productiva y de buena tolerancia a las heladas. En este caso, el uso de maduradores químicos es una tecnología que resulta altamente efectiva para prevenir los efectos negativos provocados por las heladas, ya que posibilita anticipar el inicio de la cosecha con un alto contenido de azúcar recuperable (ver Capítulo N° 14).

Recomendaciones para el manejo de la cosecha de cañaverales afectados por heladas

Frente a la ocurrencia de las heladas, tanto cañeros como industriales deben realizar los esfuerzos necesarios para reordenar el desarrollo de la zafra, acelerar y optimizar el ritmo de molienda y efectuar un estricto control de la cosecha, transporte y molienda con el propósito de disminuir al máximo las pérdidas de azúcar.

Se debe recordar que cada lote es una situación particular y por lo tanto, nada reemplaza al monitoreo cuidadoso para tomar la decisión más acertada. En este sentido adquiere una significativa importancia adecuar la secuencia de cosecha según el grado de afección de los cañaverales. En cuanto a los cultivares, se debe considerar su nivel madurativo actual y la tolerancia de los jugos al deterioro post-helada, especialmente orientado a establecer un orden de cosecha.

En las áreas en las que se registraron las heladas de mayor duración e intensidad es conveniente iniciar rápidamente la cosecha de las variedades más sensibles: RA 87-3 y TUCCP 77-42, luego CP 65-357 y LCP 85-384. Dentro

de cada caso, se debería priorizar la cosecha de los cañaverales de menor nivel madurativo al momento de las heladas, los de menor producción de caña y/o los que están caídos, ya que de acontecer nuevas heladas, resultarán mucho más afectados.

Respecto de la cosecha, resultará fundamental evitar, restringir y controlar al máximo la quema de los cañaverales y reducir el estacionamiento de la materia prima en el campo, durante el transporte y en la fábrica, priorizando la cosecha integral sin quema y con la menor demora posible.

La quema y el estacionamiento post-cosecha de la caña afectada por heladas intensifican las pérdidas de azúcar (se dan mayores pérdidas de peso y se acelera el deterioro de la calidad de los tallos), generando pérdidas significativas en la recuperación de sacarosa, las que son de gran magnitud en la cosecha tardía.

Las pérdidas de azúcar que provoca la quema y el estacionamiento de caña helada en las diferentes épocas de la zafra y que derivan de la interacción entre las pérdidas de peso y la disminución del rendimiento fabril se muestran en la Figura 5.

Las tasas de pérdida de azúcar son del 2,4%; 3,8% y 4,5% por día para el inicio, medio y fin de zafra, respectivamente.

Considerando que los mayores efectos negativos de las heladas se verifican en la porción superior de los tallos, por estar más expuesta y ser más sensible al frío, su eliminación mediante un despuntado más exigente, evita el procesamiento de materia prima con altos contenidos de impurezas y sustancias indeseables, componentes que afectan la recuperación fabril de azúcar y generan un producto de baja calidad.

La ejecución de un despuntado más severo en la cosecha de cañaverales afectados por heladas tiene una importancia significativa para mantener la calidad de la materia prima, al favorecer una mayor recuperación de azúcar y minimizar las pérdidas. En general, el despuntado de caña helada puede significar la eliminación de dos a cuatro canutos adicionales al nivel convencional, aunque convendrá ajustarlo en cada situación.

Por lo tanto, al momento de la cosecha conviene recordar los siguientes aspectos:

- Revisar el campo y coordinar con el ingenio la cosecha.

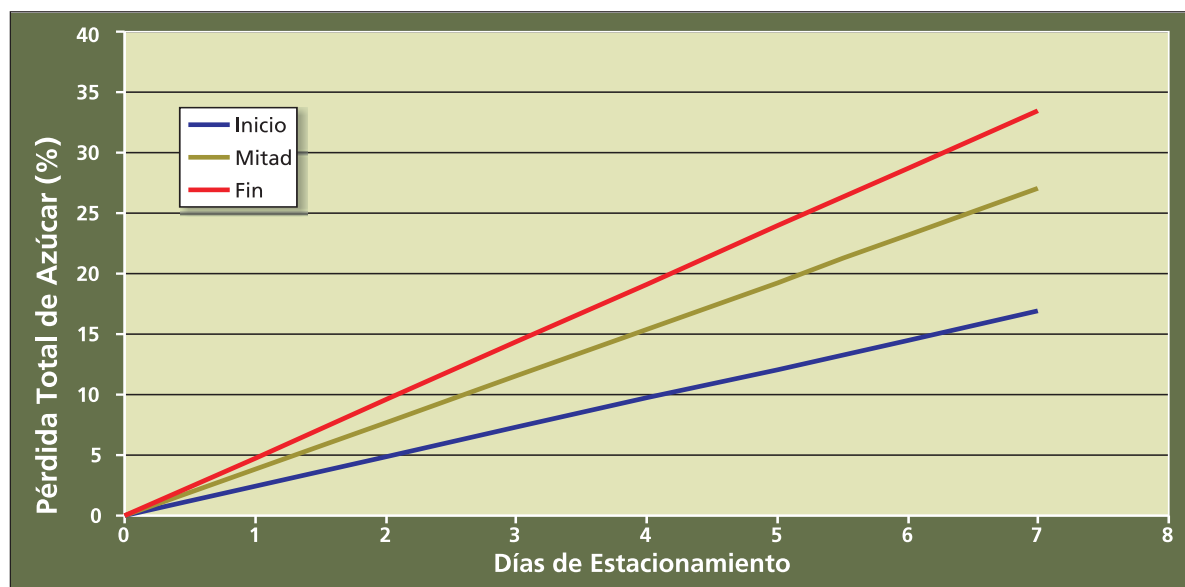


Figura 5: Pérdidas de azúcar, durante un estacionamiento de siete días, en caña afectada por heladas y quemada en tres épocas contrastantes.

- Priorizar la cosecha de los lotes más afectados.
- No apresurarse, respetar el turno y controlar la cosecha del cañaveral.
- Evite que el fuego ingrese a su cañaveral
 - Limpiar callejones y alambrados.
 - Realizar brechas cortafuegos en sus lotes y con los de sus vecinos.

En la cosecha:

- Realizar un despuntado más bajo, eliminando las porciones dañadas.
- No estacionar la caña cosechada.
- Cada día cosechar únicamente lo asignado por el ingenio, para evitar pérdidas de azúcar por demoras y estacionamiento.
- Nunca quemar caña en pie.

Si se utiliza un sistema semimecanizado:

- Controlar y cuidar la quema en el apilado.
- Solo quemar lo que se enviará a fábrica en el día.

Consideraciones finales

La ocurrencia de heladas es un fenómeno probable en el área cañera tucumana, por lo tanto deben incluirse dentro de la planificación general de la actividad azucarera. De esta manera, se podrán implementar estrategias preventivas que permitirán escapar de las heladas, o una vez ocurridas las mismas, poner rápidamente en marcha alternativas de manejo para minimizar su efecto negativo. En este aspecto, resulta fundamental la coordinación de acciones entre el sector cañero y la industria para mantener una zafra organizada, priorizando los criterios técnicos que contribuyan a reducir el impacto negativo de las bajas temperaturas.

Todos los esfuerzos que se realicen para optimizar la cosecha de los cañaverales afectados por heladas habrán evitado, al final de la zafra, la pérdida de importantes cantidades de azúcar.

CAPÍTULO 17 |

CONTROL DE CALIDAD DE LA MATERIA PRIMA

Autores

Oscar A. Diez

Patricia A. Digonzelli

Jorge Scandaliaris

Eduardo R. Romero

CONTROL DE CALIDAD DE LA MATERIA PRIMA



INTRODUCCIÓN

Los niveles de recuperación de azúcar que se obtienen en Tucumán, requieren ser mejorados permanentemente para propiciar incrementos de la rentabilidad de la agroindustria de la caña de azúcar. Las tecnologías incorporadas recientemente a los sistemas productivos de la zona cañera (variedades, sistema de cosecha, madurativos, plantación, cultivo, etc.) han permitido lograr importantes avances en la reducción de costos, en el incremento de la producción cultural y en la mejora de la calidad de la materia prima. Sin embargo, esta última, según estudios realizados por la EEAO, presenta un potencial de mejora que aún debe ser aprovechado.

Concebir al pago de la materia prima como una simple vinculación entre el precio del azúcar y el precio de la caña, sin considerar los valores de sacarosa y en el futuro próximo los de fibra, trae como consecuencia la falta de estímulo en el productor cañero para mejorar el manejo y la cosecha del cultivo y por ende afecta directamente la rentabilidad de la agroindustria.

Una forma para lograr incrementos en el rendimiento sacarino de la materia prima es establecer sistemas de medición de calidad más justos, precisos y transparentes, que permitan la reducción de los costos de cosecha y transporte, y signifiquen un incentivo que estimule al productor a enviar a la fábrica caña de mejor calidad.

Implementar un sistema de medición de calidad de caña de estas características no es sencillo y basta con advertir cómo los diferentes sistemas aplicados en los países azucareros han sido siempre motivos de controversias entre las partes.

Definir el camino para establecer un sistema de estas características exige considerar, al menos, tres aspectos:

- 1) ¿Cuál será el sistema de pago a utilizar?
- 2) ¿Cómo debe ser evaluada la caña de azúcar?
- 3) ¿Cuál debe ser la proporción del valor total que le corresponderá al cañero?

Planteado así el problema queda en claro la gran dependencia de cualquier sistema de control de calidad con el área cañera, ya que el mismo deberá estar asociado a las características de la agroindustria y del método de control factible de utilizar en las fábricas.

Algo digno de destacar, es el hecho de que nuestro país fue el primero en latinoamérica en introducir un sistema de pago de caña por análisis individual de calidad.

Con el advenimiento de la cosecha mecanizada, se comenzó a percibir la necesidad de incorporar en la valoración de la caña el contenido de fibra, a fin de corregir las desviaciones que pudiera producir el aumento de los *no azúcares* en la materia prima.

Actualmente el concepto de *Azúcar Recuperado* es el que debe primar, ya que es el que está asociado a la rentabilidad agroindustrial. Este concepto puede ser evaluado de diferentes maneras: por un lado el denominado *Método Indirecto*, que valora a partir de las determinaciones de Pol% y Pureza en el Jugo de Primera Presión, y por otro el *Método Directo* que muestrea y analiza caña, determinando, además de los valores en jugo, la Fibra% caña.

MÉTODO INDIRECTO

En este método la valoración de la calidad de la caña se realiza a través del análisis de Jugo de Primera Presión¹ (desmenuzador o masas de entrada al primer molino de fábrica) y en algunos casos, submuestras del Jugo Primario², entendiéndose a éste como el jugo de la caña sin dilución.

