

LA MADURACION, SU CONTROL Y LA COSECHA DE LA CAÑA DE AZUCAR

Ing. Marco A. Chaves Solera¹
MAG

La caña de azúcar se cultiva con el objetivo de utilizar la sacarosa que se acumula en sus tallos, contenido que depende de varios factores que lo determinan, principalmente ecofisiológicos y de manejo. Razón por la cual se hace necesario compaginar los factores controlables que pudieran influenciar los rendimientos de la caña en campo y fábrica y evitar así pérdidas significativas de carácter económico: para ello debemos considerar varios elementos determinantes de la eficiencia, como son:

- Manejo del cultivo antes de la cosecha de la caña
- Manejo durante la cosecha, y
- Manejo post-cosecha de la materia prima

Está demostrado que el crecimiento de la caña es consecuencia directa de la respiración, pues libera energía proveniente de los hidratos de carbono (desasimilación) acumulados por la planta (glucosa), para ser utilizados luego en activar su elongación. De manera que para favorecer la acumulación de sacarosa debe impedirse el crecimiento y favorecer la inversión de azúcares reductores (asimilación).

La maduración ha sido definida por numerosos autores, Stearns indica que consiste en un proceso metabólico de cambios y reacciones fisiológicas, mediante el cual la caña de azúcar detiene su crecimiento e inicia la acumulación de energía en forma de sacarosa en los entrenudos del tallo.

Para comprender la naturaleza de la maduración, es necesario conocer el ciclo vegetativo de la caña, el cual ha sido dividido en tres fases:

1. Desarrollo de las Cepas:

Abarca desde la germinación o retoñamiento hasta que el campo cierra (5-7 meses de edad). En esta etapa la humedad de la planta debe mantenerse arriba de 85%.

2. Formación de Sacarosa:

Desde el cierre del cañal hasta el crecimiento vegetativo completo, la planta cuenta en esta etapa con 14-15 hojas verdes y una humedad de 78-80% es lo recomendable. El nitrógeno inicia su agotamiento reduciendo su contenido.

^{1/} Ingeniero Agrónomo. Funcionario de la Sección de Caña del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG). Presentado en el “*Seminario de Tecnología Moderna de la Caña de Azúcar*”, 2, San José, Costa Rica, 1982. Memorias. San José, CAFESA / ATACORI / MAG/ LAICA, setiembre. p: 28-40.

3. Maduración:

Se inicia tres meses antes del corte teórico con una reducción en el crecimiento y la conservación de azúcares reductores a Sacarosa, la planta tiene en este momento 8-9 hojas verdes y tanto la humedad como el Nitrógeno de la sección 8-10 del tallo deben disminuir y alcanzar valores de 73-75% y 0,25%, respectivamente.

Estas fases del ciclo vegetativo se ven influenciadas significativamente por factores ecológicos, varietales y culturales que determinan su inicio, intensidad y finalización. Entre los factores no modificables que determinan la madurez y los rendimientos de la caña de azúcar tenemos:

a) Elementos del Clima

La producción de sacarosa diferencial entre las zonas cañeras y entre los meses de Zafra de una misma zona se debe en gran parte a las variaciones del clima (Figura 1).

Precipitación: Durante la Zafra, las lluvias causan una aceleración en el crecimiento de la planta y con ello la inversión de sacarosa, la cual es utilizada en la elongación de los tallos como fuente de energía, influenciado negativamente los contenidos de sacarosa.

Temperatura: El efecto de las temperaturas nocturnas elevadas es muy semejante al de la lluvia. La caña requiere para madurar, noches frías y días calientes, en nuestro país los años que los cañeros consideran “muy buenos” en la producción de azúcar, coinciden con temperaturas nocturnas bajas y altas en el día, en el Atlántico cuando se presentan temperaturas bajas y poca lluvia, se logran cañas con alto contenido de Sacarosa y buena Pureza.

