

Febrero 2023  
Tucumán  
Argentina

Publicación  
Especial  
N°69



ESTACION EXPERIMENTAL  
AGROINDUSTRIAL  
OBISPO COLOMBRES  
Tucumán | Argentina

# Caña de Azúcar

Guía para la  
evaluación de  
la plantación  
mecánica  
y cosecha  
mecánica  
integral

Caña de Azúcar



# SOLUCIONES INTEGRALES PARA EL CAMPO



JOHN DEERE

Zafra



*Encontrá la maquinaria y los  
servicios que necesitas para  
que tu próxima campaña sea  
MÁS PRODUCTIVA.*

**ZAFRA S.A.**



ESTACION EXPERIMENTAL  
AGROINDUSTRIAL  
OBISPO COLOMBRES  
Tucumán | Argentina

## > Autoridades EEAOC

Presidente

Sr. Juan José Budeguer

Vicepresidente

Ing. Agr. Roberto Sánchez Loria

Directores

Sr. Joaquín Daniel Gargiulo

Ing. Agr. José Ignacio Lobo Viaña

Ing. Qco. Alejandro Poviña

Ing. Agr. Francisco Joaquín  
Estrada

Sr. Luis Fernando Umana

Sr. Pablo José Padilla

Director Técnico

**Dr. Leonardo Daniel Ploper**

Directores Asistentes

*Tecnología Agropecuaria*

**Dr. Hernán Salas López**

*Tecnología Industrial*

**Ing. Qco. R. Marcelo Ruiz**

*Administración y Servicios*

**C.P.N. Julio Esper**

*Recursos Humanos*

**Lic. José D. Rodríguez Domato**

Editor Responsable:

**Dr. Leonardo Daniel Ploper**

Comisión Publicaciones y Difusión

Mg. Ing. Agr. Patricia Digonzelli

Dra. Dora Paz

Mg. Ing. Agr. Fernanda Leggio

Ing. Agr. Daniela Pérez

Ing. Agr. Victoria González

D.G. Silvio Cesar Salmoiraghi

Arte, diseño y diagramación

Diego Lobo

Corrección

Prof. en Letras Ernesto Klass



## Caña de Azúcar

# Guía para la evaluación de la plantación mecánica y cosecha mecánica integral

Publicación Especial N° 69  
Febrero de 2023

Av. William Cross 3150  
T4101XAC | Las Talitas  
Tucumán | Argentina  
Tel: (54 381) 452 1000  
Fax: (54 381) 452 1008  
direcc@eeaoc.org.ar  
www.eeaoc.org.ar

ISSN: 0328-7300  
Tucumán - Argentina

Reservados todos los derechos. Quedan rigurosamente prohibidas, sin autorización escrita de los titulares del *copyright*, bajo las sanciones establecidas en las leyes, la reproducción total o parcial de esta obra por cualquier medio o procedimiento, comprendidos la reprografía y el tratamiento informático y la distribución de ejemplares de ella mediante alquiler o préstamo públicos.





# Caña de Azúcar

## Guía para la evaluación de la plantación mecánica y cosecha mecánica integral

# Índice

Pag

7 **Editorial**

## Capítulo 1

### **Plantación mecánica: evaluación y monitoreo**

- 9 1.1. Introducción
- 10 1.2. Evaluaciones pre-plantación
  - 10 1.2.1. Preparación del suelo
  - 11 1.2.2. Evaluación de la caña semilla
- 12 1.3. Evaluaciones durante la plantación
  - 12 1.3.1. Evaluación de la caña semilla en el surco
  - 15 1.3.2. Evaluación del desempeño de la plantadora mecánica
- 17 1.4. Evaluaciones post-plantación
  - 17 1.4.1. Bajado de bordo
  - 17 1.4.2. Evaluación de fallas
  - 18 1.4.3. Estimación de producción
- 19 1.5. Consideraciones finales
- 19 1.6. Bibliografía consultada

## Capítulo 2

### **Protocolo para la evaluación de la cosecha mecánica integral de la caña de azúcar**

- 21 2.1. Introducción
- 22 2.2. Metodología de evaluación
  - 22 2.2.1. Estimación de producción
  - 22 2.2.2. Estimación de pérdidas de materia prima
    - 24 2.2.2.1. Regulación de la cosechadora mecánica según las pérdidas determinadas
  - 25 2.2.3. Estimación del contenido y la composición de la materia extraña
    - 26 2.2.3.1. Regulación de la cosechadora para minimizar la materia extraña
  - 26 2.2.4. Determinación del largo del troceado
  - 28 2.2.5. Determinación de la calidad de corte
- 28 2.3. Valores de referencia
- 29 2.4. Importancia del control durante la cosecha
  - 29 2.4.1. Desinfección y limpieza de la cosechadora
- 29 2.5. Consideraciones finales
- 30 2.6. Bibliografía consultada



ZAFRA S.A.


SOLUCIONES  
INTEGRALES  
PARA EL  
CAMPO

*Todo lo que necesitas, en un solo lugar, el mejor asesoramiento sobre maquinarias, soporte agronómico, servicio técnico especializado y posventa a campo.*

 Lavalle N°3005 - S. M. de Tucumán | Av. Del Bicentenario S/N - Concepción.

 +54 381 433 0086 | E-mail: [zafrasa@zafrasa.com.ar](mailto:zafrasa@zafrasa.com.ar)

[WWW.ZAFRASA.COM.AR](http://WWW.ZAFRASA.COM.AR)

An aerial photograph showing a sugarcane field. A green harvester is positioned in the middle of the field, and a red truck is parked nearby, receiving harvested cane. The field is divided into rows of cane, with some areas appearing to be recently harvested or prepared for planting. The background shows a mix of green cane and brown earth.

Los principales esfuerzos desde los inicios de la EEAOC, estuvieron orientados a sustentar la actividad azucarera, trabajando en mejorar los cañaverales mediante diferentes estrategias, que incluyeron la incorporación de nuevas variedades y el desarrollo, adaptación e implementación de tecnologías para el manejo agronómico y fitosanitario del cultivo.

El Programa Caña de Azúcar de la EEAOC viene acompañando continuamente el proceso de transformación del cultivo a través de la investigación aplicada, el desarrollo y adaptación de tecnologías de mecanización, la transferencia efectiva de conocimientos y la provisión de servicios.

La permanente demanda de la difusión sobre el uso de nuevas tecnologías en el sector azucarero se debe a la necesidad de aumentar la eficiencia y la productividad, reducir los costos de producción y mejorar la sostenibilidad ambiental.

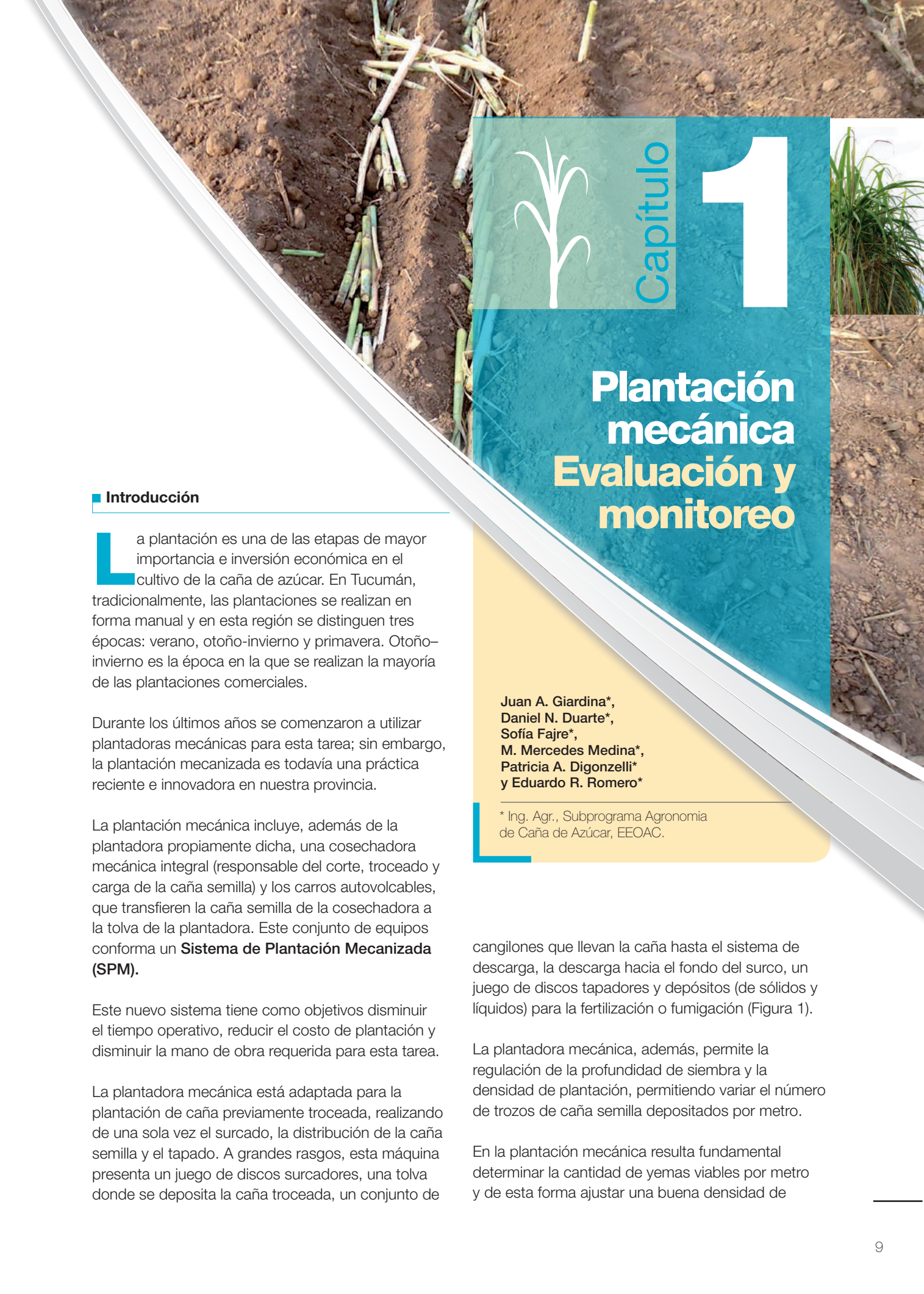
Como respuesta a esta demanda, desde el Subprograma Agronomía se trabaja también en optimizar y evaluar el desempeño correcto de las tecnologías de mecanización dentro del manejo agronómico sustentable del cultivo. Entre ellas, la plantación mecanizada, práctica recientemente incorporada en nuestra provincia, representa una tecnología de transición importante para aumentar la eficiencia y bajar los costos de esta tarea que debe ser ajustada y controlada para el logro de sus objetivos. Y, por otra parte, la labor de la cosecha mecanizada de uso generalizado en nuestra área cañera, tecnología que requiere actualmente reforzar los controles de su desempeño para evitar pérdidas significativas de caña en cantidad y calidad. Estas son las temáticas que se abordan en esta publicación.