Este sistema presenta resultados aceptables cuando la materia prima está libre de trash y

1: **Jugo Primera Presión:** Jugo extraído por las dos primeras masas de un tandem de molienda.

2: **Jugo Primario:** El jugo extraído en molinos sin dilución con agua.

con buenas condiciones de manejo (sin deterioro). Esto implica que el sistema indirecto de control de calidad, debe ser acompañado por un buen manejo en la cosecha, el transporte y el canchón, a fin de evitar estacionamientos prolongados que provocarían errores insalvables en los resultados obtenidos.

En el Método Indirecto deben tomarse los recaudos necesarios para evitar la mezcla de caña de diferentes productores en el conductor principal del tandem de molienda. Es preferible marcar el inicio y final de la muestra a fin de hacer coincidir la extracción del jugo mientras dure el proceso de molienda de la misma. Existen sistemas de marcación automáticos que permiten acompañar a la muestra desde su posición en la mesa alimentadora hasta el primer molino.

Es conveniente tomar la muestra del jugo a lo largo de la masa del equipo de primera presión en una relación de 2 a 3 litros por tonelada de caña molida. Una submuestra perfectamente homogénea debe ser derivada al laboratorio para las determinaciones analíticas.

Una alternativa para mejorar las operaciones de toma de muestra del jugo, es un sistema constituido por un par de bombas dosificadoras, que desde un pulmón recolector envían proporcionalmente una submuestra directamente al laboratorio.

Cualquier otra forma de codificación, que permita la correcta identificación de la muestra, es mejoradora del sistema, en el sentido de garantizar la individualidad del resultado.

Determinaciones analíticas

Para la aplicación del sistema es necesario realizar dos determinaciones físico-químicas sobre el jugo muestreado:

- El contenido de Sólidos Solubles Totales % (Brix%³)
- El contenido de sacarosa aparente % (Pol%⁴). Cada una de estas determinaciones pueden realizarse de dos maneras diferen-

tes, en función de la disponibilidad de equipamiento.

Determinación de Brix%

Se efectúa por lectura en un aerómetro con escala en grados Brix a temperatura controlada, o por la determinación con refractómetro. El aerómetro (Brixómetro⁵) es un equipo de peso constante capaz de evaluar el cambio volumétrico sobre una escala calibrada, mientras que el refractómetro, es un instrumento capaz de compensar el cambio de dirección de la luz al atravesar la interfase entre dos medios. En ambos casos, debe observarse la ausencia de material en suspensión y de aire incluido, ya que inciden en el resultado final (Figura 1).



Figura 1: Determinación en laboratorio del Brix%.

Determinación de Pol% jugo

Se puede realizar sobre lectura directa de una submuestra clarificada, o aprovechando la definición del grado sacarimétrico⁶ sobre una solución de 26 gramos de jugo disuelta hasta 100 ml con agua destilada libre de materia orgánica. A su vez, cada determinación puede efectuarse con polarímetros ópticos o digitales (Figura 2).

Cuando se realiza mediante lectura directa, se utiliza el valor de Brix% para la determinación de la Pol% jugo como indicador de la densidad de la solución, a fin de conocer la

3: **Brix:** Contenido de sólidos disueltos en 100 gramos de solución.

4: **Pol:** valor del contenido aparente de sacarosa en una muestra.

5: **Brixómetro:** areómetro (densímetro) de peso constante cuya escala convierte el cambio volumétrico de la muestra en grados Brix.

6: **Grado sacarimétrico:** es el valor que resulta de dividir linealmente una escala construida entre la lectura a 546.23 nm de la rotación del plano de luz polarizada del agua (0 °S) y la de una solución de sacarosa pura de 26 gramos en 100 ml (100 °S), ambas contenidas en un tubo de 200 mm de longitud.



Figura 2: Determinación en laboratorio del Pol% jugo.

concentración de azúcar en la misma.

La utilización de equipos digitales con salidas de resultados, permite automatizar las determinaciones excluyéndolas de los errores operativos asociados.

En este método la Pol% caña se calcula indirectamente a partir de la Pol% jugo utilizando el denominado Factor Java, realizando así una estimación teórica del contenido de fibra de la caña que le quita precisión a la determinación de la Pol% caña y constituye la principal desventaja del sistema.

El sistema indirecto debe complementarse con una determinación física de la materia extraña (Trash), que acompaña a la muestra.

Determinación de la materia extraña (Trash %)

Antes del ingreso de la caña al proceso de molienda, se extrae una muestra para determinar el contenido de materias extrañas o trash que acompaña a los tallos maduros. El procedimiento consiste en pesar la muestra y luego separar en forma manual el tallo moliendo de todo aquel material que acompañe a la caña (hojas verdes y secas, despunte, porciones inmaduras del tallo, tierra, malezas, raíces, tallos deteriorados, etc.).

Cabe aclarar que se considera tallo inmaduro, a toda aquella porción del tallo que tiene una cantidad de azúcar que no justifica la molienda. Para determinar la inmadurez del tallo se fija como nivel mínimo de calidad 12 o 13% Brix. Todo entrenudo que tenga un nivel de Brix% inferior no es materia prima y por lo tanto debe formar parte del trash.

Los tallos molibles que se recuperan de la muestra son pesados y la diferencia de peso respecto al total de la muestra indica la can-

tidad de materia extraña o trash presente. La referencia de esta diferencia a 100 kg de muestra, indica el valor de Trash%.

Cálculo del Azúcar Recuperado

Los valores determinados de Brix% y Pol% en jugo son los indicadores a utilizar para el cálculo de las siguientes variables:

$$\text{Pureza\%} = \text{Pol\% jugo} \times 100 / \text{Brix\% jugo}$$

$$\text{Pol\% Caña} = \text{Pol\% jugo} \times \text{Factor de Java (Fj)}$$

$$\text{Azúcar Recuperado} = \text{Pol \% caña} \times \text{RW} \times \text{ES} \times \text{EI} \times 1/\text{Pol Azúcar}$$

Donde:

RW = Recuperación Teórica Winter.

ES = Extracción de Sacarosa.

EI = Eficiencia Industrial.

Como ya se ha mencionado, la incidencia del trash y el deterioro de la caña atentan contra la exactitud del sistema indirecto de evaluación de calidad en caña, lo que se traduce en diferencias significativas entre el azúcar ingresado a proceso y el determinado individualmente a cada productor. Para subsanar estos desfases se emplean actualmente diferentes criterios de ajuste, tanto sobre el valor del Factor Java (tomando valores diferentes en función de la época de cosecha), como correcciones de algunos de los parámetros de la ecuación de Azúcar Recuperado. Un ejemplo es la introducción de un factor que modifica el valor medido de Pureza del Jugo de Primera Presión, para ser utilizado en la Recuperación Teórica de Winter, ya que la fórmula requiere como dato la pureza del Jugo Mixto⁷ realmente extraído.

Es factible también encontrar, en algunos casos, la utilización de relaciones matemáticas entre el contenido de fibra industrial y la extracción de sacarosa y además modificaciones que ajustan la eficiencia industrial para cada intervalo de tiempo convenido, asociados al cambio de calidad por el estado madurativo de la caña de azúcar durante el período de molienda.

Estas modificaciones, como así también, la

7: **Jugo Mixto:** Es la mezcla de los jugos extraídos en el tandem de molienda y el que se envía al proceso de producción

participación de cada sector sobre el azúcar recuperado, deben ser acordadas entre los sectores involucrados.

MÉTODO DIRECTO

La característica principal de este método reside en que evalúa la calidad fabril en una muestra de caña tomada antes de la molienda.

El hecho de que se determine el porcentaje de fibra de la caña, entendiéndose a la misma como todo material insoluble en agua (fibra + trash), lo señala como un método de evaluación más confiable cuando la caña es cosechada usando sistemas semi mecanizados y/o mecanizados que incorporen una mayor cantidad de materia extraña.

La muestra se toma directamente del transporte, lo que asegura su individualidad. Además, otra ventaja es que permite liberar los equipos de tracción una vez realizado el muestreo.

Se puede señalar como desventaja que, debido al reducido tamaño de la muestra sobre la cual se realizan los análisis, tiene una menor representatividad que la muestra del sistema indirecto. Sin embargo, el número de muestreos mejora sustancialmente esta limitante, por lo que para productores medianos y grandes que envían a molienda varios equipos/día durante la zafra, los errores se compensan al final de la campaña.

Toma y preparación de la muestra

La muestra de caña a analizar se extrae mediante una sonda. La que alcanzó mayor difusión en la industria cañera es el muestreador conocido como *Core Sampler* (Figuras 3 y 4).

Esta sonda penetra en el cargamento de materia prima en forma horizontal u oblicua (generalmente 45°). En función del diámetro de la sonda se extraen muestras de 12 kg (sonda de 20,3 cm de diámetro) o 6 kg (sonda de 15,2 cm).

La muestra extraída es desfibrada y luego se separa una submuestra de 1 kg para realizar la extracción del jugo por prensado.

El equipo desfibrador empleado es de martillos, capaz de asegurar valores superiores al 90% de células abiertas, lo que permite una elevada extracción en prensa (Figuras 5 y 6).

El prensado se efectúa sobre la submuestra previamente homogeneizada y se obtienen dos productos: el jugo donde se efectuarán las determinaciones de Brix% y Pol% jugo, y un residuo fibroso que se utilizará para la determinación de Fibra% caña (Figura 7)



Figura 3: Vista general del Core Sampler.



Figura 4: Toma de muestra con el Core Sampler.



Figura 5: Equipo desfibrador.



Figura 6: Muestra después de pasar por el desfibrador.



Figura 7: Prensa hidráulica

Determinaciones analíticas

Las determinaciones básicas que requiere el Sistema de Análisis Directo son: Brix% y Pol% en jugo y Fibra% caña.

Las determinaciones en jugo pueden realizarse según las metodologías explicadas para el análisis indirecto. Sin embargo, la posibilidad del sistema de muestreo por sonda de ser totalmente automatizado hace que, en general, estos sistemas estén más asociados al uso de instrumentos digitales en los laboratorios. Esta combinación de muestreo y determinaciones analíticas automáticas, si bien requieren de inversiones iniciales mayores, evita errores operativos y disminuye los costos por mano de obra, otorgándole al sistema mayor transparencia.

La determinación de fibra en caña, en general,

se realiza mediante el uso de ecuaciones de regresión entre el peso del residuo fibroso obtenido en la operación de prensado y el valor de fibra% presente en la muestra. Estas ecuaciones muestran un buen grado de correlación cuando el material inorgánico que acompaña a la materia prima es relativamente bajo. Cuando se requiere mayor precisión se utilizan además, las determinaciones de humedad en el residuo fibroso, y en algunos casos, la determinación de material insoluble por lavados sucesivos.