Nubosidad: La asimilación de la sacarosa está gobernado principalmente por la energía solar en forma de calor y luz, de manera que una alta nubosidad hace que la intensidad lumínica se vea reducida, afectando tanto el fotoperiodismo como la actividad fotosintética; y con ello, la formación de azúcares en especial en contenido de Sacarosa y la Pureza de los Jugos.

Vientos: Afectan la tasa de transpiración, la fotosíntesis y tienen cierto efecto secante, además de causar rajaduras en las hojas, condición que influencia el rendimiento final de las cañas.

b) Altitud

Determina algunos de los elementos del clima y el ciclo vegetativo de la caña, regulando el grado de acumulación de Sacarosa.

c) Características Edáficas

La condición textural del sustrato, puede inferir el nivel de elongación de la caña, las texturas arcillosas tienen mayor capacidad de retención de agua (humedad) que las arenosas. Suelos con altos contenidos de materia orgánica mantienen un índice de crecimiento continuo, lo mismo que suelo donde se realizan aplicaciones de materiales orgánicos (cachaza, broza de café, etc.).

d) Nivel Freático

Cuando el nivel es elevado, la planta encuentra una situación semejante al efecto ocasionado por la lluvia.

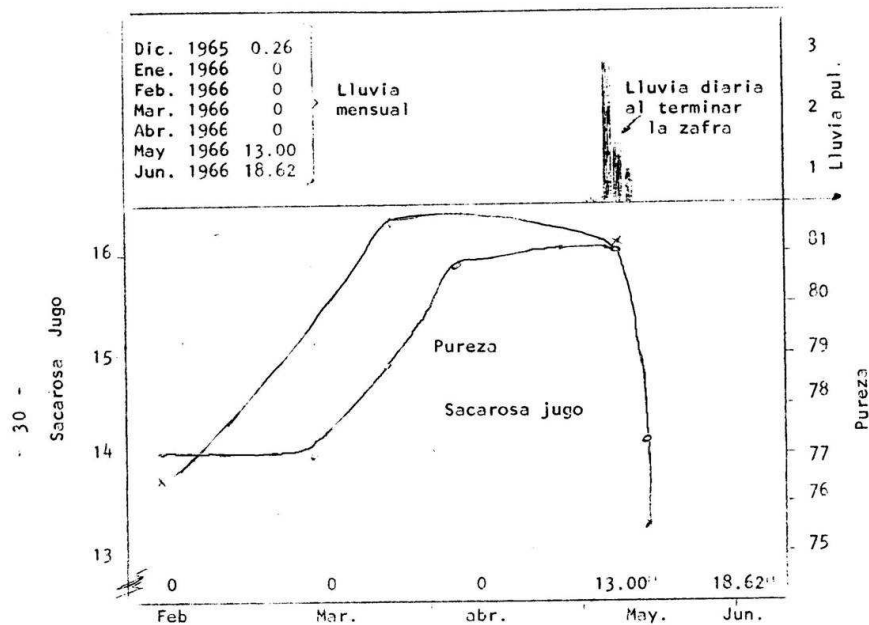


Fig. 1. RELACION ENTRE SACAROSA, PUREZA Y LLUVIA EN EL CENTRAL EL PALMAR (PUNTARENAS). 1965 - 1966

Existen otros factores, modificables, que determinan los rendimientos, entre ellos se tienen:

a) Variedad

No todas maduran en la misma época aunque sean influenciadas por los mismos factores, razón por la cual se ha establecido una clasificación de variedades de acuerdo a su madurez.

Varietades de Maduración Precoz o Temprana: Con ellas se inicia la Zafra, se tiene por ejemplo Pindar, L 60-14, Q 75, Q 63, CP 50-28, lo mismo que H 32-8560 y H 37-1933 en zonas de altura.

Cañas de Madurez Intermedia: Constituyen la materia prima que mantiene la mayor parte de la Zafra: B 50-377, B 50-135, Q 68, Q 77, NCo 310, NCo 376, B 59-23, B 61-208, B 54-142, Co 419, B 69-232 y en el caso de zonas elevadas H 50-7209 y H 44-3098.