# Editorial

Subprograma Agronomía de  
la Caña de Azúcar

Con su lanzamiento, los técnicos e investigadores del Subprograma Agronomía de la Caña de Azúcar concretan el aporte de información específica sobre como optimizar y controlar el empleo de la plantación mecanizada y aportar un protocolo simple para la evaluación del desempeño de los frentes de cosecha mecanizados. El primer capítulo aporta una guía para la evaluación de las etapas de la plantación, y su posterior ajuste a cada necesidad. El segundo, suma un instrumento fundamental para lograr una cosecha eficiente y el cuidado de los cañaverales, a través de como efectuar controles frecuentes de los frentes de cosecha, midiendo las pérdidas de materia prima, la materia extraña y la calidad de corte. Además permitirá identificar el o los principales motivos de las pérdidas, para buscar las soluciones inmediatas.

Deseamos destacar la valiosa colaboración de los productores, técnicos, de sus entidades representativas y empresas del sector privado, socios y destinatarios de nuestra tarea, ya que sin sus aportes no hubiera podido concretarse esta publicación.



Capítulo

# 1

## Plantación mecánica Evaluación y monitoreo

Juan A. Giardina\*,  
Daniel N. Duarte\*,  
Sofía Fajre\*,  
M. Mercedes Medina\*,  
Patricia A. Digonzelli\*  
y Eduardo R. Romero\*

\* Ing. Agr., Subprograma Agronomía de Caña de Azúcar, EEOAC.

### Introducción

La plantación es una de las etapas de mayor importancia e inversión económica en el cultivo de la caña de azúcar. En Tucumán, tradicionalmente, las plantaciones se realizan en forma manual y en esta región se distinguen tres épocas: verano, otoño-invierno y primavera. Otoño-invierno es la época en la que se realizan la mayoría de las plantaciones comerciales.

Durante los últimos años se comenzaron a utilizar plantadoras mecánicas para esta tarea; sin embargo, la plantación mecanizada es todavía una práctica reciente e innovadora en nuestra provincia.

La plantación mecánica incluye, además de la plantadora propiamente dicha, una cosechadora mecánica integral (responsable del corte, troceado y carga de la caña semilla) y los carros autovolcables, que transfieren la caña semilla de la cosechadora a la tolva de la plantadora. Este conjunto de equipos conforma un **Sistema de Plantación Mecanizada (SPM)**.

Este nuevo sistema tiene como objetivos disminuir el tiempo operativo, reducir el costo de plantación y disminuir la mano de obra requerida para esta tarea.

La plantadora mecánica está adaptada para la plantación de caña previamente troceada, realizando de una sola vez el surcado, la distribución de la caña semilla y el tapado. A grandes rasgos, esta máquina presenta un juego de discos surcadores, una tolva donde se deposita la caña troceada, un conjunto de

cangilones que llevan la caña hasta el sistema de descarga, la descarga hacia el fondo del surco, un juego de discos tapadores y depósitos (de sólidos y líquidos) para la fertilización o fumigación (Figura 1).

La plantadora mecánica, además, permite la regulación de la profundidad de siembra y la densidad de plantación, permitiendo variar el número de trozos de caña semilla depositados por metro.

En la plantación mecánica resulta fundamental determinar la cantidad de yemas viables por metro y de esta forma ajustar una buena densidad de

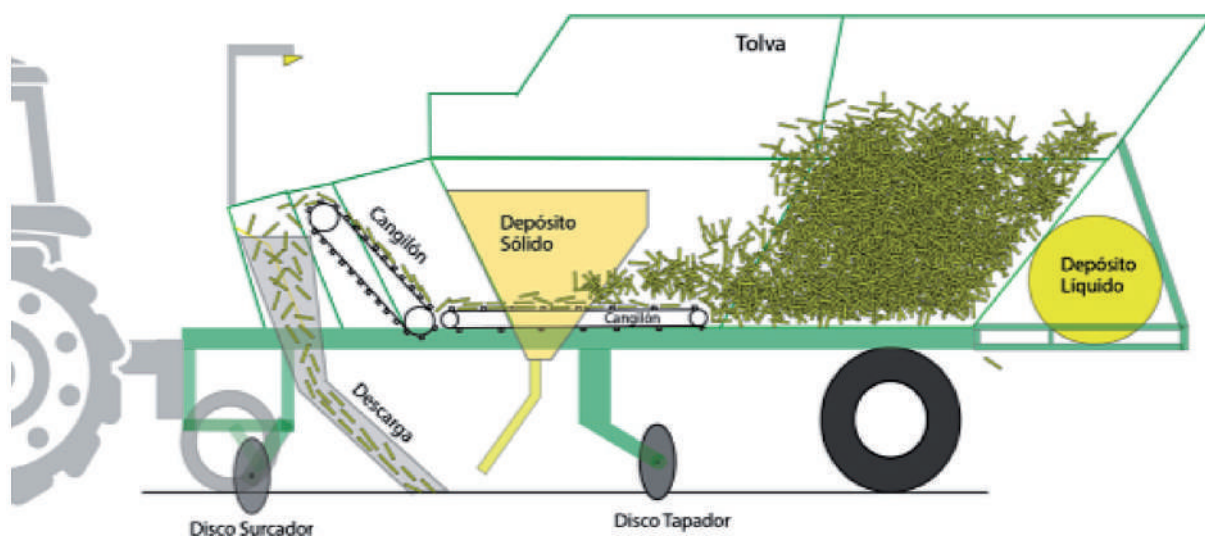


Figura 1. Esquema básico de una plantadora mecánica de trozos de caña de azúcar. Fuente: EEAOC.

siembra (número de yemas/metro) para evitar fallas en la plantación.

Por otro lado, existen aspectos de logística que deben ser tenidos en cuenta para hacer más eficiente este sistema de plantación, y entre los más importantes podemos mencionar la distancia entre el lote semillero y el lote a plantar y el abastecimiento continuo de la máquina plantadora.

Para lograr con éxito el establecimiento de un buen cañaveral, el sistema de plantación mecanizada exige atención y mejoras continuas en las operaciones de campo.

Para optimizar el desempeño del SPM, es necesario diferenciar sus componentes y realizar tareas de control y monitoreo de las diferentes etapas de la labor. Las evaluaciones de este sistema requieren del seguimiento específico de las tres etapas que se indican a continuación:

1. Evaluaciones pre-plantación (preparación de suelo y caña semilla)
2. Evaluaciones durante la plantación (cosecha, transbordo y operaciones de plantación propiamente dicha)
3. Evaluaciones post plantación (elección del momento de bajado de bordo, evaluación de la brotación y de las fallas de plantación y estimación de la producción de caña/ha)

## ■ Evaluaciones pre-plantación

### ► Preparación del suelo

Con el propósito de lograr una buena plantación que asegure la adecuada brotación de la caña semilla, el buen desarrollo radicular y la formación de cepas vigorosas, es necesario realizar una correcta preparación de suelo.

Con las labores de preparación de suelo se procura reducir la infestación de malezas e incorporar los residuos de cultivos anteriores, aumentar la capacidad de infiltración, mejorar las condiciones de aireación del suelo, mejorar la disponibilidad de nutrientes para el cultivo, asegurar un adecuado contacto de la semilla con el suelo y romper las capas compactadas que impiden el buen desarrollo radicular.

Para el éxito del SPM, una buena preparación de suelo es una exigencia clave y estrictamente necesaria. Los implementos que comúnmente se utilizan son:

- **Rastra de discos:** generalmente se realizan dos pasadas antes de la labranza vertical, y una pasada de rastra con rolo posterior a esta última.
- **Subsolador o cincel:** al igual que con la rastra de discos, se suelen realizar dos pasadas cruzadas, cuando la humedad del suelo resulta adecuada, a fin de romper las capas compactadas. Estas pueden

encontrarse a diferentes profundidades y en función de ello se seleccionará el implemento a utilizar.

Las últimas pasadas de rastra de discos y de subsolador o cincel deben realizarse en la misma dirección de los futuros surcos, ya que esto permitirá un buen desplazamiento y funcionamiento de la máquina plantadora.

Cabe aclarar que para la preparación del suelo no existe una única alternativa y debe evaluarse la situación de cada lote para definir adecuadamente la secuencia y el número de labores que se realizarán con la finalidad de alcanzar los objetivos mencionados anteriormente.

En el caso de que el cultivo antecesor sea caña de azúcar, debe realizarse previamente el descepado. Esta labor se realiza con al menos dos pasadas de rastra pesada de discos; la primera en dirección a los surcos existentes, y la segunda en sentido perpendicular, con la finalidad de remover, triturar y exponer las cepas viejas para su desecación.

### ► Evaluación de la caña semilla

#### • Elección del lote semillero

Se recomienda utilizar caña semilla de alta calidad proveniente de un semillero Certificado, en las edades de caña planta y soca 1. Del lote semillero elegido se deben cortar 10 tallos sucesivos, pelarlos y despuntarlos en el punto de quiebre natural, y luego determinar su peso, longitud, diámetro, número de entrenudos, número total de yemas viables y número de yemas dañadas por plagas. A partir de esta información se estima el potencial productivo del lote semillero, en peso y disponibilidad de yemas. El semillero debería encontrarse a una distancia no mayor de 4-5 kilómetros del sitio de plantación, ya que a mayor distancia aumentará significativamente



**Figura 2.** Muestreo en diagonal para la evaluación sanitaria del semillero. Tucumán, 2021.

el costo del transporte y se puede perjudicar la fluidez del abastecimiento de semilla para el SPM.

#### • Parámetros sanitarios

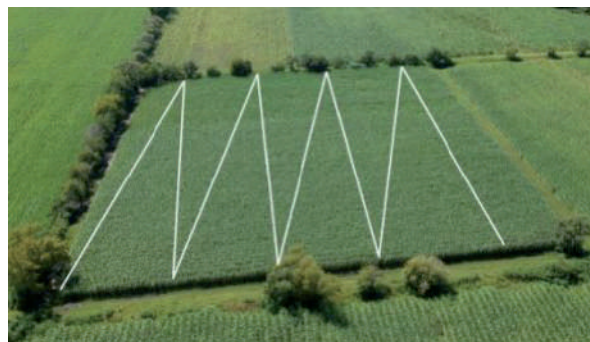
La sanidad es una de las características más importantes de la caña semilla de alta calidad. El material de propagación debe cumplir con los estándares de calidad establecidos en Tucumán (Proyecto Vitroplantas - EEAOC) relacionados con la presencia de enfermedades.