Cálculo del Azúcar Recuperado:

Desde su implementación hasta nuestros días, el sistema de análisis directo fue objeto de modificaciones, con el fin de poder predecir cada vez con mayor exactitud, el azúcar posible de recuperar.

Con los valores obtenidos de Pol% jugo, Fibra% y Pureza, se calcula el azúcar Recuperado empleando diferentes fórmulas que deben ser consensuadas según las características de cada región y sistema productivo.

El método directo de control de calidad puede y debe mejorarse en función de las características regionales, dando al conjunto agroindustrial precisiones con respecto al verdadero potencial cualitativo de la materia prima, e identificando los problemas que requieren optimización.

CALIDAD DE CAÑA PARA LA ELABORACION SIMULTÁNEA DE DIFERENTES PRODUCTOS COMERCIALES.

Cuando el único producto final de valor comercial es el azúcar, los métodos directos o indirectos para determinar el azúcar recuperable, cumplen con el objetivo con diferentes grados de error.

Sin embargo, cuando el objetivo de producción cambia, como es el caso de aumentar la producción de etanol a expensas del azúcar, debe contemplarse otro sistema de evaluación de calidad de la materia prima, en función del potencial para elaborar ambos productos.

Un ejemplo actual de este tipo de modificación es el sistema de valoración de calidad de caña que se utiliza en Brasil, donde se determinan las concentraciones en Azúcares Fermentecibles Totales, por ser la base de los hidratos de carbono a partir de los cuales se realiza la elaboración dual de azúcar y etanol.

En el contexto de la crisis energética mundial

del petróleo, cultivos energéticos como la caña de azúcar muestran un potencial interesante para la generación de energía eléctrica a partir de la fibra. En la actualidad existen fábricas azucareras que han desarrollado sistemas industriales de producción de azúcar, alcohol y energía eléctrica como productos finales del proceso, emprendimientos estos que requerirán reajustes en los sistemas de valoración que midan apropiadamente la calidad de la materia prima para este tipo de producción simultánea.

La adecuada valoración de la materia prima, es la clave de optimización del proceso agroindustrial, ya que cuando se realiza en forma correcta permite identificar las pérdidas reales y abrir el camino para optimizar los procesos y mejorar la rentabilidad.

NUEVAS TECNOLOGÍAS APLICABLES

En países como Estados Unidos, Colombia, Australia y Sud África se ha incorporado el uso de comparadores analíticos para determinaciones de calidad y madurez de caña. Este nuevo equipamiento conocido como NIR, (por sus siglas en inglés de Espectroscopia de Infrarrojo Cercano), permite, mediante comparaciones del espectro generado con una base de datos previamente confeccionada, entregar resultados analíticos diversos en tiempos muy cortos.

En esencia, estos equipos utilizan ecuaciones de regresión entre el espectro generado y los valores encontrados por métodos primarios de análisis. La cantidad de datos y la calidad de los métodos primarios utilizados para la calibración, definen el error de comparación que puede lograrse.

Existen comercialmente equipos NIR para determinaciones en muestras líquidas y sólidas con detectores diferenciales para el producto a analizarse. En el caso de líquidos se utilizan los de transmitancia y en el caso de sólidos los de reflectancia (Figura 8).

Las etapas básicas de la técnica NIR son:

- **Adquisición de datos:** Lograr los espectros de las muestras.
- **Calibración:** Agregado de los resultados de los análisis logrados por los métodos primarios.
- **Validación:** Análisis estadísticos que permitan lograr las correlaciones entre los espectros y los resultados de los métodos primarios.

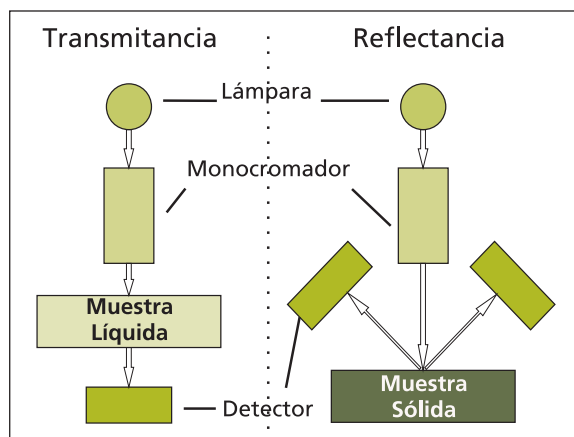


Figura 8: Esquema de equipos de infrarrojo cercano para muestras líquidas y sólidas.

- **Aplicación:** Análisis rutinarios.

Entre las ventajas de esta tecnología se puede mencionar:

- Tiempos mínimos para el análisis (menos de 1 minuto).
- Es una técnica no destructiva.
- Fácil preparación de la muestra.
- No requiere de reactivos químicos favoreciendo el cuidado del medio ambiente.
- El manejo del equipamiento es sencillo.
- Pueden determinarse simultáneamente varios constituyentes.

Entre las desventajas se pueden mencionar:

- Es una técnica secundaria (comparador), por lo que requiere de buenos análisis primarios en la etapa de calibración.
- Los procedimientos de calibración y validación demandan mucho tiempo.
- Por ser un comparador, los errores siempre serán mayores que los de los métodos primarios utilizados para generar la base de datos de comparación.

Por último, se deben considerar los mecanismos para asegurar la calidad y/o la aplicación de normas internacionales para gerenciar este tipo de actividad, ya que estos sistemas tienen como objetivo establecer las metodologías y procedimientos que se aplicarán y el control de los mismos, para asegurar la homogeneidad del sistema, brindando transparencia y conocimiento cierto de lo realizado.

Este avance permitirá generar un estado de mayor confiabilidad, que es importante para estimular condiciones de trabajo de mayor productividad en la agroindustria.

CAPÍTULO 18 |

EL EMPLEO DE SENSORES REMOTOS
Y SISTEMAS DE INFORMACIÓN
GEOGRÁFICA EN EL MANEJO DE LA
PRODUCCIÓN DE CAÑA DE AZÚCAR

Autores

Federico J. Soria

Carmina V. Fandos

Pablo Scandaliaris

EL EMPLEO DE SENSORES REMOTOS Y SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA EN EL MANEJO DE LA PRODUCCIÓN DE CAÑA DE AZÚCAR



INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas la información generada por la tecnología espacial se ha convertido en un elemento de uso diario a nivel masivo en áreas de aplicación inmediata como comunicaciones, meteorología, manejo de recursos naturales y productivos, detección de catástrofes, entre otros y de manera especial en la agricultura.

Un sensor remoto es un dispositivo que recoge energía, la convierte en una señal y la presenta en forma adecuada para obtener información sobre el medio ambiente.

Los sensores a bordo de satélites utilizados en el dominio de los recursos naturales se han ido refinando y especializando con cada nueva generación, al igual que los sistemas de procesamiento de los datos recibidos. Esto facilita los estudios de los recursos naturales en distintas escalas, desde los niveles de grandes regiones hasta los de predios individuales.

Los datos satelitales pueden ser transformados digitalmente para hacerlos comparables con la cartografía y la información de terreno y así constituir un Sistema de Información Geográfica (SIG), el cual permite el manejo de datos e información referenciada espacialmente.

En la actualidad, estas son herramientas indispensables para los estudios orientados hacia el inventario de recursos y la optimización de sus usos con distintos fines, siendo fundamentales al momento de la toma de decisiones para la planificación y ordenamiento del uso de la tierra.

ESTIMACIÓN DE PRODUCCIÓN DE CAÑA DE AZÚCAR

Desde el año 1997, la EEAOC, en cooperación con la Comisión de Actividades Espaciales (CONAE), realiza el monitoreo de los cañaverales tucumanos mediante la utilización de la información generada por imágenes satelitales. Anualmente se estima la superficie cultivada con caña de azúcar y se realiza la cuantificación

de la materia prima aprovechable para la producción de azúcar a partir de la diferenciación en tres niveles de rendimiento cultural (t/ha).

Para los trabajos de estimación se utiliza una metodología mixta basada en la aplicación de diferentes técnicas de procesamiento de imágenes satelitales y herramientas de SIG, complementadas con trabajos de validación a campo.

El detalle de la información obtenida, estadística y gráfica, es a nivel departamental lo que facilita la elaboración de diagnósticos de situación.

La información generada en los relevamientos realizados entre los años 1997 a 2008 se encuentra al servicio del productor, permitiendo al mismo una visión general de la región donde se encuentra su explotación cañera, lo que facilita la apreciación del potencial de la zona. A modo de ejemplo en la Figura 1 se aprecia la distribución geográfica por niveles de producción de la caña de azúcar en la provincia de Tucumán, en la zafra 2008.

AGRICULTURA DE PRECISIÓN

La agricultura de precisión (AP) es un concepto agronómico de gestión de parcelas agrícolas, basado en la existencia de variabilidad en campo. Requiere el uso de las tecnologías de Sistemas de Posicionamiento Global (GPS), sensores próximos y remotos, imágenes satelitales y aéreas junto con Sistemas de Información Geográfica (SIG) para estimar, evaluar y entender dichas variaciones. La información recolectada puede ser usada para evaluar con mayor precisión la densidad óptima de siembra, estimar fertilizantes y otras entradas necesarias, y predecir con más exactitud la producción de los cultivos.

Permite al agricultor dividir un campo o lote en zonas de gestión o manejo diferenciadas, y tratar a cada una de ellas independientemente con el fin de optimizar el uso del recurso suelo y de los insumos en cada sitio agronómico.