Varietades de Madurez Tardía: Cañas cuyo tiempo para lograr la madurez es largo, son las que se cortan de último: POJ 2878, B 47-44, Co 421, H 56-4848 y H 57-5174.

b) Época de Siembra

La fecha de siembra determina en parte la época de cosecha, se ve favorecida si existe riego.

c) Fertilización

Debe ser racional en época, cantidad, fórmula y forma de aplicación. Fertilizaciones inadecuadas hacen que la caña mantenga su crecimiento de manera continua y afecte la calidad de los jugos.

d) Prácticas Culturales

(Desaporca, Aporca, Resiembra, etc). El desarrollo se ve favorecido, lo cual incrementa los rendimientos.

e) Riego y/o Drenaje

El riego hace que el desarrollo se vea favorecido, mientras que el exceso de humedad, además de que lo impide (condiciones de inundación) hace que la planta produzca jugos de baja calidad por impedimento del proceso de maduración.

f) Control de Madurez

Representa una práctica elemental debido a que la caña debe cortarse cuando su concentración de Sacarosa es máxima.

g) Quema

Facilita la cosecha, sin embargo, acelera la velocidad de deterioro del material, en el ingenio el rendimiento de extracción se favorece por molienda de caña con menos basura.

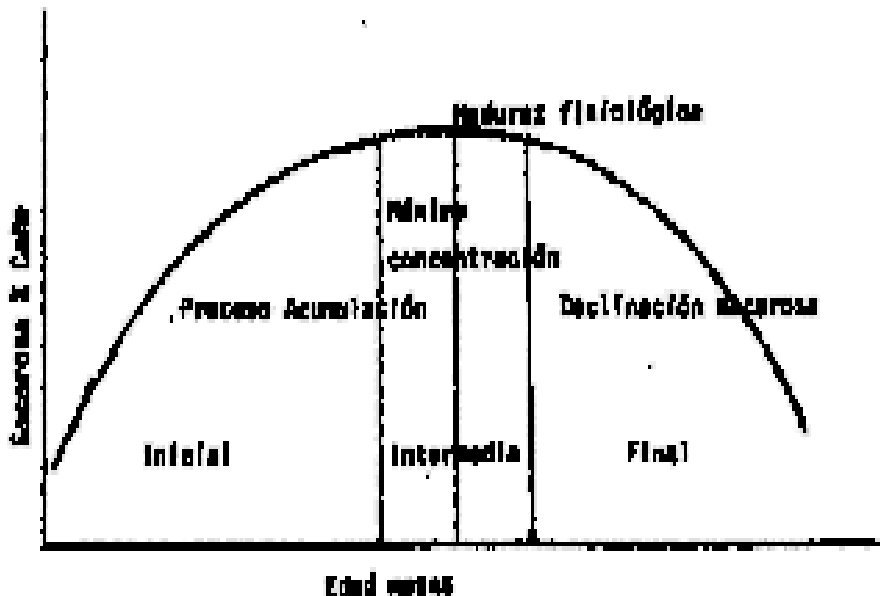
h) Época de Cosecha

Debe coincidir con la etapa de mayor contenido de sacarosa en la caña.

Aspectos Administrativos

Debe transportarse y molerse la caña, lo más rápidamente posible, para evitar pérdidas por deterioro, todas las labores de campo e ingenio deben estar programadas y sistematizadas.

La acumulación de Sacarosa en la caña normalmente presenta un comportamiento semejante al de la curva de Gauss, donde se pueden definir tres secciones o etapas: inicial, intermedia y final, en las cuales la cantidad de sacarosa aumenta al principio para finalmente declinar con el tiempo (Figura 2). Existen diferencias marcadas entre las variedades respecto a su curva de acumulación, la cual es también influenciada significativamente por los factores modificables del rendimiento citados en un principio, sobre todo los no controlables, así por ejemplo: la variedad Pindar, presentar una curva con un punto de máxima concentración muy corto, lo que hace muy estrecho su periodo de corta, mientras que en la H 44-3098 este periodo es más amplio.