#### - Raquitismo de la caña de azúcar (RSD)

Es una enfermedad sistémica causada por la bacteria *Leifsonia xyli* subsp. *xyli*, que se transmite por el empleo de caña semilla enferma y por el uso de herramientas o maquinarias contaminadas con el patógeno. Esta enfermedad produce un retraso en el crecimiento y una disminución del número de tallos por cepa, y las plantas presentan una apariencia raquítica, todo lo cual se traduce en una disminución de la producción de caña por unidad de superficie.

El empleo de caña semilla de alta calidad (libre o con mínima incidencia de la enfermedad) y la desinfección de las maquinarias y herramientas son las principales medidas de control.

La evaluación del estado sanitario de los lotes semilleros se puede realizar a partir del mes de abril, cuando la caña semilla tiene una edad de por lo menos siete meses. Para esto, se deben extraer muestras conformadas por el tercio basal de 20 tallos cada tres hectáreas de semillero Certificado, tomando solo un tallo por cepa, discriminando por variedad, edad y manejo de la caña semilla. La muestra debe ser recogida en forma aleatoria en distintos puntos del lote semillero, para que represente adecuadamente el estado sanitario del mismo. Para esto se debe cruzar el lote en sentido diagonal (Figura 2) o en zigzag (Figura 3).



**Figura 3.** Muestreo en zigzag para la evaluación sanitaria del semillero. Tucumán 2021.





Las muestras recolectadas deben ser etiquetadas para su correcta identificación y para ello es necesario que cuenten con la siguiente información: Nombre de la empresa o productor, localidad, finca, lote, variedad, fecha y cualquier otra información que resulte útil para la identificación.

Las muestras deberán ser llevadas a un laboratorio de fitopatología, donde se realizará la determinación del porcentaje de incidencia de la enfermedad. En Tucumán, la Sección de Fitopatología de la Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres (EEAOC) ofrece este servicio.

El umbral de incidencia de la enfermedad del lote elegido para ser usado como caña semilla de alta calidad deberá ser menor o igual al 2,5%.

#### - Daños por plagas

El gusano perforador (*Diatraea saccharalis*) es el insecto más importante que ataca a la caña de azúcar durante todo su ciclo.

La mariposa coloca los huevos en las hojas superiores de la caña. De los huevos salen nuevos gusanos que se alimentan de la vaina de las hojas y de los tejidos del tallo al que perforan, pudiendo ocurrir estas perforaciones sobre las yemas. Para saber en qué magnitud está afectando el gusano al cañaveral de donde se obtendrá la caña semilla, debe hacerse un muestreo y calcular el porcentaje de infestación. A tal efecto, se toma una muestra cada cinco hectáreas, separando por variedad y edad de la caña semilla. La muestra está compuesta por 10 tallos sucesivos que se cortan de un surco elegido aleatoriamente dentro del lote. Una vez obtenida la muestra, en cada tallo se cuenta el número de entrenudos totales y el número de entrenudos perforados por el gusano; con estos datos se calculará el porcentaje de infestación.

$$\text{Porcentaje de infestación (\%)} = \frac{\text{Nº de entrenudos perforados} \times 100}{\text{Nº de entrenudos totales}}$$

El nivel de infestación aceptable para usar este material como caña semilla debe ser inferior al 10%.

#### - Daños por heladas

La mayor parte del área cañera tucumana está expuesta a la ocurrencia de heladas de distinta severidad, lo que provoca efectos negativos sobre

la producción de caña y de azúcar y sobre la disponibilidad de caña semilla. Las yemas de la caña de azúcar pueden verse afectadas en magnitud variable según la intensidad y duración de las heladas, la variedad, el estado de crecimiento del lote, el vuelco, etc.

Los daños ocasionados por las heladas incluyen destrucción del follaje, muerte del brote guía y diferentes grados de daño a lo largo del tallo (Tabla 1).

Luego de unos días de la ocurrencia de la helada, para evitar utilizar caña semilla con yemas en malas condiciones hay que revisar cuidadosamente todas las yemas del tallo. Si se encuentran necrosadas (color marrón oscuro) o flácidas, es porque ya están muertas o son de dudosa brotación. En el caso de que solo las yemas apicales (las del tercio superior) presenten algún daño, se debe eliminar toda esta porción afectada y utilizar solamente las yemas de la porción media y basal no afectadas por las bajas temperaturas. Si son muchas las yemas dañadas o en dudosas condiciones, no es recomendable utilizar este material como caña semilla.

Por otra parte, la caña caída sufre en mayor medida el efecto de las heladas, ya que las temperaturas a nivel del suelo son más bajas, lo cual hace que en estas condiciones las yemas resulten más afectadas.

El efecto de las horas con temperaturas inferiores a 0°C es acumulativo y cada nueva helada modifica y agrava la situación del cañaveral. Por lo tanto, la evaluación del lote debe hacerse en el momento en que se decide usar esta caña para plantar.

La plantación es una operación muy costosa, por lo que una exigencia fundamental para el éxito es garantizar la capacidad de brotación de la caña semilla que se emplea en la misma.




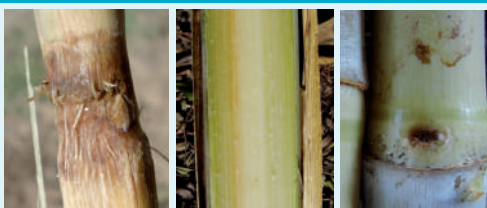
Se anexan al final del manual fichas para realizar la evaluación del semillero (Anexo A).

### ■ Evaluaciones durante la plantación

#### ► Evaluación de la caña semilla en el surco

La caña semilla puesta sobre el surco en una plantación mecanizada pasa por numerosos procesos potencialmente dañinos para las yemas. Por lo tanto, después de evaluar la caña semilla

**Tabla 1.** Daños ocasionados al cañaveral según la severidad de las heladas. Fuente: Manual del Cañero (2009).

Helada	Intensidad y duración (horas acumuladas)	Daños
<b>Helada suave</b>	<b>0°C a -2°C &lt; 10 hs</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Amarillamiento del follaje.</li> <li>• Quemaduras localizadas.</li> <li>• No afecta el brote guía.</li> </ul> 
<b>Helada moderada</b>	<b>-2°C a -3,5°C 10 a 20 hs</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Follaje totalmente afectado.</li> <li>• Brote guía dañado.</li> <li>• Ennegrecimiento de tejidos.</li> </ul> 
<b>Helada severa</b>	<b>-3,5°C a -6°C 20 a 35 hs</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Destrucción del follaje.</li> <li>• Daño en brote guía, yemas y porciones apicales del tallo (tres entrenudos).</li> </ul> 
<b>Helada muy severa</b>	<b>-3,5°C a -6°C &gt; 35 hs</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Destrucción del follaje.</li> <li>• Daño en brote guía y daños en más de seis yemas y entrenudos.</li> </ul> 

en pie, se debe comprobar que esta se encuentra en buenas condiciones sanitarias y que no ha sido afectada por las heladas. Resulta importante determinar si la caña semilla que llega al surco ha sufrido daños en los procesos de cosecha, trasbordo y distribución. Esto servirá para establecer una densidad de yemas acorde a las yemas potencialmente viables y corregir y mejorar las operaciones anteriormente mencionadas de modo de minimizar los daños en la simiente.

En cada una de las etapas, al momento de realizar la evaluación se toman cinco muestras de 50 estacas de caña semilla. Para conocer los daños producidos por la cosechadora integral, las muestras de estacas o trozos de caña semilla se recogen de dos lugares: el plato (mesa o canasto) y el elevador o rastra elevadora (Figura 4).

Para evaluar los daños producidos por el carro autovolcable, se trabaja con muestras obtenidas en

la tolva de la plantadora. Finalmente, se obtienen otras cinco muestras del fondo del surco, con las que se evaluará el daño mecánico que produce a la caña semilla la propia plantadora.

Una vez obtenidas las muestras (20 muestras de 50 estacas cada una), se procede a evaluar los siguientes parámetros: daños en las yemas, tamaño del trozo y calidad del corte de cada una de las estacas que forman la muestra. Todos los datos se registran en una planilla (ver Anexo 3.1).

#### • Evaluación de daños en yemas

Los daños que se pueden encontrar en las yemas se clasifican en:

- **Daños Mecánicos:** producidos por efecto del corte de las cuchillas troceadoras o por golpes durante el traslado o movimiento en las diferentes etapas. Estos golpes pueden ocasionar algún tipo de daño que hace que se considere inviables las yemas (Figura 5)

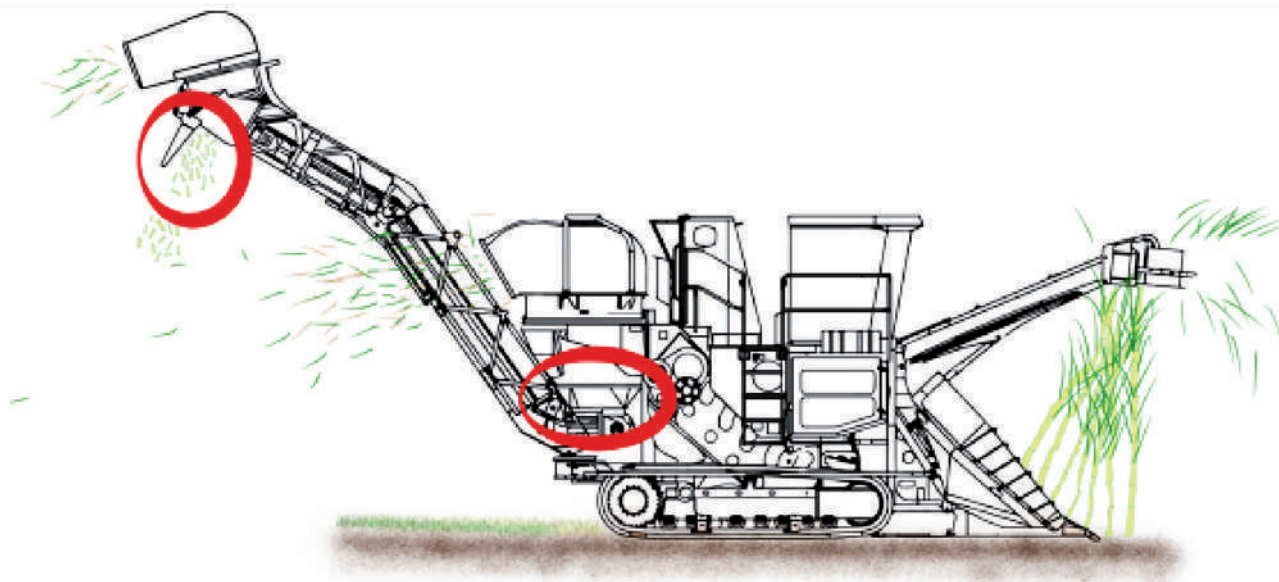


Figura 4. Toma de muestra en la cosechadora. Fuente: EEAOC.