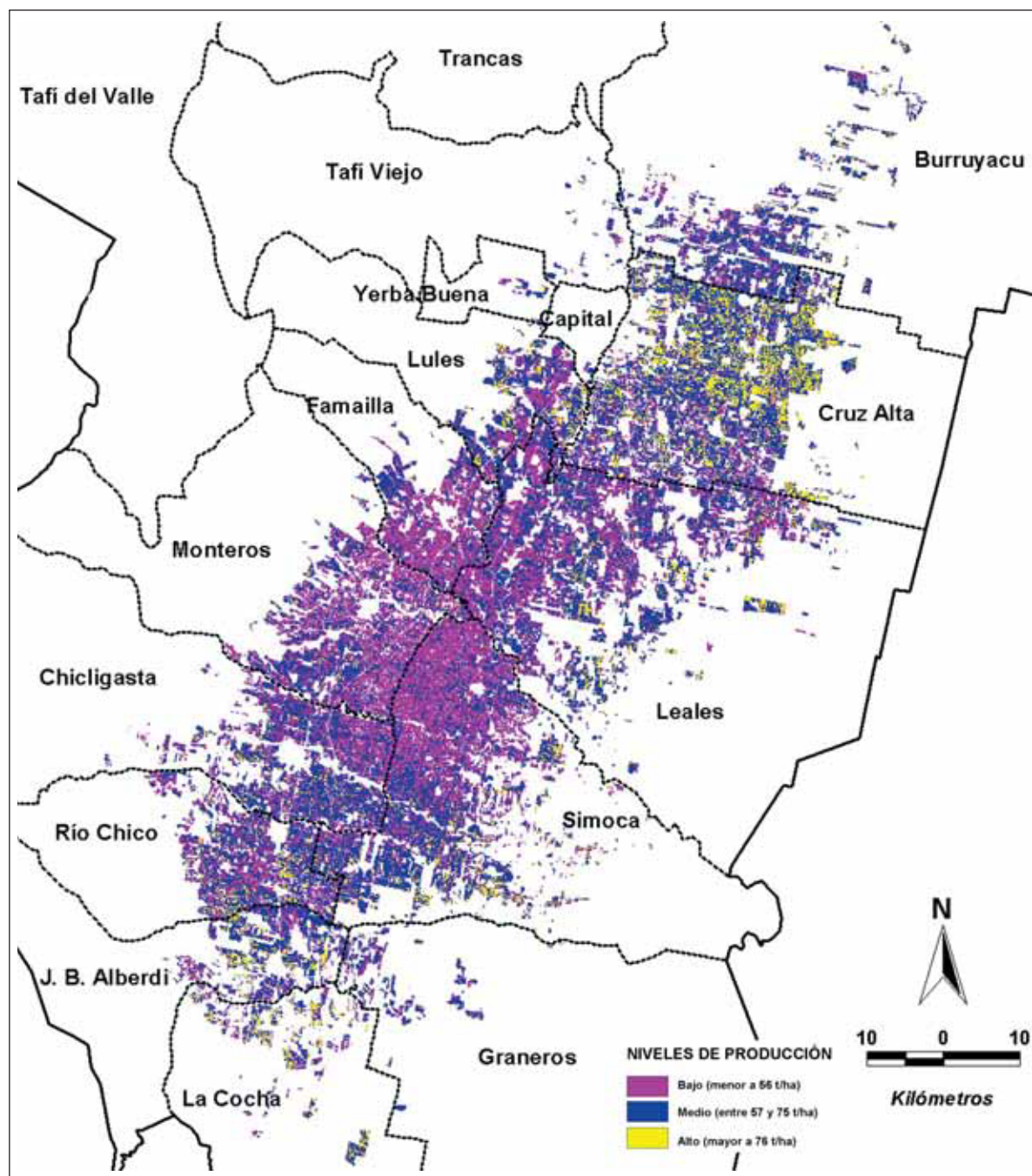


Figura 1: Distribución geográfica por niveles de producción del área cañera en la provincia de Tucumán - Zafra 2008.

La AP se basa en la coordinación del uso de la informática y de los Sistemas de Posicionamiento Global (GPS), lo que permite almacenar, integrar y construir patrones de información espacial. Es decir, la posibilidad de obtención de datos georeferenciados, como los generados por sensores remotos, y la superposi-

ción de mapas temáticos, posibilita la confección de mapas representativos de modelos de información espacial con acentuada rapidez y exactitud. Dichos mapas facilitan el examen de un amplio conjunto de variables que son consideradas en decisiones de manejo de suelo, y permiten ajustar el manejo agronómico y la

aplicación de insumos a diferentes unidades de reconocimiento.

La agricultura de precisión tiene como objetivo optimizar la gestión de una parcela desde el punto de vista:

- **Agronómico:** ajuste de las prácticas de cultivo a las necesidades de la planta.
- **Mediambiental:** reducción del impacto vinculado a la actividad agrícola.
- **Económico:** aumento de la competitividad a través de una mayor eficacia de las prácticas.

Además, la agricultura de precisión pone a disposición del agricultor numerosas informaciones que pueden:

- Constituir una memoria real del campo.
- Ayudar a la toma de decisiones.
- Ir en la dirección de las necesidades de rastreabilidad.

Con respecto a este tema, se propone al productor cañero los siguientes servicios a nivel de finca o lote:

Diferenciación de niveles de producción de caña de azúcar a nivel de lote

A nivel de lote es factible realizar una diferenciación de niveles de producción de biomasa de caña de azúcar, para lo cual es necesario que exista homogeneidad en cuanto a variedad y edad. De esta manera el productor puede identificar en su campo sectores de distinta biomasa, lo que le facilitará la detección de las causas que originan tal variabilidad y a su vez le permitirá realizar un tratamiento diferencial en las labores culturales del cañaveral.

Se toma como base la metodología utilizada a nivel departamental complementada con la utilización de imágenes de distintos tipos de sensores.

A modo de ejemplo del proceso, en la Figura 2 se puede observar un fragmento de una imagen Landsat 5 TM en composición RGB 4-5-3 correspondiente al 16 de abril de 2008 sobre la que se delimitó un lote cultivado con la variedad RA 87-3, edad soca 2, el cual según datos estimados a campo, presenta un rendimiento cultural de 84 t/ha. Sobre dicha imagen se superpuso la clasificación a nivel provincial (Figura 3), observándose que la estimación de producción correspondió al nivel alto de producción (más de 76 t/ha). La Figura 4 muestra la clasificación a nivel de lote,

distinguiéndose una mayor diferenciación de rangos de producción de biomasa lo que permite la zonificación del lote.

Estudios de gabinete para la identificación e inventario de diferentes clases de cobertura y/o uso de la tierra

Se define *uso de la tierra* como el resultado de la síntesis entre la acción del hombre y el medio natural, síntesis que surge de la interac-



Figura 2: Imagen Landsat 5 TM, composición RGB: 4-5-3. Lote cultivado con variedad RA 87-3, edad soca 2.



Figura 3: Clasificación provincial de niveles de producción superpuesta sobre la imagen Landsat 5 TM, composición RGB: 4-5-3.

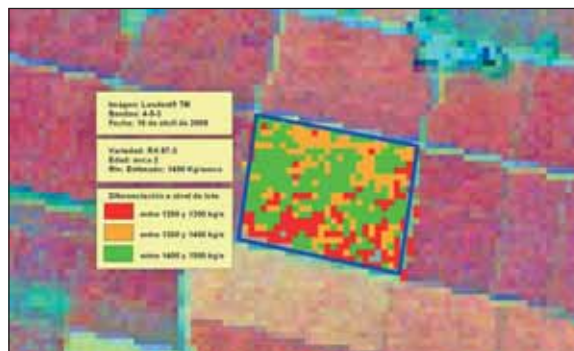


Figura 4: Clasificación a nivel de lote superpuesta sobre la imagen Landsat 5 TM, composición RGB: 4-5-3.

ción de todos los fenómenos que tienen lugar en un espacio determinado.

El uso de la tierra está relacionado con la utilización de los recursos naturales y no naturales y su distribución sobre la superficie terrestre.

Hasta la utilización de la información generada por sensores remotos, el tema del uso de la tierra fue enfocado básicamente desde el punto de vista de la utilización de los recursos y del medio ambiente.

Como el sensor de un satélite proporciona información sobre la superficie terrestre, en realidad la información es sobre la cobertura y no sobre el uso, dado que en muchos casos el uso no se ve y su interpretación es deductiva a partir del conocimiento de la cobertura y sus características.

Al trabajar con material de sensores remotos, generalmente es difícil hacer la discriminación entre uso y cobertura. Por ello, el criterio adoptado es que las clases de cobertura (por ejemplo la vegetación) sean usadas como clases de uso o actividad. Incluso en el caso de presencia de nubes, las mismas se delimitan y forman una clase, lo mismo que el agua.

El tipo de estudio propuesto permite al productor, a partir de un trabajo de gabinete utilizando la información satelital, la identificación y cuantifica-

ción, de manera rápida y segura, de las distintas coberturas presentes en su finca o región.

A modo de ejemplo, en la Figura 5 se observa un inventario de cobertura de la tierra a nivel regional: con el objetivo de identificar las actividades más favorecidas por la mejora de un camino, se delimitó el área de influencia a 5 km a cada lado del mismo identificándose posteriormente las coberturas: caña de azúcar, soja, y maíz.

En la Figura 6 se observa un inventario de cobertura de la tierra a nivel de finca. Se aprecia en detalle la distribución espacial de cada una de las clases determinadas: monte, pastizales, áreas con problemas de capa freática y agua en superficie.

Relevamientos de la topografía y pendientes a partir de imágenes radar e imágenes Landsat

Tomando como base la información generada por imágenes radar SRTM (Shuttle Radar Topographic Misión), se construyen los MDT (Modelo digital de terreno) a partir de los cuales se generan curvas de nivel y mapas de pendiente de suelo.

En este punto cabe aclarar algunas características de la fuente empleada para realizar este cálculo. Las imágenes radar utilizadas tienen



Figura 5: Inventario de la cobertura de la tierra a nivel regional.

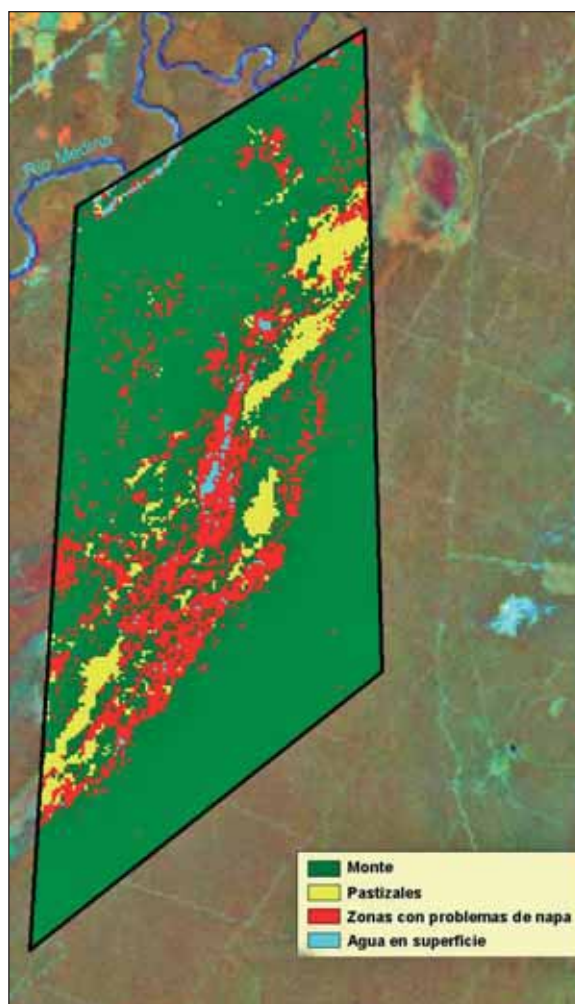


Figura 6: Inventario de cobertura de la tierra a nivel de finca.

una resolución espacial de 90 m, por lo que el resultado es el promedio de un área de casi 1 ha, donde las pendientes locales son absorbidas o asimiladas por la generalización en esta superficie.