Debe tratar de hacerse coincidir el periodo de máxima concentración de Sacarosa (madurez fisiológica) con la época de corta (madurez teórica), para lograr el mejor rendimiento, hay que recordar que la edad (meses) no es sinónimo de madurez.

Los cambios sufridos por los entrenudos del tallo al completar su ciclo vegetativo e iniciar su periodo de maduración, son los siguientes:

- Engrosamiento y alargamiento de las células de la pared celular.
- Se presenta un aumento sensible en la materia seca.
- Ocurre una deshidratación gradual del tallo.
- Aumento y acumulación de sacarosa en los entrenudos.
- Reducción del grado de alargamiento.

Por otra parte el transporte y la acumulación de azúcares en la caña de azúcar, presenta las características siguientes:

- La Sacarosa es el principal componente transportado.
- La energía requerida en la traslocación proviene a la vaina y luego al tallo.
- La síntesis ocurre tanto en la noche como en el día, mientras que el transporte es básicamente diurno, durante la noche se acumula en forma de almidones (polímero).
- El movimiento descendente de la sacarosa varía de 1 a 2 cm/minuto.
- Parte de la sacarosa llega a las raíces y baja a los mamones, aunque la mayor parte se acumula en la caña moledera.
- La acumulación ocurre primero en los entrenudos inferiores.
- El aumento de la temperatura del aire y la zona radical, incrementan la cantidad de sacarosa existente y transportada.
- La deficiencia de N-P-K disminuye el transporte de Sacarosa.
- Un decrecimiento en la humedad reduce la traslocación en los nudos superiores.

La floración es una respuesta de la caña principalmente al fotoperiodo, donde, por inducción, la yema terminal se convierte en botón floral.

Algunos de los efectos de la floración en el desarrollo son los siguientes:

- Reducción evidente de la absorción radical.
- Reducción en el abastecimiento de carbohidratos.
- Excreción de N y K por la raíz.
- Reducción marcada en la velocidad de la actividad fotosintética.
- Muerte de las hojas inferiores.
- Distribución retardada de nutrientes.
- El desarrollo terminal se detiene.
- Hay emisión de brotes laterales (lalas).
- Formación descendente de médula en el tallo.
- Ocurre deshidratación de los tejidos.
- Se presenta una baja recuperación en el azúcar en el ingenio.

La floración ha sido considerada por muchos investigadores como una práctica de energía en la planta, energía que podría ser aprovechada mejor en otras actividades principalmente de síntesis de Sacarosa.

Se ha encontrado también un aumento significativo del contenido de Fibra en la caña producto de la floración. En Argentina, Hernández, citado por Humbert, determinó que el contenido de Fibra en los entrenudos superiores fue 29,8% más alto que los comprendidos del sétimo a la base, también se evidenció un 14% más de fibra en los seis entrenudos superiores al comparar una

variedad que florea con otra que no lo hace, cantidad suficiente para reducir la extracción de jugo de la caña en un 17% aproximadamente.

La presencia de brotes laterales o lalas es otro efecto de la floración en el cual hay pérdida de Sacarosa y reducción de los rendimientos, debido a la inversión parcial de ésta en azúcares reductores que se usan como energía para el desarrollo vegetativo.

En términos generales, se ha encontrado correlación altamente significativa entre la floración y la declinación de los rendimientos de azúcar recuperable, tanto así que Gallardo y otros, en México, han comprobado una disminución del 30% en el rendimiento de azúcar, comparando tallos floreados de la variedad Co 421 con médula de entrenudos superiores, con otra de poca médula.

Experimentos de campo en la Ewa Plantation Company de Hawaii, mostraron que la caña con un 35% de floración podría perder de 2 a 3 toneladas de azúcar del rendimiento normal de 14 toneladas. A su vez, en Wiluku Sugar Co., en Hawaii, se logró aumentar el rendimiento de 1,7 a 3,7 toneladas por hectárea al impedir la floración, suspendiendo los riesgos durante 40 días.