- **Daños producidos por plagas:** son aquellos causados por *Diatraea saccharalis* (gusano perforador del tallo) u otra plaga que afectan la viabilidad de las yemas (Figura 6).

Para establecer el porcentaje de yemas dañadas se cuenta en cada muestra el número total de yemas. De este total se discriminan las yemas con daños mecánicos, las yemas con daños por plagas y las yemas viables (no se observan daños y están en condiciones aparentes de brotar).



Figura 5. Yema sana sin daños (izquierda) y yema dañada mecánicamente (derecha). Tucumán, 2021.

$$\% \text{ yemas dañadas} = \frac{\text{N}^\circ \text{ yemas con daño mecánico} + \text{N}^\circ \text{ yemas con daño por plagas}}{\text{N}^\circ \text{ yemas totales}} \times 100$$

Si bien es cierto que en todos los movimientos de la caña semilla se pueden producir daños mecánicos, los generados por la cosechadora son los más importantes y por lo tanto, es a esta etapa a la que hay que prestarle mayor atención. Los daños mecánicos producidos en las yemas no deben superar el 30%.



Figura 6. Yema dañada por *Diatraea saccharalis*, Tucumán, 2021 EEAOC.

En caso de que los daños mecánicos de las yemas superen este umbral, es conveniente adecuar la cosechadora a fin de minimizar el contacto entre el metal y las yemas. Esto se puede lograr, por ejemplo, recubriendo con goma los rodillos recolectores, reduciendo la velocidad de avance a 2 o 3 km/h, reduciendo el número de cuchillas troceadoras, colocando una placa lisa en el elevador, etc.

• **Tamaño de corte**

Por otro lado, en cada una de las muestras obtenidas se mide la longitud de las estacas (Figura 7). De acuerdo al tamaño las estas se clasifican según la siguiente escala: menos de 30 cm, entre 30 – 45 cm

y más de 45 cm. Lo que se pretende evaluar es la uniformidad del troceado de la cosechadora, ya que este factor incide en la fluidez del movimiento de la caña semilla en la plantadora.



**Figura 7.** Determinación de la longitud de estacas. Tucumán, 2021.

La calidad del corte de la caña semilla debe ser muy exigente, con el objetivo de preservar la viabilidad de las yemas. El tamaño del trozo debe ser uniforme y tiene que tener de dos a tres yemas.

La uniformidad del troceado permite mejorar la fluidez y homogeneidad de la distribución de la simiente en el fondo del surco. El tamaño del trozo también es importante para mantener un flujo constante y uniforme de la caña semilla durante la plantación y prevenir una excesiva deshidratación de la misma. Así, trozos muy largos dificultan la distribución; y los muy cortos favorecen la deshidratación de la simiente.

#### • Calidad de corte

La calidad del corte de las cuchillas troceadoras de la máquina cosechadora se clasifica en **buena, regular y mala**. La calidad para el corte de caña semilla es estricta, dado que hay que evitar tanto la pérdida de yemas como los daños en las estacas, para impedir la deshidratación y no afectar la posterior brotación.

La calidad de corte “bueno” se refiere a un corte limpio sin ningún tipo de laceración o desgarro (Figura 8). La calidad de corte “regular” puede tener pequeñas laceraciones y un tamaño más irregular (Figura 9).

Las categorías “bueno” y “regular” para el corte de caña semilla corresponden a la categoría de corte “sanos” para industria. La categoría “malo” para

caña semilla corresponden a las categorías “dañado” y “mutilado” del corte para industria. Estas últimas categorías deberían ser totalmente evitadas en la cosecha de caña semilla. Esta diferencia de criterio se debe a la mayor exigencia que tiene el corte de caña que será utilizada como semilla (ver Capítulo 2).

#### ► Evaluación del desempeño de la plantadora mecánica

En esta etapa se determina el desempeño de la máquina plantadora con el objetivo de evaluar la densidad de plantación, la distribución y el consumo de caña semilla. Se adjunta planilla de evaluación de esta etapa en el Anexo 3.2.

Para realizar estas evaluaciones se deben establecer estaciones de muestreo, conformadas por cuatro surcos de frente y tres metros de largo. Las mediciones se realizarán en cada metro por separado. Se recomienda establecer, al menos, tres réplicas de la estación descripta.

#### • Densidad de plantación

Este es el parámetro más importante en la plantación



**Figura 8.** Calidad de corte bueno para caña semilla. Tucumán, 2021.



**Figura 9.** Calidad de corte regular para caña semilla (mayor daño en los extremos y tamaño más irregular). Tucumán, 2021.





mecánica y establece la cantidad de yemas viables por metro de surco plantado. Para determinar la densidad de plantación, una vez depositada la caña semilla en el fondo del surco, se contabiliza el número de yemas totales por metro de surco, discriminando las yemas viables, las dañadas mecánicamente y las dañadas por plagas (Figura 10).



**Figura 10.** Determinación de la longitud de estacas. Tucumán, 2021.

Para determinar la densidad de plantación solo se considerarán las yemas viables y esta se expresa como:

$$\text{Densidad de plantación} = \frac{\text{Nº de yemas viables}}{\text{metro lineal de surco}}$$

Una vez registrados los valores del número de yemas viables en cada metro de surco, se determina el valor más representativo de la plantación expresado por medio de la moda o valor más frecuente de yemas viables/metro obtenido en todas las mediciones. Esto se debe a que la cantidad de yemas distribuidas por la plantadora en cada metro de surco muestra, en general, una elevada variabilidad y por lo tanto, resulta más representativo y conveniente, para caracterizar la densidad de plantación y utilizar el valor más frecuente, ya que la utilización del valor promedio provoca errores en la evaluación (Figura 11).

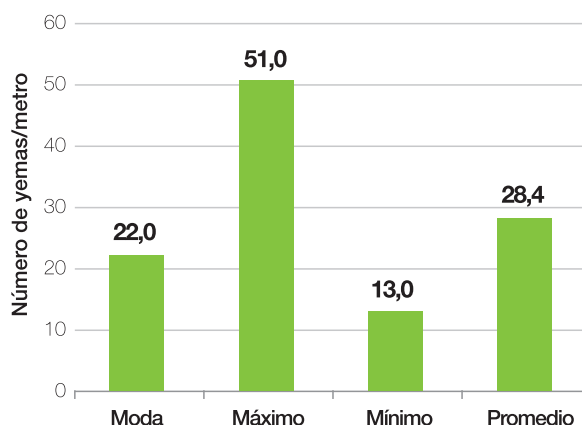
En la Tabla 2 se indica la cantidad óptima de yemas viables por metro de surco para las distintas épocas de plantación en un sistema de plantación mecanizada. El valor obtenido en las mediciones deberá encontrarse dentro del rango de cada época considerada para asegurarse una buena plantación.

### • Distribución de yemas

La distribución del sembrado se refiere a la disposición final de los trozos de caña semilla en el fondo del surco, la cual puede ser homogénea o heterogénea (Figura 12). Esta valoración es de tipo visual y lo que se pretende evaluar es la homogeneidad de la distribución de las estacas, a fin de detectar rápidamente cómo la plantadora está distribuyendo la caña semilla. Si esta distribución resulta homogénea, se continuará la tarea; si, por el contrario, la distribución es heterogénea, presentando fallas o espacios sin caña semilla, se pueden realizar las correcciones pertinentes sobre la plantadora o sobre la cosechadora. Esto último se debe a que una de las causas de la distribución heterogénea puede ser la desuniformidad en el tamaño de las estacas que llegan a la plantadora provenientes de una cosecha deficiente.

### • Consumo de caña semilla

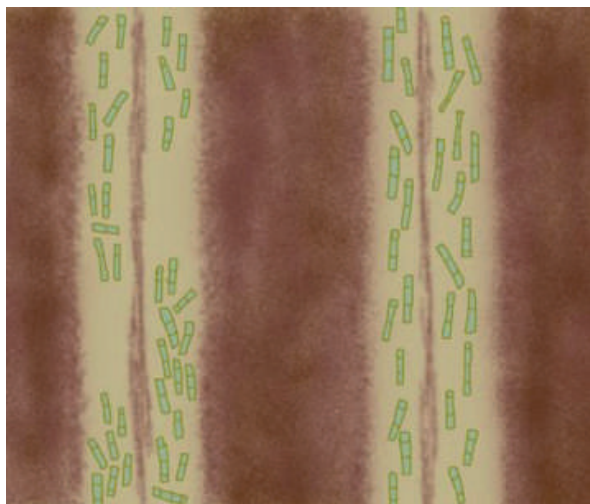
Para este cálculo se debe determinar el peso total de la caña semilla depositada en el fondo del surco, considerando los tres metros de cada estación de muestreo (Figura 13). Con el valor promedio del peso obtenido por metro y el número total de surcos plantados por ha, se estiman las toneladas de caña semilla utilizadas por unidad de superficie.



**Figura 11.** Evaluación de la densidad de plantación, valores de la moda, promedio, máximos y mínimos.

**Tabla 2.** Densidad de plantación recomendada para cada época en plantaciones mecánicas comerciales.

Época de plantación	Densidad de yemas (Modo)
Estival	15 – 20
Otoño-invernal	25 – 35
Primaveral	20 – 30



**Figura 12.** Distribución de la caña semilla en el surco. Izquierda heterogénea, derecha homogénea. Fuente: EEAO.



**Figura 13.** Determinación del peso de caña semilla. Tucumán, 2019.

Lo que se busca con este parámetro es estimar la cantidad de semilla para garantizar el número adecuado de yemas viables por metro de surco, usando la menor cantidad posible de simiente. Sin embargo, el peso de la caña semilla estará condicionado por la variedad elegida, el desarrollo de la caña semilla y la época del año en que se plante la misma, por lo tanto puede ser un parámetro variable entre distintas plantaciones.