Estos estudios permiten tener una visión general de la topografía de la finca, en especial cuando se trata de fincas ubicadas en sectores de pedemonte o en fincas con montes naturales y de gran extensión, donde una prospección terrestre implica un alto costo en tiempo y dinero.

En las Figuras 7, 8 y 9 se ejemplifica el estudio propuesto sobre una finca en particular. La Figura 7 muestra un MDT en 3D (tres dimensiones) realizado a partir de imágenes radar, sobre el cual se desplegó una imagen Landsat 5 TM en composición RGB 4-5-3.

Estudios detallados de pendientes de suelo

Se realizan estudios detallados de pendientes de suelo utilizando equipos DGPS (equipo GPS de medición diferencial, post-proceso). Estos equipos permiten obtener una precisión en el orden de los centímetros, con un muy bajo nivel de error, por lo que los resultados se utilizan para la generación de curvas de nivel con hasta 10 cm de equidistancia, dependiendo de la fisiografía del terreno, lo que posibilita la sistematización de fincas.

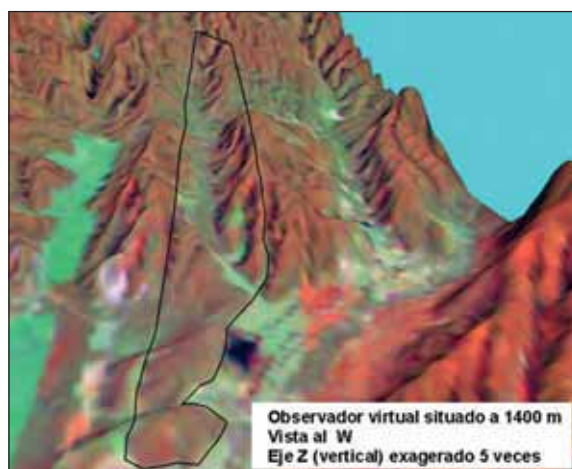


Figura 7: MDT en 3D a partir de imágenes radar, sobre el cual se desplegó una imagen Landsat 5 TM, composición RGB 4-5-3.



Figura 8: Mapa de curvas de nivel.

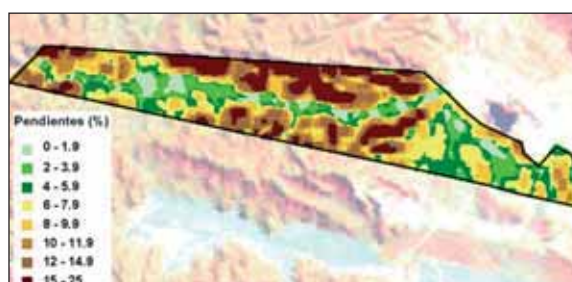


Figura 9: Mapa de pendientes de suelo.

En la Figura 10 se observa a un técnico preparando la *base* del equipo DGPS, para luego recorrer el lote con el equipo GPS *móvil*.

La Figura 11 muestra una fotografía aérea de la Sub-Estación Santa Ana de la EEAOC, sobre la que se superpuso la cobertura de curvas de nivel generadas a partir del equipo DGPS, con una equidistancia de 0,50 m. Las mismas fueron utilizadas para la diagramación del riego de los ensayos con cañaverales.



Figura 10: Técnico trabajando con un equipo DGPS.

Relevamientos aerofotográficos

El estudio de las fotografías aéreas a pequeña escala permite al usuario destacar las relaciones entre la pedología, la morfología, las estructuras agrarias y la distribución de las especies vegetales.

Se realizan relevamientos aerofotográficos, a escalas 1:1000 o escalas más detalladas.

En la Figura 12 se expone la fotografía aérea de ángulo recto de un cañaveral, en la misma pueden apreciarse los efectos negativos de los paleocauces o cauces abandonados sobre el cañaveral. Una vez determinada la escala pueden realizarse mediciones en el fotograma.

La Figura 13 muestra una fotografía aérea de ángulo oblicuo. En primer plano se observa

el cañaveral en el que aparecen las distintas tonalidades debidas al cambio de variedades. Al fondo puede apreciarse un campo con cítricos. La fotografía aérea oblicua, si bien no permite realizar mediciones, provee una vista más amplia, abarcando más terreno que la fotografía aérea vertical. Por otra parte es una visión de la superficie terrestre más natural que la vertical.

Archivo de imágenes satelitales, mapas y fotografías aéreas

La EEAOC tiene a disposición de los productores de la región un archivo de imágenes satelitales Landsat, SAC-C, CBERS IIB y otros, que cubren todo el NOA, lo que facilita, entre otras cosas, el seguimiento de las prácticas culturales de la finca o lote y la evolución de nuevos proyectos.

Este archivo de imágenes satelitales es complementado con una mapoteca, con cartas y mapas a distintas escalas cubriendo toda el área de influencia de la EEAOC y con un archivo de fotografías aéreas digitalizadas de toda el área productiva de la provincia de Tucumán.

En la Figura 14 se puede observar dos imágenes satelitales Landsat 5 TM, en composición RGB 4-5-3, de la misma zona, una correspondiente al año 1987 y otra obtenida en el año 2008. Al comparar ambas imágenes se aprecia el avance de la superficie desmontada a favor de agricultura.

Equipos para AP en caña de azúcar disponibles en el mercado

Cuando se habla de agricultura de precisión inmediatamente se la asocia a los *mapas de rendimiento* obtenidos por una cosechadora equipada con sensores de rendimiento y un equipo GPS, mediante los cuales se puede graficar la distribución de la productividad en un mapa con coordenadas geográficas, lo que permitiría realizar una primera diferenciación de ambientes dentro del campo. Este tipo de equipos están disponibles para cultivos como soja, trigo o maíz, lamentablemente los sensores de rendimiento para acoplar a las cosechadoras de caña de azúcar se encuentran en la actualidad en etapa de desarrollo.

Sin embargo, las marcas líderes en maquinarias y equipamientos agrícolas del mercado ofrecen una serie de productos de AP al productor cañero.



Figura 11: Curvas de nivel con una equidistancia de 0,50 m. Subestación Santa Ana - EEAOC.

En el mercado se encuentran tanto software (programas asociados a la AP) como *Fierros* o equipamientos mecánicos.

Entre los primeros se destacan los programas para la gestión agrícola, y los sistemas de información geográfica (SIG) adaptados a la agricultura.

Los primeros son aplicaciones para el geren-

ciamento agrícola que permiten al agricultor, desde su oficina, controlar varios aspectos importantes de los trabajos de su finca. Permiten administrar costos y hacer un seguimiento a variables como campos, cultivos, variedades, rendimientos, máquinas, fertilizantes y agroquímicos, entre otros.

Los segundos aportan la dimensión espacial



Figura 12: Fotografía aérea de ángulo recto de cañaverales.



Figura 13: Fotografía aérea de ángulo oblicuo de cañaverales.

a la gestión de las explotaciones agrícolas, permitiendo una rápida interpretación de las variables involucradas en la producción agrícola y elaborar síntesis que faciliten la toma de decisiones.

Con respecto a los equipamientos las empresas normalmente ofrecen sistemas o familias de equipos, los cuales pueden adquirirse por sepa-

rado de acuerdo a las necesidades del productor. Estos sistemas modulares tienen, en general, un sistema básico que esta compuesto por un receptor y antena GPS, un módulo con el procesador principal, y una pantalla, la cual tiene por finalidad hacer de interfase con el usuario para poder visualizar la información.

Entre los distintos módulos que pueden asociarse a este equipo *Base* se destacan:

- **Sistema de autoguiado o piloto automático:** el cual permite guiar la maquinaria de manera automática sobre una trayectoria de trabajo predeterminada, a través del accionamiento automático del sistema de dirección, donde el operador solamente necesita realizar las maniobras de cabecera.
- **Banderillero satelital:** orienta visualmente al operario para mantenerse sobre una línea de aplicación predeterminada, a través de aviso visual, sonoro e indicación en la pantalla.
- **Control de dosis variable:** a partir de la delimitación de áreas homogéneas dentro del lote esta tecnología nos permite el tratamiento diferencial de los mismos, ya sea para la aplicación de plaguicidas o fertilizantes.
- **Mapeo automatizado de conductividad eléctrica de suelos:** Estos equipos son capaces de generar mapas geo-referenciados con la distribución espacial de dos importantes propiedades del suelo: la conductividad eléctrica (EC) y el pH; lo cual permite delimitar ambientes de características homogéneas que permitan un manejo sectorizado o un trato agronómico más eficiente acorde a las características de cada sector. Es además de suma utilidad para la generación de muestreos de suelo geo-referenciados dirigidos, como también para la determinación de limitantes y fertilidad potencial.



Figura 14: Comparación de imágenes Landsat 5 TM de diferentes fechas.