Métodos de Muestreo para Conocer la Madurez de la Caña

El control de madurez de la caña consiste en el análisis practicado a muestras representativas de la plantación comercial, tomadas periódicamente, con el fin de conocer la concentración de sacarosa de sus jugos y determinar consecuentemente su grado de maduración y poder establecer una fecha de corta valedera.

Existen varias metodologías indicadoras del grado de madurez de la caña, las cuales difieren básicamente en su grado de exactitud y dificultada. Entre ellas tenemos:

Programación por Brix:

Este método es el más simple e inexacto y se emplea donde aún no se cuenta con laboratorio de campo. Mediante el refractómetro de mano se obtiene la lectura de Brix del Jugo de los tercios superior, medio e inferior, el jugo se extrae picando con un punzón de tallos.

El punto de madurez se determina cuando las tres lecturas tienen valores semejantes, es decir, el resultado se aproxima a uno, el grado de aproximación indica su nivel de maduración.

Se recomienda iniciar los muestreos dos meses antes de la fecha supuesta de cosecha, punzando cada 22 días 10 cañas diferentes, en 5 puntos, que serán fijos, del cañal; totalizando 50 cañas en un lote no mayor de 10 hectáreas, la Figura 3 muestra el diagrama de muestreo en el campo.

Los datos se organizan dando mayor prioridad de corta a aquellos lotes donde la lectura de Brix fue mayor.

Programación por Humedad en la Sección 8-10 del Tallo y Análisis en el Molino de Laboratorio.

Es el más usado en nuestro país, se emplea cuando se dispone de una estufa y un molino de laboratorio. Primeramente debe obtenerse la Sección 8-10 del tallo, que ha sido considerado el punto de transición más sensible para indicar el contenido nutricional de la planta, arriba de estos internados el tallo es muy tierno, abajo se consideran ya maduros. Para ello se designa la hoja en crecimiento como número 1 y así se cuenta en forma descendente y alterna cada hoja, hasta llegar a la número 11, cortando a nivel del canuto y cuenta cuatro hojas hacia arriba donde también se corta (Figura 4).

Se muestrea al igual que el método anterior, sin embargo, algunos ingenios como Cooperativa Victoria, toman en cada punto de muestreo un metro de caña en vez de las diez cañas, y se obtiene la Sección 8-10, el resto de los tallos se llevan al laboratorio y muelen en el molino, determinándose los componentes principales del jugo: sólidos en suspensión (Brix), Sacarosa Aparente (Pol) y su Índice de Pureza; mediante los métodos convencionales.

De la parte media de los entrenudos de la sección 8-10, se cortan suficientes rodajas para formar una muestra de 100 gramos que se pesan e introducen en la estufa, a una temperatura de 80-85 °C, hasta peso constante (24 horas), para determinar la humedad.

Otro sistema semejante al anterior varía solo en que en vez de moler la caña y tomar la Sección (8-10), ésta se desfibra en su totalidad y se toma una muestra de 100 gramos, de los cuales 100 se llevan a la estufa hasta peso constante donde se obtiene la materia seca, 500 gramos se someten a una presión de 13.600 libras por minuto en la prensa hidráulica para la extracción del jugo al que se le analizan sus componentes en forma directa. Con los datos anteriores, se calcula mediante fórmulas varios parámetros como: humedad % de Caña, Brix % de Caña, Jugo Absoluto % Caña, Fibra % Caña, No Azúcar % Caña y la relación Pol/Fibra. Este método es utilizado por varios ingenios, tal es el caso de Taboga y El Viejo.

3. Modalidad de la Licuadora (Pol-Ratio)

Se emplea sobre todo en cultivo bajo riego y a nivel experimental, es un método sumamente exacto aunque demasiado sofisticado y costoso. Las determinaciones que se hacen en el laboratorio a las muestras obtenidas bajo la metodología ya apuntada; son los siguientes:

a. Porcentaje de Humedad Caña y Sección (8-10)

Este aspecto al igual que en el método anterior, es el factor de decisión más importante para otorgar la prioridad de corte, el lote de menor humedad será el primer candidato al corte.

b. Polarización % Caña

Es un criterio importante que equivale al contenido de “Sacarosa en Caña”, esta fuertemente correlacionado a la humedad.