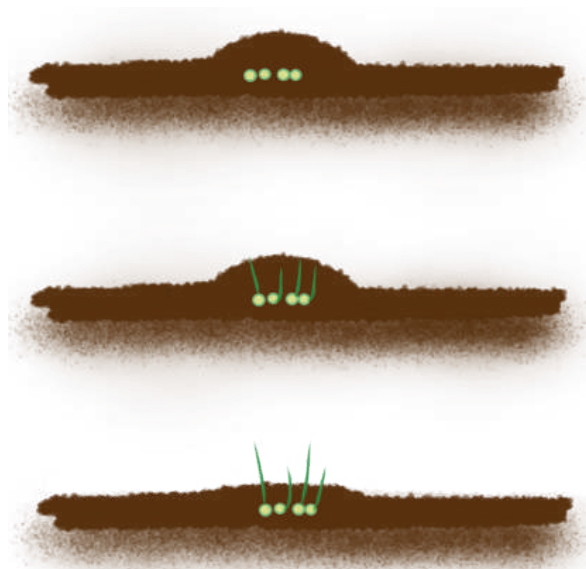
## ■ Evaluaciones post-plantación

### ► Bajado de bordo

En la caña planta de otoño-invierno que fue tapada con un bordo de aproximadamente 20 cm de altura (fundamentalmente para conservar la humedad del suelo, retrasar la brotación y facilitar un control inicial de malezas), es necesario eliminar el exceso de tierra, a fin de favorecer el calentamiento del suelo y la emergencia de los brotes (bajado de bordo).

El bajado de bordo se debe realizar cuando:

- Al destapar un metro de surco, con varias réplicas aleatorias, se visualiza que aproximadamente el 30% de las yemas están elongadas. Se considera yema elongada cuando el clavo o brote tiene entre 2 y 4 cm de largo (Figura 14).
- Cuando la temperatura ambiente está en ascenso.



**Figura 14.** Bajada de bordo. Fuente: EEAO.

### ► Evaluación de fallas

Las “fallas” son los espacios sin tallos que se visualizan en la línea del surco; su ocurrencia está fuertemente asociada con una disminución en la productividad (Figura 15).

Se considera como “fallas” cuando los espacios sin caña tienen una longitud igual o mayor a 50 cm.



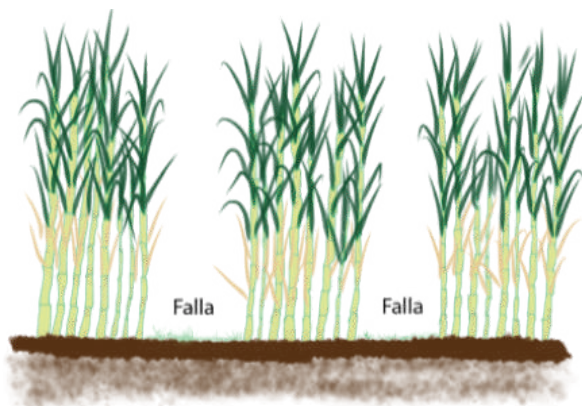


Figura 15. Fallas en una plantación. Fuente: EEAOC.

Para evaluar las fallas se procede de la siguiente manera: en cada tablón (de 3 a 5 ha) se marcan al azar cuatro estaciones de muestreo de cuatro surcos de ancho por 20 metros de largo, y en ellas se determina la cantidad y longitud de las fallas.

Con la sumatoria de la longitud de las fallas determinadas, se estiman los metros de surco sin caña que se registran en el lote y con dicha información se calcula el porcentaje de fallas. El tamaño medio de las fallas (TM) se puede calcular

$$F\% = \frac{\text{suma total de fallas} > 50 \text{ cm (m)}}{\text{suma total de surcos evaluados (m)}} \times 100$$

con la siguiente ecuación:

La frecuencia de ocurrencia de fallas (cada cuántos

$$TM = \frac{\text{suma total de fallas (m)}}{\text{Nº de fallas encontradas}}$$

metros encontramos una falla) se calcula con las siguientes ecuaciones:

A partir de los resultados podemos definir si la

$$\frac{\text{Nº fallas en 100 m de surco}}{\text{Nº fallas en 100 m de surco}} = \frac{\text{Nº fallas en 100 m de surco}}{\text{suma total de surcos evaluados}} \times 100$$

$$\text{Frecuencia de fallas} = \frac{(100 - F\%)}{\text{Nº de fallas en 100 metros de surco}}$$

plantación ha sido o no establecida con éxito y en qué grado (Tabla 3).

Tabla 3. Caracterización de la calidad de la plantación en función del porcentaje de fallas (F%). Fuente: Stolf, 1986.

F%	Calidad de plantación	Observaciones
0-10	Excelente	
10-20	Normal	Esta suele ser la situación observada con mayor frecuencia
20-35	Regular	
35-50	Mala	Refallar en situaciones puntuales del campo. Replantar si las fallas son generalizadas
>50	Pésima	Replantar

En la Tabla 4 se ejemplifica una evaluación de fallas en un sistema de plantación mecánica en la provincia de Tucumán.

Tabla 4. Porcentaje de fallas en dos lotes plantados mecánicamente.

Sistema de Plantación	F%		Nº de fallas		Frecuencia (m/surco)		TM (cm)	
	Lote 1	Lote 2	Lote 1	Lote 2	Lote 1	Lote 2	Lote 1	Lote 2
Plantación Mecánica	3,52	15,68	3	13	19,3	3,89	70	72

### ► Estimación de producción

El rendimiento cultural está influenciado por las características agroecológicas de la zona, las condiciones meteorológicas y el manejo agronómico que se realiza en cada lote.

Los principales componentes del rendimiento cultural (toneladas caña/ha) son el número y el peso de los tallos.

Para estimar la producción de caña del lote en evaluación, se deben marcar tres estaciones de muestreo por cada tablón de 3 a 5 ha. Cada estación estará conformada por tres surcos de 10 m de largo. En cada uno de los surcos se cuenta el número de tallos molibles y luego, con los valores registrados en las tres estaciones se calcula la población media de tallos/metro lineal de surco.

Además, en cada estación de muestreo se cortan 10 tallos sucesivos por surco (30 tallos en total), se pelan

y despuntan en el punto de quiebre natural y se pesan. Con estos datos se estima el peso promedio por tallo.

Con los valores del número promedio de tallos/m y el peso promedio de tallos se estima la producción de caña por surco (100 m) y considerando 62,5 surcos/ha, se obtiene la estimación de la producción por hectárea (Tabla 5).

Como se observa en la Tabla 5, además de obtener la estimación de la producción, la metodología empleada nos permite conocer la población de tallos por metro lineal de surco. En el ejemplo citado, que corresponde a la variedad LCP 85-384, tenemos una población promedio de 20 tallos molibles por metro, valor que resulta adecuado para lograr un buen rendimiento cultural en este cultivar. Además, tanto el número de tallos por metro como el peso de cada tallo son dos variables que nos permiten evaluar el comportamiento de las diferentes variedades en cada lote.

### ■ Consideraciones finales

**L**a plantación mecánica requiere una evaluación permanente y un ajuste adecuado en cada una de sus etapas.

La cosecha de la caña semilla con la cosechadora mecánica integral necesita atención especial para minimizar las pérdidas de yemas, uniformar el tamaño del troceado y lograr una adecuada calidad de corte.

La densidad de plantación (número de yemas/m) y la distribución de las estacas en el fondo del surco son dos aspectos importantes a tener en cuenta para minimizar las fallas.

El bajado de bordo debe realizarse en el momento oportuno para evitar fallas en la emergencia de la caña planta.

La determinación de las fallas es un parámetro muy importante para evaluar la calidad de la plantación.

### ■ Agradecimientos

**E**l Subprograma Agronomía de la Caña de Azúcar de la EEAOC desea agradecer todo el apoyo y los aportes recibidos de técnicos y productores de ingenios, cooperativas y empresas cañeras; y extiende el agradecimiento a los Grupos CREA de caña de azúcar, cuyas contribuciones fueron importantes para la elaboración de esta publicación.



### ▼ Bibliografía consultada

**Beauclair, E. G. F. ; M. S. Scarpari; T. C. C. Ripoli ; M. L. C. Ripoli ; D. V. Casagrandi y B. Y. Ide. 2006.** Plantio de cana-de-açúcar: Estado da arte.

**Duarte, D.; J. Giardina; S. Casen; G. Courel; M. Ponce; P. Digonzelli and E. Romero. 2019.** Planting density seed cane use: Mechanized plantation system and manual platation comparison in Tucumán-Argentina. XXX

Congreso ISSCT 2019.

**Giardina, J. A.; D. N. Duarte; S. D. Casen; J. Arrieta; F. Barceló; S. Fajre and E. R. Romero. 2019.** Evaluation of buds losses in a mechanized plantition system of sugar cane in Tucumán – Argentina. XXX Congreso ISSCT 2019.

**Giardina, J.; P. Digonzelli; E. R. Romero; F. Leggio; L. Alonso; M.**

**Medina; S. Fajre.; D. Duarte y F. Pérez Alabarce. 2015.** Capítulo "Plantación de la caña de azúcar" en Guía Técnica del Cañero. ISBN 978-987-26238-1-4 (1ª edición, 2015), pp. 232.

**Stolf, R. 1986.** Metodologia de avaliação de falhas nas linhas de cana-de-açúcar. Stab, Piracicaba 4 (6): 22-36.



Capítulo

# 2

## Protocolo para la evaluación de la cosecha mecánica integral de la caña de azúcar

Juan Fernández de Ullivari\*,  
Javier Tonatto\*,  
Atina Criado\*,  
Fernanda Leggio Neme\*,  
Patricia A. Digonzelli\*  
y Eduardo R. Romero\*

\* Ing. Agr., Subprograma Agronomía de Caña de Azúcar, EEOAC.

### Introducción

En la provincia de Tucumán, más del 98% de los cañaverales se cosechan en verde con cosechadoras mecánicas integrales (Aybar Guchea *et al.*, 2020). Sin embargo, y a pesar de que se trata de una tecnología ampliamente difundida, son muy pocos los productores, contratistas o ingenios que efectúan controles de la calidad de la cosecha.