CAPÍTULO 19 |

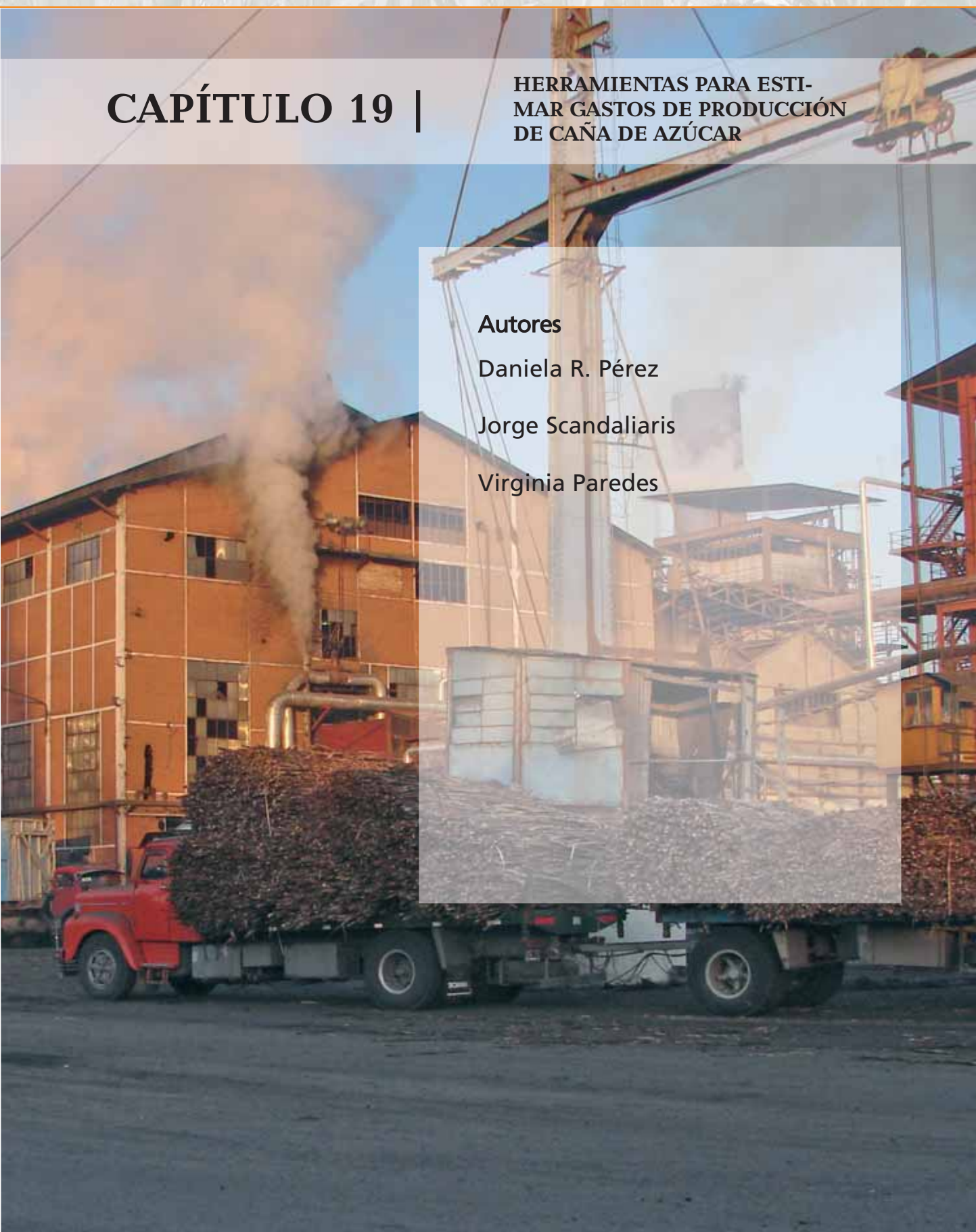
HERRAMIENTAS PARA ESTI-
MAR GASTOS DE PRODUCCIÓN
DE CAÑA DE AZÚCAR

Autores

Daniela R. Pérez

Jorge Scandaliaris

Virginia Paredes



HERRAMIENTAS PARA ESTIMAR GASTOS DE PRODUCCIÓN DE CAÑA DE AZÚCAR



INTRODUCCIÓN

La planificación dentro de la explotación cañera es una tarea que debería efectuarse con mayor asiduidad, con el propósito de hacer más eficiente todo el proceso productivo y permitir captar todos los beneficios que surgen de un trabajo más organizado. Es una práctica poco corriente, especialmente entre los pequeños y medianos productores y, en consecuencia la mayor parte de las decisiones se toman sobre la marcha, lo que puede hacer que se pierda eficiencia y oportunidades. La determinación de costos es muy útil dentro de la planificación, ya que tiene diferentes fines: valuar inventarios, analizar la rentabilidad de diferentes productos y técnicas de manejo, canales de comercialización, para controlar, y esencialmente para brindar la información que permita tomar las decisiones más adecuadas.

El objetivo de este capítulo es poner a disposición de los productores cañeros una herramienta que les permita estimar los costos de cada campaña, o comparar los gastos del empleo de diferentes estrategias de manejo del cañaveral, y en base a esos resultados tomar las decisiones más convenientes.

El propósito es que los productores encuentren elementos que les posibiliten realizar un modelo propio de cálculo, el cual puede ser resuelto manualmente, con el empleo de una calculadora, o mediante el uso de una planilla de cálculo como Excel.

Entre los diferentes sistemas de costeo se seleccionó el margen bruto, por considerarlo más fácilmente adaptable a la variedad de empresas cañeras existentes en la provincia y por su amplia difusión en el sector agropecuario argentino. Para esto, se exponen los aspectos más significativos de la construcción de un margen bruto, y además, se desarrolla un margen bruto tipo para el cultivo de caña de azúcar utilizando una planilla Excel.

CONCEPTOS GENERALES

En primer lugar es conveniente definir algunos términos.

Margen bruto (MB): es la diferencia entre el ingreso bruto (IB) y los costos directos (CD).

$$MB = IB - CD$$

Objeto de costos: es *algo* para lo cual se desea calcular el costo, puede ser por ejemplo: una tonelada de producto, una hectárea de cultivo, un lote, una labor, una finca, una actividad, un proyecto, un proceso, etc.

Costo directo: es el costo cuyo seguimiento hasta el objeto de costos puede hacerse fácilmente. Por ejemplo si se tiene una empresa que produce soja además de caña y se quiere calcular solamente el costo de la hectárea de caña de azúcar (objeto de costo en este caso), los herbicidas empleados específicamente para el control de malezas presentes en caña constituyen un costo directo de la hectárea de caña de azúcar. Esto debido a que es relativamente sencillo separar cuales son esos productos, en que cantidad se emplean, su precio, etc. y hacer su seguimiento hasta el objeto de costos.

Costo indirecto: es el costo cuyo seguimiento hasta el objeto de costos es dificultoso, por lo que en lugar de calcularlo se le asigna un valor subjetivo. Para ejemplificar, en una empresa que produce caña y soja es dificultoso calcular el gasto en el rubro administrador para la hectárea de cada cultivo. Por este motivo comúnmente se asigna un porcentaje del salario del administrador a cada uno. Este porcentaje se estima subjetivamente en base al tiempo que se cree que el administrador dedica a cada actividad.

Gastos de administración y estructura: se consideran como costos indirectos y comprenden las erogaciones que se realizan para administrar y para permitir el mantenimiento y funcionamiento general de un establecimiento.

Ingreso bruto (IB): es el producto entre el rendimiento logrado por ha (t/ha) y el precio de la tonelada del bien producido (\$/t).

ESTIMACIÓN DE COSTOS DIRECTOS

Lo primero que hay que hacer es clasificar las actividades para poder acumular costos, para esto se propone seguir los siguientes pasos:

A. Realizar una división de las principales etapas del proceso, por ejemplo:

- Plantación y manejo de la caña planta.
- Manejo de la caña soca.
- Cosecha y transporte.

B. Efectuar un esquema tentativo del manejo del cañaveral que se realizará en cada una de las etapas del proceso productivo.

C. Estimar el costo de las tareas enumeradas y de los insumos empleados:

Para el cálculo del costo de las labores puede tomarse como referencia el valor de mercado que los contratistas cobran por las mismas, o bien, si el productor cuenta con maquinaria, puede hacer sus propias determinaciones. A partir de este dato el productor podrá comparar valores y determinar si le conviene realizar él mismo la labor, o contratar el servicio.

D. Estimación del gasto en cosecha y transporte:

Para el cálculo del gasto en cosecha es necesario contar con los siguientes datos: rendimiento por ha (t/ha) y el costo unitario de la cosecha por tonelada (\$/t). Para el cálculo del gasto en transporte se necesita conocer la distancia a la que se transportará la caña (km), el costo del arranque y el costo del km recorrido por tonelada (\$/t/km).

ESTIMACIÓN DEL INGRESO Y MARGEN BRUTO

El ingreso bruto (IB) es el otro elemento necesario para definir el margen bruto.

$$IB = \text{rdto. cultural (t/ha)} \times (\text{rdto. fabril}/100) \times \text{participación del cañero (\%)} \times \text{precio del azúcar (\$/t)}$$

El cañero en Tucumán generalmente comercializa azúcar, de tal forma que su ingreso bruto está determinado por el rendimiento cultural (t de caña por ha), el rendimiento fabril y la participación de azúcar que le corresponda. Caben algunos comentarios sobre estos puntos:

- El **rendimiento cultural** está influenciado por las características agroecológicas del campo, las condiciones meteorológicas del año y el manejo agronómico que se realice.
- El **rendimiento fabril** varía en general en un rango de 7 a 14% de acuerdo a la interacción de un conjunto de factores, siendo el promedio para el último quinquenio de 10,41%.
- La **participación del cañero** es la cantidad de azúcar que el cañero recibirá a cambio de las toneladas de caña que entrega al ingenio. Mientras que algunas fábricas utilizan fórmulas que premian y castigan la calidad, otras determinan porcentajes fijos de participación.
- El **precio del azúcar** en los últimos años se compone de un promedio, que resulta de los distintos precios obtenidos en los mercados a dónde el país exporta y el precio del azúcar en el mercado interno. El porcentaje correspondiente a la exportación queda determinado por el volumen de azúcar excedente, una vez satisfecha la necesidad del mercado interno.

Una vez determinados el ingreso bruto y el costo directo por ha se realiza la diferencia y se obtiene el margen bruto.

$$\text{Margen bruto (MB): Ingreso bruto (IB) - Costos directos (CD)}$$

Uso de la planilla de cálculo Excel para calcular el margen bruto de caña de azúcar

La planilla de cálculo Excel cuenta con hojas formadas por celdas, que resultan de la combinación de filas y columnas, en las que se realizan las operaciones. Las filas se identifican con números y las columnas con letras, por ejemplo: columna A fila 1 da lugar a la celda A1.

La planilla permite hacer operaciones y cálculos de diferente complejidad, en este caso se utilizarán los más simples. Las operaciones se introducen con el signo =, y posteriormente se agrega el nombre de la operación por ejemplo: suma y entre paréntesis las celdas que intervienen. También directamente después del igual puede ir el nombre de una celda, el signo de la operación y la otra u otras operaciones y celdas que participan (Figura 1).

La planilla ofrece la posibilidad de que las operaciones que se realicen en una hoja puedan o no, mantener relación con las otras hojas mediante un vínculo. Los vínculos entre hojas se realizan también colocando el signo igual seguido por el nombre de la hoja, el signo de

admiración, y el nombre de la celda donde se encuentra el valor que se quiere vincular. Los vínculos permiten que los cambios realizados en una hoja se trasladen automáticamente a las hojas vinculadas (Figura 1).

Para realizar el cálculo del gasto por hectárea y margen bruto por hectárea para caña de azúcar conviene dividir el proceso productivo en las siguientes etapas:

- Plantación y manejo de la caña planta.
- Manejo de la caña soca.
- Cosecha y transporte.