Figura 3. Área de 5 a 6 Hectáreas y Distribución de los Puntos de Muestreo Según la Forma del Terreno

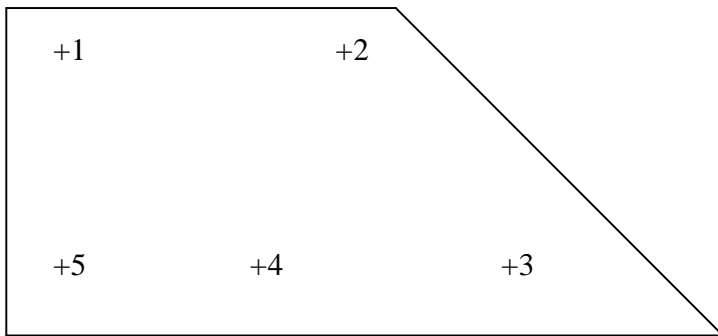
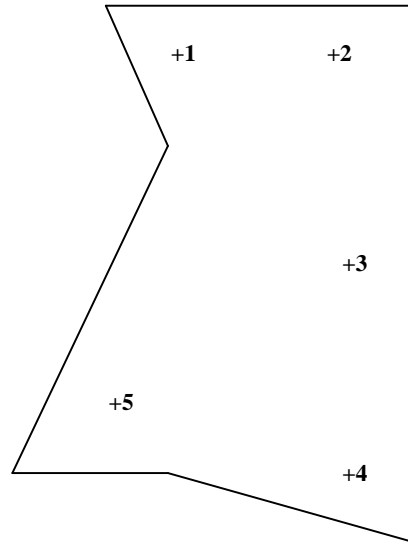
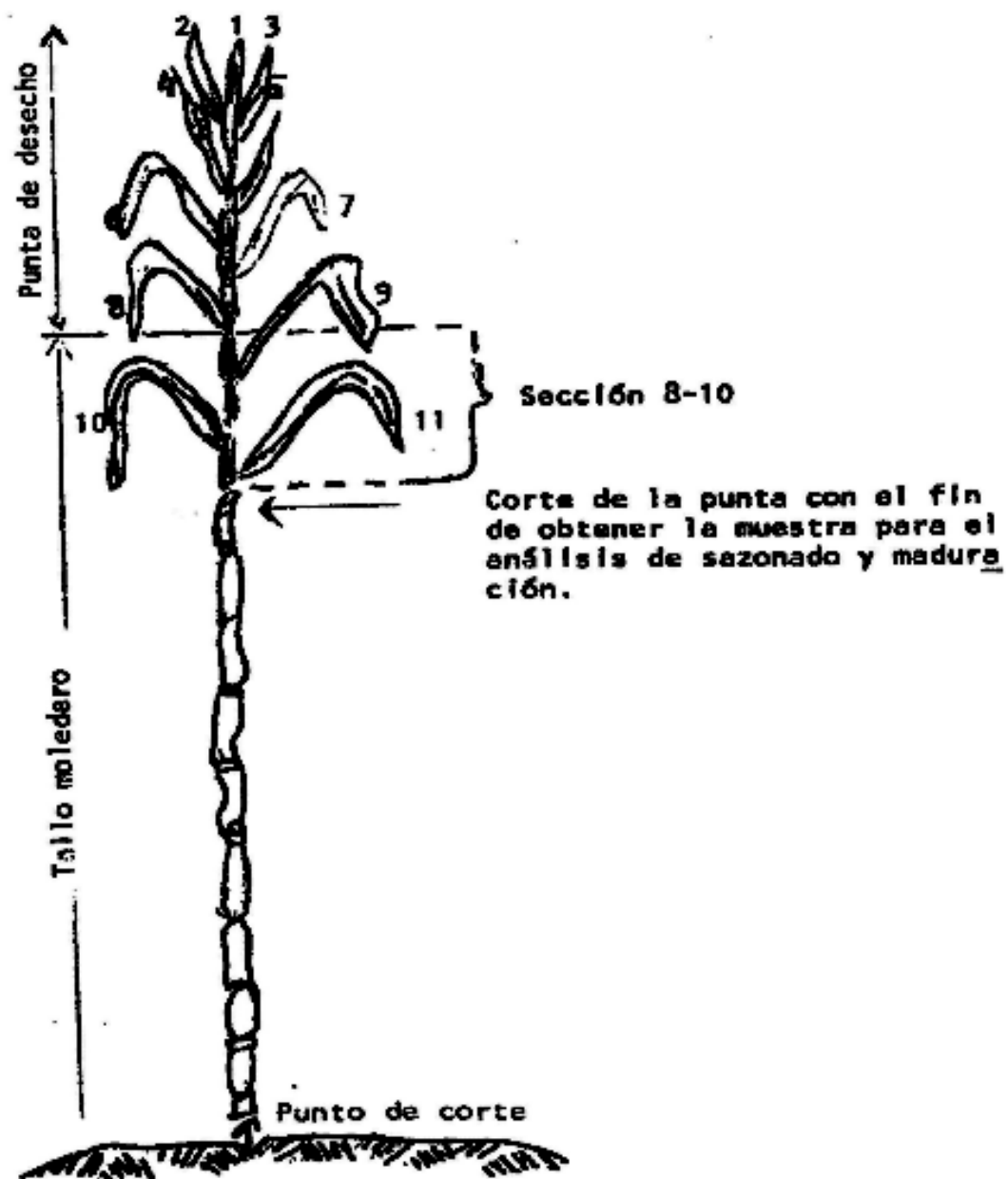