La cosecha mecánica, realizada sin control y con personal sin una adecuada capacitación, puede incrementar de forma significativa las pérdidas de caña y de azúcar, producir daños a las cepas y aumentar la cantidad de materia extraña o trash que se lleva al ingenio, disminuyendo la calidad de la materia prima. Por lo tanto, un control efectivo y continuo del proceso tiene como principal objetivo mejorar estos aspectos, logrando mayor recuperación de azúcar y mayor longevidad del cañaveral.

El control de la cosecha mecánica integral se realiza teniendo en cuenta los siguientes propósitos:

**a.** Identificar las principales causas de pérdidas de materia prima (pérdidas por extractor, caña entera, etc.) para posteriormente, y en la medida de lo posible, regular la cosechadora con el fin de minimizar las pérdidas identificadas sin aumentar excesivamente el contenido de materia extraña.

**b.** Evaluar la calidad del corte que realiza la máquina, con el fin de minimizar el daño ocasionado al cañaveral, cuidando la longevidad del mismo. A la vez, el control de la calidad del corte y troceado sirve para reducir las pérdidas invisibles que se producen por un corte deficiente y evitar el deterioro de la materia prima.

**c.** Lograr una mejora continua del frente de cosecha mediante un seguimiento durante toda la zafra, fijando umbrales de pérdidas, calidad de corte y materia extraña (trash) para cada situación.



## Metodología de evaluación

Para alcanzar estos objetivos, resulta fundamental contar con una metodología de evaluación sencilla que permita obtener resultados en poco tiempo y actuar en consecuencia. Esto permitirá reducir significativamente las pérdidas, lograr una mejor regulación de la cosechadora integral y optimizar la calidad del corte, evitando daños a las cepas.

La metodología de evaluación implica:

- Estimación de producción
- Estimación de pérdidas de materia prima
- Estimación del contenido de materia extraña o trash
- Determinación del largo de troceado
- Determinación de la calidad de corte

### Estimación de producción

Resulta fundamental conocer, en primer lugar, un valor estimado de la producción de los lotes, es decir la cantidad total de caña producida en el campo. En función de este valor se calcularán los porcentajes finales de Pérdidas de Materia Prima (PMP) y podrá hacerse una valoración de la calidad de la misma (Tabla 6).

Si este dato no es conocido o no se tiene certeza del mismo, se puede utilizar la metodología descrita en el punto 1.4.3. del Capítulo 1.

Otra forma de calcular la producción del lote es conociendo el peso de la caña que se lleva al ingenio. A este peso aportado por la balanza de la fábrica (peso bruto de caña) hay que descontarle el porcentaje de materia extraña o trash que llevaba esa caña (puede ser estimado con la metodología descrita en el punto 2.4), y sumarle la cantidad de caña que quedó en el campo (valor de pérdidas de materia prima). En este método es necesario contar con la identificación de todos los camiones que corresponden a cada lote y tener bien determinada la superficie de cada lote, para poder asignar la cantidad de caña cosechada a cada uno y finalmente llevar el cálculo a toneladas por hectárea (t/ha).

### Estimación de pérdidas de materia prima (PMP)

Para evaluar las PMP deben marcarse parcelas de superficie conocida (entre 5 y 10 metros cuadrados, aproximadamente). Puede usarse, por ejemplo, sogas y estacas de alambre, madera, hierro, etc. (Figura 16) o cualquier otro elemento que permita demarcar una parcela sobre la superficie cosechada.

Una vez marcada la parcela, se separa y recolecta todo el material considerado molible que haya quedado en el campo, separándolo de las hojas y el despunte inmaduro. Se recomienda marcar y evaluar entre tres y cinco parcelas según el tamaño y la heterogeneidad del lote.



Figura 16. Parcela de 10 metros cuadrados sobre el campo recién cosechado marcada con estacas de alambre y sogas. Tucumán, 2015.

Es importante destacar que las parcelas seleccionadas deben ser lo más representativas posible, para lo cual debe recorrerse el lote e intentar marcarlas en sentido diagonal, a fin de evitar evaluar los mismos surcos. También hay que evitar hacer mediciones en melgas<sup>1</sup>, y deben identificarse sectores de caña caída y de caña en pie en caso que fuese necesario. Las determinaciones de pérdidas deben hacerse apenas cosechado el lote para evitar la subestimación de pérdidas por deshidratación del material vegetal.

En cada parcela se removerá todo el residuo de cosecha en busca de material molible, el cual se clasificará de la siguiente forma (Figura 17):

<sup>1</sup> Las melgas son los surcos por donde la cosechadora y el tractor que la acompaña ingresan por primera vez al lote, generalmente en el medio del mismo. En estos surcos la cosechadora ingresa cosechando y el tractor ingresa aplastando la caña, dado que no tiene surcos ya cosechados por donde circular. Esta caña aplastada por el tractor será finalmente cosechada por la misma cosechadora pero con mayores pérdidas, debido a que no se encuentra erecta, y puede haber tallos que no lleguen a ingresar a la cosechadora.



Figura 17. Clasificación de los diferentes tipos residuos de pérdidas de materia prima en cosecha. Tucumán, 2019.

- **Caña entera:** es la que no ingresa a la cosechadora o la que es cortada por las cuchillas basales pero cae antes de llegar al troceador. Son tallos con más de dos entrenudos y de largo mayor al largo del troceado.
- **Caña troceada:** es la que fue procesada por la cosechadora, pasó por los rodillos troceadores, pero cayó durante el proceso de carga o trasbordo directamente de la mesa (canasto del elevador) o del elevador (rastra) de la cosechadora.
- **Caña soplada:** es la que pasó por el troceador y posteriormente fue expulsada (soplada) por los extractores (primario o secundario). Se presenta como pequeños trozos de caña desmenuzada o deshilachada.
- **Tocones:** Es la porción de caña molible que queda adherida a la cepa cuando se realiza un corte de base demasiado alto. Se considera pérdida por tocón cuando éste supera los 4 cm de altura desde el suelo.
- **Porciones de tallo molible adheridos al despunte:** El despunte puede llevar adheridos algunos entrenudos con calidad fabril que se consideran maduros y son parte de la materia prima industrializable. Se considera el valor de 13° Brix (sólidos solubles totales en el jugo de la caña) como criterio para separar los entrenudos molibles del despunte.

Luego de determinadas las pérdidas citadas se procede a calcular los valores finales de PMP, los cuales pueden ser expresados en kg/m<sup>2</sup>; t/ha y en porcentaje de la producción cultural.

Con la siguiente fórmula se calculan las PMP en kg/m<sup>2</sup>:

$$PMP \left( \frac{kg}{m^2} \right) = \frac{\text{peso promedio de pérdidas de las 5 parcelas (kg)}}{\text{área de la parcela (m}^2\text{)}}$$

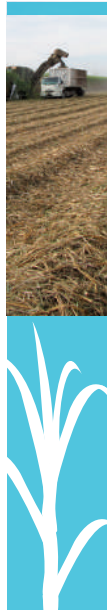
Para llevar este número a toneladas por hectárea, hay que multiplicar por 10.000, que son los metros cuadrados que tiene una hectárea, y dividir por 1.000 que son los kilos que tiene una tonelada.

$$PMP \left( \frac{t}{ha} \right) = \frac{PMP \left( \frac{kg}{m^2} \right) \times 10.000 \left( \frac{m^2}{ha} \right)}{1.000 \left( \frac{kg}{t} \right)}$$

Por lo tanto, multiplicando el número obtenido de la ecuación por 10 se obtienen las PMP en tonelada/ha. Por ejemplo, si la ecuación arrojó una pérdida de 0,5 kg/m<sup>2</sup>, se multiplica por 10 y se obtiene una pérdida de 5 toneladas/ha.

Para obtener el valor de PMP en porcentaje de la producción, se divide este valor en la producción estimada del lote estimada anteriormente:

$$PMP (\%) = \frac{PMP \left( \frac{t}{ha} \right)}{\text{producción potencial} \left( \frac{t}{ha} \right)}$$





En el anexo 3.3. se presenta un modelo de planilla para registrar las evaluaciones realizadas durante el control de la cosecha mecánica.

En la Tabla 6 se ofrece una clasificación de la cosecha en relación al porcentaje de PMP obtenido en la misma.

**Tabla 6.** Rangos de valoración de calidad de cosecha mecánica en porcentaje. Fuente: Mayorga, 2021.

Calidad de Cosecha mecánica	Rango de PMP (%)
Excelente	< 2,5
Muy Buena	> 2,5 - 5
Buena	> 5 - 7,5
Mala	> 7,5 - 10
Muy Mala	> 10 - 12,5
Defectuosa	> 12,5

- **Regulación de la cosechadora mecánica según las pérdidas determinadas**

La discriminación por tipo de pérdida permite identificar las principales causas que las provocan y, por lo tanto, hacer las correcciones pertinentes para intentar reducirlas. De acuerdo al tipo de pérdida predominante, se pueden llegar a hacer las siguientes correcciones:

Si al realizar la medición a campo predominan las pérdidas de caña entera, esto puede deberse a varios factores, en gran parte ajenos a la cosechadora. Entre los más importantes pueden citarse la mala conformación del surco, surcos que

no estén equidistantes, la presencia de caña caída, la alta incidencia de *Diatraea saccharalis* (hace que la caña sea frágil y se quiebre al contacto con la cosechadora), etc. Al detectar la ocurrencia de este tipo de pérdidas convendrá bajar la velocidad de avance de la cosechadora, para permitirle procesar mejor la caña (la velocidad ideal de cosecha está entre 3 y 4 km/h, aunque depende mucho de las condiciones del cañaveral y el nivel productivo del mismo). También se podrá mejorar la regulación de los puntones para que levanten mejor la caña caída. Sin embargo, estas pérdidas, en muchos casos, exceden la regulación de la máquina.

Si la mayor parte de las pérdidas son de caña troceada, habrá que revisar la coordinación entre maquinista y cuartero/camionero, controlar el llenado de los autovuelcos o camiones y controlar el estado del piso de la rastra (elevador), cola de pato (Figura 18) y canasto (mesa) (Figura 19), que son lugares



**Figura 18.** Cola de pato dañada que puede generar pérdidas de caña troceada. Tucumán, 2016.



**Figura 19.** Pérdida de caña troceada que cae del canasto o mesa de la cosechadora. Tucumán, 2022.

por donde comúnmente se producen este tipo de pérdidas.