Se puede utilizar una hoja de la planilla para desarrollar cada etapa. Es útil nombrar a la hoja con el nombre de la etapa (para esto hay hacer doble clic en la pestaña que dice *Hoja1* y escribir, por ejemplo: *Caña planta*). En la Figura 2 se muestran tres tablas con los cálculos de los gastos de plantación y manejo de caña planta para una hectárea. En los recuadros amarillos que se encuentran en la misma figura se indica como se introducen las operaciones en la planilla.

Es conveniente identificar en una columna (en este caso columna A) el rubro general, por ejemplo Plantación y en otra columna (columna B) ir desagregando en filas continuas sus componentes: rastrear, subsolar, surcar, plantar, etc.

También es útil separar por un lado las tareas que se efectuarán y por otro lado los insumos o productos que se utilizarán en las mismas. En la Figura 2 esta separación se realizó a través de los subtítulos:

- a) Manejo de la caña planta: tareas a realizar.
- b) Manejo de la caña planta: insumos a utilizar.

Para el ejemplo se tomó como gasto unitario para las labores el precio que cobran los contratistas.

Se sugiere el agregado de una columna para definir la cantidad de pasadas de equipos o aplicaciones (N° de pasadas por ha); otra para incorporar el costo unitario de las tareas (\$/ha o \$/surco) y de los productos químicos (\$/kg o \$/l). El cálculo del gasto en productos químicos requiere agregar una columna más correspondiente a la dosis del producto (litros o kg por ha).

Para determinar el costo total de la etapa de plantación debe realizarse, la suma de los gastos parciales.

	A	B	C	D
1	Ejemplo 1 suma: 12+12+12+12			
2	12			
3	12			
4	12			
5	12			
6	48			
7				
8	Ejemplo 2 suma: 48+24			
9	48			
10	24			
11	72			
12				
13	Ejemplo 3 producto: 12x2			
14	12	2		
15			24	
16				
17	Ejemplo 4 división: 60/5			
18	60	5		
19			12	
20				
21	Ejemplo 5 vínculo con una celda de la Hoja2			
22				
23	134			
24				
25				
26				
27				

Figura 1: Ejemplo de operatorias en una planilla de Excel.

Microsoft Excel - Ejemplo de Costos.xls											
Archivo Edición Ver Insertar Formato Herramientas Datos Ventana Herramientas del estudiante 2 PDF de Adobe											
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
2		Plantación	Nº de pasadas/ha o surcos/ha	\$/ha o \$/surco	\$/ha						
3		Rastra	2	75	150	=C3xD3					
4		Subrolador	1	150	150						
5		Planaltimetría	1	30	30						
6		Surcar	60	1,35	81	=C6xD6					
7		Plantar (cortar semilla, cargar carros, flete a 6km distribución, troceo, semillar a 3 o 4 cañas)	60	16,5	990						
8		Tapar con equipo	60	1,4	84						
9		Sub total tareas de plantación			1485	=SUMA(E3:E8)					
10			t/ha	\$/t	\$/ha						
11		Semilla	12	60	720						
12		Sub total plantación			2205	=E10+E13					
13											
14			Nº de pasadas/ha o surcos/ha	\$/ha o \$/surco	\$/ha						
15		Manejo de la caña planta: tareas a realizar									
16		Bajar bordo	60	1,2	72	=C16xD16					
17		Fertilizar equipo triple y apoyo	60	1,3	78						
18		Control de malezas									
19		Aplicación total	60	0,45	27						
20		Aplicación dirigida	60	0,8	48						
21		Aplicación total	60	0,45	27						
22		Control de plagas									
23		Aplicación total	60	0,45	27	=SUMA(E16:E23)					
24		Sub total cultivo de caña planta			279						
25											
26		Manejo de la caña planta: insumos a utilizar	Nº de pasadas/ha o surcos/ha	Dosis por ha	\$/t o \$/kg	\$/ha					
27		Herbicidas y coadyuvantes									
28		Ametrina	1	1,2	45,76	54,912	=C28xD28xE28				
29		Atrazina	1	3,5	13,76	48,16					
30		2,4D	1	1,5	11,52	17,28					
31		TCA	1	8	16,64	133,12					
32		MSMA	1	0,9	12,8	11,52					
33		Starane	1	0,5	61,76	30,88					
34		Atrazina	1	2	13,76	27,52					
35		Coadyuvantes	2	0,1	7,36	14,72					
36		Fertilizantes									
37		Urea	60	1,5	1,6	144					
38		Insecticidas									
39		Clorpirifós	1	0,7	17,92	12,544					
40		Sub total agroquímicos de caña planta				481	=SUMA(F28:F39)				
41											
42		Total plantación				2965	=E13+E24+E40				
43											
44											
45											
46											

Figura 2: Gastos por ha para plantación y manejo de caña planta.

De la misma forma se procede con la caña soca. Se designa una de las hojas como Caña soca, y en ella se enumeran las tareas a efectuar y los insumos que se utilizarán como se muestra en la Figura 3.

El cálculo del gasto en cosecha y transporte se muestra en la Figura 4.

Para determinar el margen bruto conviene calcular primero el ingreso bruto, para esto es conveniente colocar en celdas continuas los siguientes datos: rendimiento cultural (t/ha), rendimiento fabril(%), participación(%), precio del azúcar de exportación (U\$/t), porcentaje destinado a exportación, valor del dólar (\$/dólar), precio del azúcar en mercado interno(\$/t), porcentaje de azúcar destinado al mer-

cado interno. El Ingreso bruto (\$/t) es el producto de todos los ítems anteriores (Figura 5).

Finalmente, es necesario incorporar a la hoja de margen bruto los costos directos determinados con anterioridad para caña planta, caña soca, cosecha y transporte. Esto se realiza vinculando las celdas donde están los resultados de estos cálculos con la hoja de Margen Bruto. El vínculo se introduce a través del símbolo igual seguido por el nombre de la hoja y de la celda donde se encuentra el valor que se quiere vincular, tal como se muestra en los recuadros amarillos de la Figura 5.

Como la plantación es una inversión amortizable a 4 o 5 años a los efectos del margen bruto, el valor que se considera es el de los cos-

Microsoft Excel - Ejemplo de Costos.xls										
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	Manejo de la caña soca: tareas a realizar		Nº de pasadas/ha o surcos/ha	\$/ha o \$/surco	\$/ha					
2	Fertilizar equipo triple		60	0,85	51	=C2xD2				
3	Control de malezas									
4	Aplicación total		60	0,45	27					
5	Aplicación dirigida		60	0,8	48					
6	Aplicación total		60	0,45	27					
7	Control de plagas									
8	Aplicación total		60	0,45	27					
9	Sub total tareas de cultivo				180	=SUMA(E2:E8)				
10										
11	Manejo de la caña soca: insumos a utilizar		Nº de pasadas/ha o surcos/ha	\$/l o \$/kg	dosis/ha o surco	\$/ha				
12	Herbicidas y coadyuvantes									
13		Ametrina	1	45,76	1,2	55	=C13xD13xE13			
14		Atrazina	1	13,76	3,5	48				
15		2,4D	1	11,52	1,5	17				
16		TCA	1	16,64	9	150				
17		MSMA	1	12,8	1,2	15				
18		Starane	1	61,76	0,5	31				
19		Atrazina	1	13,76	2	28				
20		Coadyuvantes	2	7,36	0,3	4				
21	Fertilizantes									
22		Urea	60	1,6	4	384				
23	Insecticidas y coadyuvantes									
24		Clorpirifós	1	17,92	0,7	13				
25		Aceite	1	6	0,4	2				
26	Madurativos									
27		Cletodim	1	78	0,3	23	=SUMA(F13:F27)			
28	Sub total agroquímicos de caña soca					771				
29										
30	Total caña soca					951	=E9+F28			
31										
32										
33										
34										

Figura 3: Gastos por ha para manejo de caña soca.

Microsoft Excel - Ejemplo de Costos.xls										
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	Cosecha y transporte									
2										
3	Integral									
4			Rinde por ha	\$/t	distancia (km)	\$/ha				
5	Cosecha		70	15		1050				
6	Transporte					0				
7		Arranque	70	4		280				
8		Pago por km	70	0,21	28	412				
9	Subtotal cosecha y transporte					1741,6				
10										
11	Semimecanizada									
12			Rinde por ha	\$/t	distancia (km)	\$/ha				
13	Corte despunte y acordonado		70	13		910				
14	Carga mecánica		70	6		420				
15	Transporte									
16		Arranque	70	4,2		294				
17		Pago por km	70	0,21	28	412				
18	Subtotal cosecha y transporte					2035,6				
19										
20										
21										
22										

Figura 4: Gastos por ha en cosecha y transporte.

Microsoft Excel - Ejemplo de Costos.xls										
Archivo Edición Ver Insertar Formato Herramientas Datos Ventana Herramientas del estudiante 2 PDF de Adobe										
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	Ingresos brutos									
2	Cálculo de la cantidad de azúcar									
3	Rendimiento cultural (t/ha)	70								
4	Rendimiento fabril por ciento	0,1								
5	Participación (%)	0,58								
6	Azúcar (t/ha)	4,06	=B3*B4*B5							
7	Cálculo del precio									
9	Azúcares de exportación U\$/t	240								
10	%	0,3								
11	valor dolar (\$/U\$S)	3,2								
12	Precio mercado interno (\$/t)	1000								
13	%	0,7								
14	Precio recibido (\$/t)	930	=B9*B10*B11+B12*B13							
15										
16	Ingresos brutos (\$/ha)	3777	=B6*B14							
17										
18										
19	Costos directos									
20		\$/ha								
21	Caña planta (Amortización)									
22	Duración de la plantación (años)	5								
23	Total plantación	593	=Caña planta 'IF42/B22							
24										
25	Caña soca									
26	Manejo de caña soca	180	=Caña soca 'IE15							
27	Insumos en caña soca	771	=Caña soca 'IE29							
28										
29	Cosecha integral	1050	=Cosecha y transporte 'IF5							
30	Transporte	691,6	=+Cosecha y transporte 'IF7+Cosecha y transporte 'IF8							
31										
32	Total costos directos	3285	=B23+B26+B27+B29+B30							
33										
34										
35	Margen bruto	492	=B16-B37							
36										
37										

Figura 5: Cálculo del margen bruto por ha.

tos directos divididos en los años de vida útil del cañaveral. En la planilla es conveniente agregar una celda para introducir los años de vida útil del cañaveral de tal forma de poder modificar este valor.

El margen bruto se obtiene restando al ingreso bruto todos los costos directos.