Figura 4. División de la Muestra para su Análisis, en el Control de Sazonado y Maduración



c. Azúcares Reductores

(Relación Sacarosa–Glucosa). Representa un parámetro de madurez importante ya que al madurar la caña, los azúcares reductores se transforman a Sacarosa por deshidratación. La relación se mantiene baja cuando la caña está en crecimiento, pero debe aumentarse conforme se acerca su madurez fisiológica, un valor de 8 o mayor, preferiblemente, se considera bueno para lograr altos rendimientos.

d. Porcentaje de Nitrógeno en la Sección (8-10)

Este valor es indicativo del estado de crecimiento de la caña, cuando su contenido es superior al nivel crítico de 0,25% la caña no se encuentra aún en su madurez fisiológica. La fertilización nitrogenada en dosis excesivas o aplicaciones tardías, lo mismo que suelos deficientes en Potasio, o muy orgánicos, además de otras características, hacen que el agotamiento del Nitrógeno no se logre, lo cual mantiene la tasa de crecimiento continua. Es importante también conocer los niveles críticos de fósforo (0,04%), y Potasio (0,75%), aunque no sean determinantes.

e. Porcentaje de Fibra en Caña

La fibra en exceso afecta el azúcar recuperable y disminuye la cantidad de jugo en la caña.

Seguidamente se citan, en orden de importancia, los criterios para establecer prioridades de corte.

1) Porcentaje de Humedad de la Sección (8-10)

Se ha encontrado que por cada 1% que baje la humedad, hay un incremento de 1,5 kilogramos de azúcar por tonelada de caña, el nivel crítico es de 73%.

2) Azúcares Reductores, Relación Sacarosa-Glucosa

Al momento del corte la relación debe ser superior a 8.

3) Porcentaje de Nitrógeno, Sección (8-10)

Durante la maduración el Nitrógeno debe alcanzar un nivel de 0,25%, el Fósforo 0,04% y el Potasio 0,75%.

4) La Polarización de la Caña

En la tercera etapa del desarrollo, el contenido de Sacarosa debe ser mayor del 12%.