Si en la determinación de pérdidas se observa un predominio de caña soplada, se pueden bajar las revoluciones del extractor primario (no superar las 900 rpm) o regular el troceador para que corte trozos más largos (esto hará que los trozos individuales tengan mayor peso y no sean aspirados por el extractor). Hay que tener en cuenta que la velocidad del extractor y el largo del troceado influyen sobre los niveles de trash, por lo que deberá encontrarse un punto de equilibrio o velocidad óptima que minimice las pérdidas de caña soplada, sin aumentar excesivamente los niveles de trash.

Si se observa un valor muy alto de tocones, debe regularse la altura del corte basal de la máquina. Lo ideal sería dejar un tocón de dos a cuatro centímetros.

Si el valor elevado de pérdidas está dado por despunte, debe elevarse la altura del despuntador hasta el entrenudo donde el valor del Brix sea 13. Esto se puede determinar con un brixómetro de mano o digital (Figura 20), extrayendo previamente una muestra de jugo del entrenudo que se quiere medir. Entrenudos con valores de Brix menores a 13 complican la extracción de sacarosa y resultan contraproducentes para la fabricación de azúcar.

#### ► Estimación del contenido y la composición de la materia extraña o trash

Para estimar la cantidad de materia extraña que se lleva al ingenio, deben tomarse muestras directamente del camión o autovuelco cargado o del elevador de la cosechadora. Para esto último se puede descargar la caña cosechada en bolsas, una lona o, incluso, en

la caja limpia de una camioneta. Se deben obtener al menos tres muestras de entre 15 y 25 kg por lote. Posteriormente, este contenido se traslada a algún lugar donde pueda ser procesado. Cada muestra se pesa inicialmente para conocer el peso total. Posteriormente se procede a separar el material molible del trash, discriminando los segmentos de tallos maduros del despunte (tallo inmaduro), las hojas verdes y secas, la tierra y cualquier otro material no molible (malezas, cepas, etc.) (Figura 21).

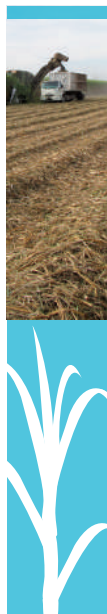
Una vez que la muestra está limpia, se pesan por separado los tallos molibles (estos incluyen tallos enteros y trozos de tallos), las hojas, el despunte, la tierra y otros componentes, si los hubiera. Finalmente se determinan los porcentajes de cada uno de ellos respecto al peso original de la muestra total. El trash total es la suma de los porcentajes correspondientes al material no molible o materia extraña (despunte, hojas y tierra, principalmente). Otra forma de



Figura 20. Brixómetro óptico. Fuente: EEAOOC.



Figura 21. Evaluación de trash: 1. Hojas, 2. Despunte, 3. Tierra, cepa y tocones y 4. Tallos molibles limpios. Tucumán, 2018.





calcularlo es por la siguiente fórmula:

$$\text{Trash (\%)} = 100 - \left( \frac{\text{peso tallos molibles (kg)}}{\text{peso total de la muestra(kg)}} \times 100 \right)$$

Esta metodología es la misma que se utiliza en algunos ingenios, por lo que los valores entre la fábrica y el productor deberían coincidir o presentar una mínima diferencia.

- **Regulación de la cosechadora para minimizar la materia extraña**

Al distinguir los diferentes componentes del trash, también es posible realizar correcciones en la máquina que permitan minimizarlo.

Si el componente principal del trash es el despunte, bastará con bajar el despuntado (idealmente hasta el entrenudo con 13° Brix). Generalmente, un despuntado alto tiene mucha influencia sobre el porcentaje final de trash, ya que el despunte es mucho más pesado, en proporción, que las hojas.

Si el mayor componente del trash son las hojas, es posible aumentar las revoluciones del extractor primario para lograr una mejor limpieza. En variedades de vaina muy adherida al tallo (por ejemplo, LCP 85-384), podría ser conveniente reducir el tamaño del troceado para facilitar el desprendimiento de las vainas y las hojas. Estas dos soluciones podrían aumentar las pérdidas de caña soplada y pérdidas invisibles, por lo que hay que encontrar el equilibrio entre ambos parámetros. Otra opción que permite una mejor limpieza sin aumentar las pérdidas es disminuir la velocidad de avance, lo que permite que la máquina cuente con más tiempo para procesar la caña que ingresa y por lo tanto la limpieza mejora notablemente.

Si se detecta un porcentaje importante de cepas y tierra, sería adecuado elevar la altura del corte basal, reducir la velocidad de avance y revisar el estado de las cuchillas basales, ya que es posible que estén levantando cepas y tierra al cortar muy al ras o por debajo del nivel del suelo, o que las cuchillas se encuentren gastadas y en vez de realizar un corte limpio, tiendan a arrancar las cepas.

El valor de la materia extraña se encuentra directamente relacionado con las condiciones ambientales durante la cosecha, con la hora de cosecha y con la época del año en la que se realiza.

Es esperable obtener valores más altos de materia extraña a comienzos de la zafra, cuando el cañaveral se encuentra con follaje más verde y por lo tanto, más fuertemente adherido al tallo, con mayor humedad y mayor peso. A medida que avanza la zafra, el follaje se va secando, se desprende más fácilmente y los valores de materia extraña tienden a disminuir. Esto último se acentúa en caso de ocurrencia de heladas, cuando el follaje sufre una deshidratación severa, pierde peso y es más fácil que sea expulsado por los extractores.

Por otro lado, dentro de un mismo día la materia extraña tiende a ser más alta durante las horas de mayor humedad relativa del aire (la noche y las primeras horas del día).

► **Determinación del largo de troceado**

El largo del troceado es un parámetro que tiene influencia en la densidad de carga, la materia extraña y las pérdidas de materia prima. A menor longitud, se consigue una mayor densidad de carga, y por lo tanto, una mayor eficiencia en el transporte, con menor costo por tonelada de caña transportada. A la vez, un troceado corto asegura una mejor limpieza de los tallos, sobre todo en variedades con vainas muy adheridas al tallo. Sin embargo, hay que tener en cuenta que al disminuir el largo del troceado, aumentan significativamente las pérdidas de materia prima y de azúcar, tanto por corte (en cada corte de la caña hay pérdida de jugo y de pequeños trozos que aumentan las pérdidas invisibles) como por procesos de deterioro, al haber mayor superficie expuesta al ingreso de los microorganismos causantes de la pérdida de sacarosa.

La decisión de acortar el largo del trozo en un frente de cosecha puede deberse a que los dos primeros efectos benéficos (mayor densidad de carga y menor cantidad de materia extraña) son de fácil determinación y observación, mientras que los efectos perjudiciales (aumento de las pérdidas invisibles y mayor deterioro) resultan mucho más difíciles de observar y cuantificar. Estudios realizados en Australia indican que se puede perder entre dos y cinco toneladas por hectárea de jugo al reducir el largo del troceado. Estos estudios señalan además que en un cilindro troceador de cuatro cuchillas (el más comúnmente utilizado en nuestra provincia), al aumentar el largo de troceado de 15 a 20 cm, las pérdidas se reducen un 3%, sin tener en cuenta las pérdidas por deterioro. Por otro lado, un troceado

más corto produce mayor daño en los trozos y mayor posibilidad de que sean expulsados por el extractor.

Para determinar el largo medio del troceado durante la cosecha se puede utilizar la metodología recomendada por la ISSCT (International Society of Sugar Cane Technologists). Para ello se toman los tallos troceados y limpios de una de las muestras previamente utilizadas para la determinación del trash (aproximadamente 20 a 25 kg). A estos trozos (Figuras 22 y 23) se los clasifica y se los separa en ocho categorías diferentes según su tamaño:

- Categoría 1: trozos de 0 a 10 cm de largo (P1)
- Categoría 2: trozos de 10 a 15 cm de largo (P2)
- Categoría 3: trozos de 15 a 20 cm de largo (P3)
- Categoría 4: trozos de 20 a 25 cm de largo (P4)
- Categoría 5: trozos de 25 a 30 cm de largo (P5)
- Categoría 6: trozos de 30 a 35 cm de largo (P6)
- Categoría 7: trozos de 35 a 40 cm de largo (P7)
- Categoría 8: trozos mayores a 40 cm (P8)

Una vez separadas las categorías, se pesa cada sub muestra (P1, P2, P3, etc.). El largo medio de la muestra total puede calcularse asumiendo las siguientes medias para cada categoría: 5,0 cm; 12,5cm; 17,5 cm; 22,5 cm; 27,5 cm; 37,5 cm y un estimado para la categoría 8 de más de 40 cm. Finalmente, el largo medio de la muestra se calcula con la siguiente fórmula:

$$\text{Largo medio del troceado} = \frac{5 \times P1 + 12,5 \times P2 + 17,5 \times P3 \text{ etc.}}{\text{Peso total de la muestra}}$$

En el siguiente ejemplo se utilizan datos de una medición realizada a una cosechadora John Deere 3520 durante el mes de septiembre en Tucumán. Una vez separada y pesada cada una de las categorías, se obtuvieron los siguientes resultados:

Categoría 1: trozos de 0 a 10 cm de largo = 9,02 kg (P1)



Figura 22. Medición del largo del troceado, Tucumán, 2021.

Categoría 2: trozos de 10 a 15 cm de largo = 11,14 kg (P2)

Categoría 3: trozos de 15 a 20 cm de largo = 4,59 kg (P3)

Categoría 4: trozos de 20 a 25 cm de largo = 2,61 Kg (P4)

Categoría 5: trozos de 25 a 30 cm de largo = 0,43 kg (P5)

Categoría 6: trozos de 30 a 35 cm de largo = 0,18 kg (P6)

Categoría 7: trozos de 35 a 40 cm de largo = 0 kg (P7)

Categoría 8: trozos mayores a 40 cm = 0 kg (P8)



Figura 23. Clasificación del troceado en categorías por tamaño. En este caso no había ningún trozo que entre en la categoría 7 ni 8. Tucumán, 2021.





Usando estos datos en la fórmula:

$$\text{Largo} = \frac{(5 \times 9,02) + (12,5 \times 11,14) + (17,5 \times 4,59) + (22,5 \times 2,61) + (27,5 \times 0,43) + (32,5 \times 0,18)}{27,99 \text{ (peso total de la muestra)}}$$

El resultado de la fórmula arroja un total de 12,18 cm, el cual es el largo promedio del troceado llevado a cabo por ese frente de cosecha.

El largo ideal de troceado varía según las condiciones climáticas y el tiempo entre cosecha y molienda. En general, se recomienda un largo más cercano a 30 cm para condiciones climáticas cálidas y húmedas, y cuando se produce una demora entre corte y molienda. Para condiciones frescas y secas, que serían las predominantes de la zafra en nuestra provincia, un largo de troceado de 20 cm sería adecuado si el tiempo entre corte y molienda no se extiende por más de 24 horas.

