

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 permitan 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.

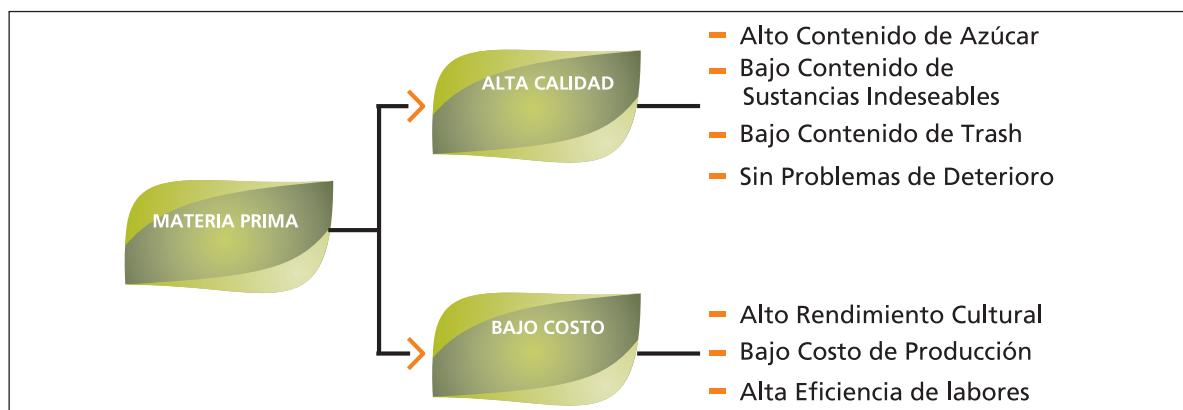


Figura 1: Características de la materia prima de óptima calidad.

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 (quema, 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.

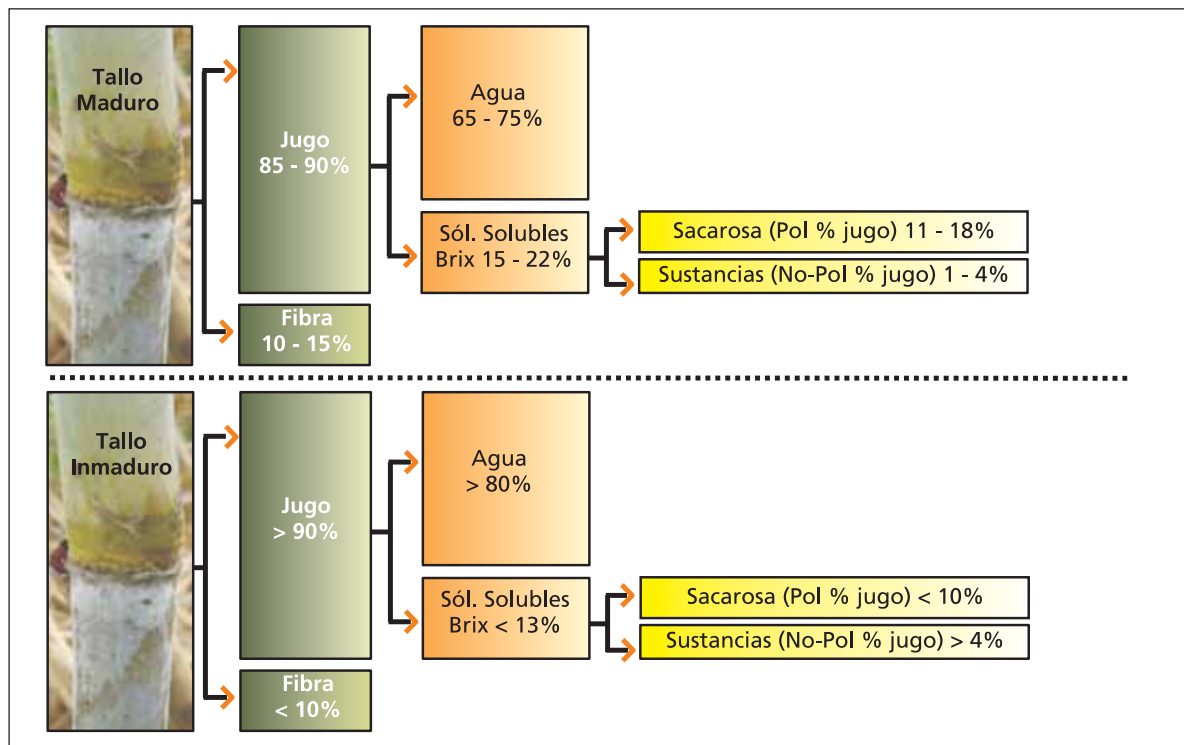


Figura 2: Composición química típica de tallos molibles maduros e inmaduros.

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 1º y 2º.**
- **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%.

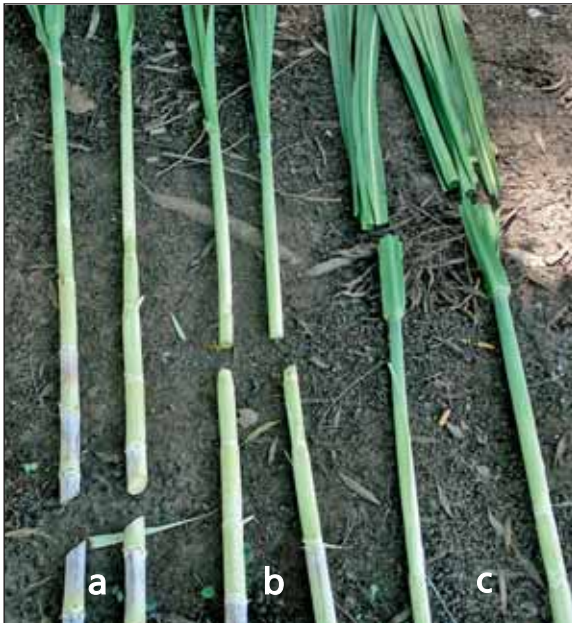


Figura 4: Distintas alturas de despuntado. Excesivo (a); adecuado (b) e insuficiente (c)

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 molible, 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%.



Fuente: Dr. J. P. Stupiello. SATCA 2005

Figura 6: Parcela de cinco surcos de 10 m.



Fuente: Dr. J. P. Stupiello. SATCA 2005

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.