5) Porcentaje de Fibra en la Caña

En términos generales, la programación de los cortes depende de varios aspectos, como son:

- a. Organización de las siembras
- b. Características de variedades (Ciclo Vegetativo)
- c. Capacidad de molienda del ingenio
- d. Características del área de abastecimiento
- e. Número de frentes de corte
- f. Disponibilidad de mano de obra y transporte
- g. Establecimiento y cambio en las prioridades de corte

Durante los últimos años se ha utilizado productos químicos para forzar las plantas a madurar, sin embargo, debe aclararse que el uso de estos productos se justifica solamente en aquellos lugares donde la maduración natural se encuentra impedida, o las características no la favorecen.

Algunas de las condiciones necesarias para el uso justificado de los maduradores químicos en caña de azúcar, son los siguientes:

- a. Regiones donde las condiciones climáticas son poco favorables al proceso de la maduración (temperaturas nocturnas altas, precipitaciones elevadas, etc.).
- b. Cuando no se dispone de variedades precoces.
- c. Aplicaciones fuera de época o excesivas de Nitrógeno: Se recomienda como máximo la última aplicación, 9 meses antes de la cosecha teórica.
- d. Plantíos donde se aplican grandes cantidades de cachaza, vinaza u otros abonos orgánicos.
- e. Suelos vírgenes o muy ricos en materia orgánica y elementos nutritivos.
- f. Cuando la estación lluviosa se adelanta.
- g. Regiones donde el nivel freático es muy elevado.

El modo de acción de estas sustancias para llenar de Sacarosa la sección superior y no madura del tallo de la caña es mediante:

1. Un incremento en la tasa de fotosíntesis, de modo que el nivel de síntesis de Sacarosa excede el de consumo (asimilación), para crecimiento vegetativo.
2. Retrazo y/o impedimento del crecimiento vegetativo sin modificar la tasa de fotosíntesis.

En nuestro país se han experimentado varios madurantes como el ETREL, producto 320-65 WP, Racuza, etc., sin embargo, los que han llegado a ser utilizados comercialmente son el Polaris cuyo ingrediente activo es la Glifosina y el Moon 8000, una sal Sódica de Glifosato a razón de 3,4 kg i.a. y 5,8 kg i.a. respectivamente.

La cosecha se recomienda efectuarla aproximadamente de 5-7 semanas luego de aplicado el producto, si se deja la caña por más tiempo en el campo, el efecto es más negativo; porque el crecimiento se reactiva y la calidad de los jugos disminuye. Parte de los efectos benéficos observados son:

- 1) Una mejor quema de la paja.
- 2) Reducción significativa de la basura, lo cual disminuye los costos e incrementa el azúcar recuperable en el ingenio.
- 3) Disminución en el contenido de Fibra de la caña.
- 4) Incremento en el contenido de Sacarosa y Pureza aparente del jugo.
- 5) Mayor eficiencia en la recuperación de azúcar.

Por otra parte, muchos experimentos en otras regiones han encontrado efectos perjudiciales que cuestionan el uso de estos productos, tal es el caso de emisión de brotes laterales, problemas en el retoñamiento, etc.

Otra de las prácticas comunes en algunas regiones donde se cultiva la caña es la quema, debido a que ofrece algunas ventajas como son:

- 1) Facilitar la corta de variedades problemáticas.
- 2) Necesidad de aumentar la eficiencia de los obreros: Un peón corta aproximadamente de 2-3 toneladas de caña sin quemar por día y de 3-6 toneladas con quema previa.
- 3) Las máquinas cosechadoras rinden más del doble.
- 4) Eliminar materia extraña (Trash).
- 5) Facilitar el movimiento del equipo mecanizado.
- 6) Reducción de costos por eliminación de basura.
- 7) Facilita labores como: riego, fertilización, etc.
- 8) Aumenta la eficiencia de extracción del ingenio.

La quema debe, sin embargo, ser manejada cuidadosamente por el peligro que ofrece, además de acelerar el proceso de deterioro de la caña debido a la muerte de las células por deshidratación, la inversión de azúcar y formación de Dextranas, polímeros que afecta la extracción de azúcar, cuyo origen es la penetración de una bacteria (*Leuconostoc mesenteroides*), que la produce.