#### ► Determinación de la calidad de corte

Este parámetro hace referencia al corte que realizan las cuchillas basales y troceadoras. A medida que las cuchillas se van deteriorando, la calidad del corte empeora rápidamente, y esto aumenta significativamente el daño en trozos y cepas, así como las pérdidas invisibles y por deterioro. Además, un corte basal de mala calidad puede afectar las cepas y la longevidad del cañaveral.

Para determinar la calidad del corte, se pueden utilizar los trozos de la muestra anterior (largo de troceado). A estos trozos se los clasifican en:

- **Trozos sanos:** trozos mayores a 10 cm, sin rajaduras o grietas mayores a 8 cm en total (sumando todas las grietas o rajaduras, salvo las naturales características de algunas variedades, como TUCCP 77-42). En caso de presentar zonas descascaradas, el total de estas no debe ser mayor a 4 cm<sup>2</sup>. El trozo no debe tener los extremos aplastados y/o agrietados (Figura 24).
- **Trozos dañados:** son aquellos que tienen grietas mayores a 8 cm en total o con área de pulpa expuesta mayor a 4 cm<sup>2</sup>, hasta 20 cm<sup>2</sup>. Sin extremos aplastados y agrietados. Además, en esta categoría se incluyen todos los trozos menores a 10 cm (Figura 25).
- **Trozos mutilados:** trozos quebrados, aplastados, o muy dañados, con numerosas grietas y muy

descascarados. Trozos con superficie de pulpa expuesta mayor a 20 cm<sup>2</sup> (Figura 26).

Una vez que los trozos son clasificados en cada categoría, se determina el porcentaje en peso de cada una de ellas respecto al peso total de la muestra (la categoría de trozos sanos debería ser dominante sobre las otras para considerar que se está realizando un buen corte).

Para determinar la calidad del corte, se considera el porcentaje en peso de tallos sanos. Un porcentaje aceptable es del 70%. Por debajo de ese valor, la calidad de corte se considera deficiente.



Figura 24. Trozo sano, buena calidad de corte. Tucumán, 2020.



Figura 25. Trozo dañado con pulpa expuesta entre 4 y 20 cm<sup>2</sup>. Tucumán, 2020.



Figura 26. Trozo mutilado, con extremos aplastados. Tucumán, 2020.

#### ■ Valores de referencia

Una vez que llega la cosechadora a un campo, es importante tener en cuenta algunos valores de referencia para poder comparar el trabajo que se está realizando con los valores ideales



o recomendables. De esta forma, puede corregirse o intentar mejorar los valores obtenidos en el campo para acercarse a los valores de referencia. En la Tabla 7 se indican los valores o rangos de referencia para una cosecha eficiente, considerando los parámetros más comúnmente evaluados.

**Tabla 7.** Valores de referencia para los parámetros más importantes en el control de una cosecha integral.

Parámetro	Valores de referencia
Pérdidas de Materia Prima	2,5 % a 4 %
Trash	Hasta 8 %
Velocidad de avance	3 a 4 km/h en cañaverales de alta producción
	4 a 6 km/h en cañaverales de baja producción
Altura del despuntador	Despuntar el entrenudo con menos de 13 ° Brix
Altura del tocón (cm)	De 2 a 4 centímetros
Velocidad del extractor primario	Evitar superar las 900 rpm
Cuchillas basales	Girarlas cada 250 a 350 toneladas y cambiarlas cada 1000 a 1400 toneladas. El giro o cambio será más frecuente en suelos arenosos o si durante la cosecha las cuchillas tocan el suelo.
	Cambiarlas cada 1200 a 2000 toneladas
Cuchillas troceadoras	Cambiarlas cada 1200 a 2000 toneladas
Largo trozos	20 cm

### ■ Importancia del control durante la cosecha

**E**s importante considerar que durante la cosecha las pérdidas de materia prima pueden llegar a valores de 10% al 15% de la caña producida (sin considerar las pérdidas invisibles ni las relacionadas al trash). Estos valores de pérdidas pueden ser equivalentes, por ejemplo, a no fertilizar el cañaveral. Es por esto que el control de la cosecha resulta una herramienta fundamental y de relativamente fácil implementación, para que el productor logre llevar al ingenio la mayor parte de la caña producida y aumentar su rentabilidad.

Por otra parte, la capacitación del personal del frente de cosecha, del encargado del campo y de todo el personal que tenga relación directa con la cosecha resulta de fundamental importancia para disminuir

las pérdidas de materia prima, reducir los valores de trash, mejorar el corte, evitar el pisoteo de surcos y aumentar la longevidad de la cepa. Por todo lo antedicho es muy recomendable formar un equipo de control de cosecha que siga a cada frente de cosecha midiendo las PMP, el trash y la calidad del corte. Este control permitirá evaluar el desempeño de todos los frentes de cosecha, lo que llevará a un proceso de mejora continua.

### ► Desinfección y limpieza de la cosechadora integral

Otro aspecto importante a tener en cuenta durante la cosecha mecánica es la desinfección de la cosechadora. Las herramientas de corte de la máquina pueden transmitir enfermedades sistémicas de la caña de azúcar. Las más importantes son el raquitismo de la caña soca o “RSD (*Leifsonia xyli* subsp. *xyli*) y la escaldadura de la hoja (*Xanthomonas albilineans*). Estas enfermedades bacterianas pueden encontrarse presentes en lotes comerciales de Tucumán, especialmente aquellos de mayor edad y que no provienen de caña semilla de alta calidad. Como las bacterias causantes de las enfermedades mencionadas tienen capacidad de sobrevivir en las herramientas de corte durante varios días, es importante desinfectar las cosechadoras regularmente para evitar infectar un cañaveral sano y disminuir la difusión de estas enfermedades en la provincia.

La desinfección es sencilla y consiste en pulverizar las cuchillas basales con una solución de amonio cuaternario al 1% al pasar de un lote a otro.

Las máquinas cosechadoras que hayan estado trabajando en lotes infectados con *Tupulo* (*Sicyos polyacanthus*), una de las principales malezas de la provincia, deberán soplar y limpiarse para evitar la diseminación de sus semillas, ya que la cosecha integral es uno de los principales agentes de diseminación de esta maleza.

### ■ Consideraciones finales

**P**ara lograr una cosecha eficiente es necesario realizar un control permanente en cada uno de los frentes de cosecha, midiendo lo más certeramente posible las PMP, la materia extraña y la calidad de corte. Así también, resulta fundamental identificar el principal o los principales motivos de las pérdidas de materia prima o del exceso de materia



extraña, para buscar las soluciones inmediatamente.

Por otro lado, el mantenimiento y la regulación de las máquinas cosechadoras cumple un rol decisivo en el desempeño de estas; la velocidad de avance, la velocidad de los sistemas de limpieza, el largo del troceado y el estado de las cuchillas son parámetros a los que debe otorgárseles especial atención.

La calidad del corte está directamente relacionada con filo de las cuchillas, por lo que es importante revisar y exigir que se coseche con buenas cuchillas y que se roten o cambien periódicamente. Esto evitará importantes pérdidas invisibles y por deterioro y favorecerá una mayor longevidad del cañaveral.

La capacitación del personal de cosecha resulta un factor decisivo para lograr un mejor desempeño del frente de cosecha. Es recomendable que al menos una persona del frente de cosecha se encuentre capacitado para evaluar la calidad del proceso y realizar las correcciones necesarias para mejorarla.

Aspectos tales como mejorar la planificación, el ordenamiento y el control de la cosecha, con el propósito de limitar los efectos de los diferentes factores responsables de la disminución de la calidad y de la ocurrencia de pérdidas de materia prima, contribuirán eficazmente a lograr mayor recuperación de azúcar en la fábrica y una gestión económica exitosa en la explotación agrícola.

### Bibliografía consultada

**Aybar Guchea, M.; S. Ostengo; M. A. Espinosa; P. Medina; J. V. Díaz; E. R. Chavanne; D. D. Costilla y M. I. Cuenya. 2020.** Relevamiento de la distribución de variedades y de otras tecnologías aplicadas en el cultivo de caña de azúcar en la provincia de Tucumán: campaña 2019/2020 (Parte I). Reporte Agroindustrial 195. EEAOC. 11p.

**De Beer, A. G. & T. C. Boevey. 1979.** Field performances of chopper harvesters. In *Proc S Afr Sug Technol Ass* 53, pp. 158-162.

**Fernandez de Ullivarri, J.; J.**

**Arrieta; S. Casen y E. R. Romero. 2017.** Control de calidad de cosecha en caña de azúcar. Guía práctica para el control de la cosecha integral. *Avance Agroindustrial* 37 (4), pp. 16-22.

**Mayorga, R. W.; I. Ginel; D. Navarro; M. M. Caro; R. E. Villagra y D. C. Cabrera. 2021.** Pérdidas de materia prima en cosecha mecanizada integral del cultivo de caña de azúcar en Tucumán. En *Un mundo, una salud: hacia un enfoque integrado de la producción* : X Reunión de Producción Vegetal, VIII de Producción Animal y I de Veterinaria del NOA / M. Valeria

García-Valdez *et al.* - 1a ed. - San Miguel de Tucumán, Universidad Nacional de Tucumán. Facultad de Agronomía y Zootecnia, 2021. Libro digital, PDF.

**Sugar Research Australia Limited. 2014.** Harvesting Best Practice Manual. Technical publication MN14001. Sugar Research Australia, Indooroopilly

**Valeiro, A. y C. Biaggi. 2019.** Revisión crítica de la evolución tecnológica de la cosecha de la caña de azúcar en la Argentina. *Revista de Investigaciones Agropecuarias* 45 (1), pp. 31-43.

# **EN ZAFRA SOMOS EXPERTOS...**

*Nuestro grupo de Agrónomos está enfocado en conocer los objetivos y aspiraciones de cada cliente y determinar aquellos obstáculos a los que nos enfrentamos, para poder diseñar un plan de acción que nos permita llegar a donde queremos y acompañarlos en cada paso.*

**SOMOS ESPECIALISTAS EN OPTIMIZACIÓN DE CULTIVOS Y NUESTRO COMPROMISO NÚMERO UNO ES CON EL ÉXITO DE TU CAMPO.**

**ZAFRA S.A.**

ZAFRA S.A.  
*#JohnDeereConecta*



+ PERSONAS  
MÁQUINAS +  
+ TECNOLOGÍA  
INTELIGENCIA +