

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.

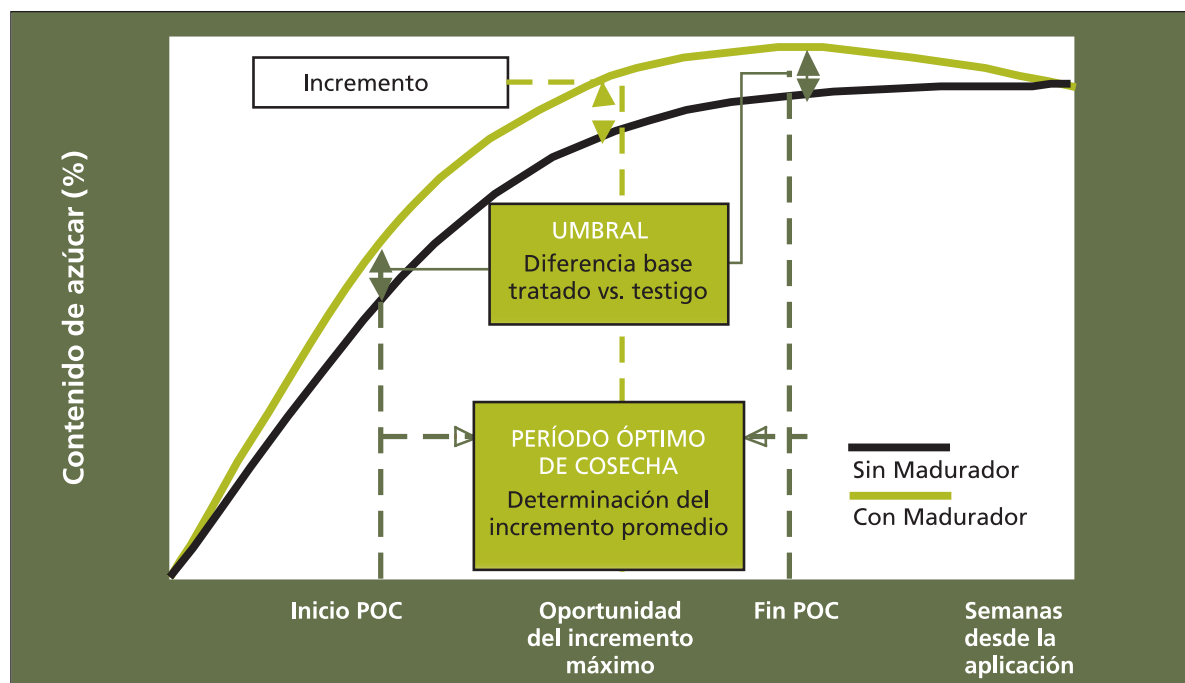


Figura 1: Idealización del efecto de la aplicación de un madurador en la dinámica de la maduración de la caña de azúcar. Se señalan los principales indicadores de respuesta al madurativo.

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 1^o 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.