Cálculo del costo de la labor con maquinaria propia

El costo por ha para realizar una labor se calcula determinando el costo horario de uso del equipo (\$/h) por el tiempo que lleva realizar la tarea en una ha (tiempo operativo en h/ha). Cuando los equipos son propulsados por el tractor, se suman el costo horario del tractor y el del equipo y recién se multiplica por el tiempo operativo.

Un tractor y un equipo generan un costo que comprende la suma de los gastos en funciona-

miento, amortizaciones e intereses, a continuación se explica el cálculo de los mismos.

Gastos de funcionamiento

Los gastos de funcionamiento involucran: el combustible, reparaciones, mantenimiento y mano de obra.

- Gasto en combustible (\$/h) = Precio gasoil (\$/l) x 0,16 litros hora/HP (coeficiente de gasto horario de combustible) x Potencia del tractor (HP)
- Gasto en conservación y reparaciones (\$/h) = valor a nuevo tractor (VN) x coeficiente CGR
- Gasto en mano de obra por hora (\$/h) = \$/jornal tractorista/8 hs

El gasto en conservación y reparaciones resulta de multiplicar el valor a nuevo (VN) de

la máquina por un coeficiente denominado de conservación y reparaciones (CGR), el que varía con la máquina. El más utilizado localmente es el coeficiente de Frank, que para el tractor es de 0,0000746. El coeficiente de Frank agrupa los gastos de lubricación, mantenimiento, conservación y reparaciones incluidos los repuestos, lubricantes, y mano de obra.

El gasto de mano de obra se considera como gasto directo cuando el personal se contrata únicamente para tal fin. En el caso de ser mano de obra familiar o de un empleado asalariado fijo, los gastos forman parte de la estructura de la empresa y no se consideran para el cálculo del margen bruto.

Amortizaciones

Las amortizaciones representan una compensación por la pérdida de valor del bien. Esta pérdida puede ocurrir por el paso del tiempo (obsolescencia), o por el desgaste del mismo debido a que el uso de la maquinaria supera las horas anuales de uso establecidas por el fabricante. Cuando la pérdida de valor de la maquinaria se produce por obsolescencia, la amortización se considera como costo fijo, y para la metodología del margen bruto se las incluye en los gastos de estructura. Cuando la amortización está asociada al desgaste forma parte del gasto de funcionamiento del equipo. Se considera que la amortización ocurre por desgaste cuando las horas de uso anuales superan el cociente resultante entre la vida útil del bien expresada en horas y la vida útil del bien expresada en años (relación que también se conoce como punto de igualación):

$$\text{Punto de igualación} = \frac{\text{Vida útil del bien en horas}}{\text{Vida útil del bien en años}}$$

Pérdida de valor por obsolescencia

$$\text{Amortización (\$/año)} = [\text{VN} - \text{Valor residual pasivo (VRP)}] / \text{años de vida útil}$$

Pérdida de valor por desgaste

$$\text{Amortización (\$/h)} = [\text{VN} - \text{Valor residual pasivo (VRP)}] / \text{horas de uso}$$

El valor residual pasivo se calcula como el 30% del VN de la maquinaria.

Interés

El interés del capital está asociado al valor de la maquinaria en un momento dado y como este valor no se modifica en función de las labores que se realicen en el corto plazo, se lo considera costo de estructura o fijo, es decir, no forma parte del costo de funcionamiento.

Uso de la planilla de cálculo Excel para calcular el costo de la labor

En la Figura 6 se propone un esquema de cálculo del costo de la labor, en la tabla superior se calcula el costo horario del tractor, las celdas en amarillo son el resultado del producto de las columnas que las preceden, y las celdas verdes la sumatoria de los subtotales calculados en las celdas amarillas.

En la segunda tabla está calculado el costo de la labor. Para esto se determina el costo horario del implemento (suma de los gastos en conservación, reparaciones y mano de obra), se le suma el costo horario del tractor y ésta suma se multiplica por el tiempo operativo (tiempo en el que se realiza la labor).

La última tabla de la Figura 6 contiene el cálculo de las amortizaciones ya que si la amortización es por desgaste debe agregarse al costo de la labor.

Las horas de uso anual de los equipos, y la oportunidad de labor son dos aspectos centrales que deben considerarse antes de realizar las inversiones en maquinaria. Siempre hay que tener en cuenta que las comparaciones con los contratistas son válidas si el tipo de trabajo es equivalente en calidad y resultados.

Por otro lado, en la medida en que el uso anual permita que la amortización sea por horas, es probable que más se justifique realizar la inversión, y que el costo de la labor se encuentre más cercano al precio que cobren los contratistas.

El mayor uso anual estará relacionado con las dimensiones del campo. Sin embargo la realización o no de estas inversiones requiere un estudio más pormenorizado que dependerá de características intrínsecas vinculadas con la manera en que se administran las diferentes fincas.

Microsoft Excel - Ejemplo de Costos.xls													
Archivo Edición Ver Insertar Formato Herramientas Datos Ventana Herramientas del estudiante 2 PDF de Adobe													
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1	Costo horario del tractor												
	Tractor	HP del Tractor	Coefficiente (b/hora*HP)	Precio del gasoil (\$)	Gasto en combustible(\$/h)	Valor a nuevo (\$)	Coefficiente de conservación y reparaciones	Gasto en conservación y reparaciones (\$/h)	Precio del jornal sin cargas sociales(\$)	Nº de peones	Mano de obra (\$/h)	Costo horario del tractor (\$/h)	
2													
3	Tractor 1	80	0,16	2,2	28,16	81152	0,0000746	6,1	47	1	47,0	81	
4	Tractor 2	100	0,16	2,2	35,2	118029	0,0000746	8,8	47	1	47,0	91	
5	Tractor 3	160	0,16	2,2	56,32	235531	0,0000746	17,6	47	1	47,0	121	
6													
7													
8	Costo de la labor												
	Implemento	Valor a nuevo (\$)	Coefficiente de conservación y reparaciones	Gasto en conservación y reparaciones (\$/h)	Precio del jornal(\$)	Nº de peones	Mano de obra (\$/h)	Costo horario del implemento sin traccion (\$/h)	Costo horario del tractor (\$/h)	Costo de la labor operativo (h/ha)	Costo de la labor (\$/ha)		
9													
10	Rastra de doble acción	\$ 15.000	0,000500	\$ 7,50	47	0	\$ 0,00	7,50	81	88,71	0,50	44,4	
11	Desboscador	\$ 20.000	0,000200	\$ 4,00	47	0	\$ 0,00	4,00	81	85,21	0,50	42,6	
12	Pulverizadora	\$ 40.960	0,000200	\$ 8,19	47	1	\$ 47,00	55,19	81	136,41	0,30	40,9	
13	Fertilizadora	\$ 30.000	0,000300	\$ 9,00	47	1	\$ 47,00	56,00	81	137,21	0,40	54,9	
14													
15													
16	Cálculo de la amortización												
	Amortización tractor	Valor a nuevo (\$)	Valor residual (\$)	Vida útil (h)	Vida útil (años)	Amortización (\$/h)	Amortización (\$/año)						
17													
18	Tractor 1	\$ 81.152	\$ 24.346	12.000	12	4,7	4734						
19	Tractor 2	\$ 118.029	\$ 82.620	12.000	12	3,0	2951						
20	Tractor 3	\$ 235.531	\$ 164.872	12.000	12	5,9	5888						
21	Rastra de doble acción	\$ 15.000	\$ 4.500	5.000	5	2,1	2100						
22	Desboscador	\$ 20.000	\$ 6.000	5.000	5	2,8	2800						
23	Pulverizadora	\$ 40.960	\$ 12.288	5.000	5	5,7	5734						
24	Fertilizadora	\$ 30.000	\$ 9.000	5.000	5	4,2	4200						
25													
26													
27													
28													
29													
30													
31													
32													

Figura 6: Cálculo del costo de las labores.

Cálculo del gasto de administración y estructura

Los gastos de administración y estructura se calculan normalmente para la ha, determinando la suma anual que involucran estas erogaciones y dividiéndola en el total de ha que comprenda el establecimiento. Se obtiene así el gasto de estructura por ha. Si en el predio se realiza más de un producto, por ejemplo: caña de azúcar y soja, para realizar la asignación del gasto de administración y estructura a alguno de los productos normalmente se efectúa una estimación subjetiva aplicando un porcentaje (que por ejemplo puede originarse en la cantidad de ha que abarque cada cultivo).

Los gastos de administración comprenden honorarios de administración, movilidad del administrador, honorarios contables, gastos de oficina, personal de administración, impuestos nacionales, etc. Los gastos de estructura, son los originados por el funcionamiento del establecimiento por ejemplo: sueldo de las personas encargadas del mantenimiento del establecimiento, los gastos realizados para conservar mejoras como galpones, alambrados, viviendas, etc., el asesoramiento técnico, la energía eléctrica, teléfonos ó radios, impuestos (provinciales y municipales), movilidad, etc.

CONSIDERACIONES FINALES

Es posible calcular numerosos márgenes brutos durante una misma campaña, una de las opciones es estimar un margen antes de comenzar la zafra, en este caso muchos de los datos empleados serán estimados y el margen servirá principalmente para elegir la utilización o no de diferentes insumos o la realización de una u otra tarea, o definir cuantos lotes se renovarán,

etc. Puede efectuarse otro margen al finalizar la campaña en el que los datos utilizados en el cálculo sean reales, y que servirá principalmente para evaluar el retorno percibido por el dinero invertido.

En este capítulo se estimó a modo de ejemplo uno de los probables márgenes brutos que tendría una hectárea de caña de azúcar en Tucumán. Para efectuar el cálculo se planteó previamente un modelo productivo a través del cual se calcularon los egresos e ingresos.

Como cada explotación agrícola presenta situaciones problemáticas particulares, contar con series de datos propios de cada finca como: historial de los lotes, variedades, edades de las cañas, presencia de plagas y enfermedades, tiempos operativos, etc., es fundamental para identificar y plantear adecuadamente los modelos productivos y los problemas, y así elegir la alternativa de solución más efectiva y rentable. En este sentido realizar la planificación de la campaña y un inventario al final todos los años es importante para poder ir acumulando series de datos y mejorando continuamente la información.

Entendemos que la estimación de un costo y de un margen bruto puede resultar un cálculo complejo por la cantidad de variables que implica, también que para aquellos que no están familiarizados con el empleo de una planilla de cálculo la propuesta puede resultar dificultosa, por este motivo en el sitio web www.eeaoc.org.ar en el link de la sección Economía y Estadísticas de la EEAOC se ha colocado una planilla tipo para que cargando los datos propios se pueda arribar a un resultado.