

Universidad Autónoma del Estado de México



Facultad de Ciencias Agrícolas

Licenciatura de Ingeniero Agrónomo Industrial

Unidad de aprendizaje:  
Cultivos Agroindustriales

**DIAPORAMA:**  
***Caña de azúcar:***  
***Generalidades y factores***  
***agrometeorológicos***

**Autor: Dr. NESTOR PONCE GARCÍA**

Septiembre de 2015



# Caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.)



El cultivo de la Caña de Azúcar es uno de los más antiguos del mundo.



Algunos estudios señalan que hace más de 5 mil años ya se cultivaba; otros estudios indican que su antigüedad es al menos de 3 mil años.



Es fuente de azúcar, biocombustible, fibra, fertilizante y otros productos y subproductos con sustentabilidad ecológica.



El **jugo** de la caña se utiliza en la producción de **azúcar**. Los principales subproductos son el bagazo y las melazas.





La **melaza** es la materia prima para las industrias del alcohol y sus derivados.

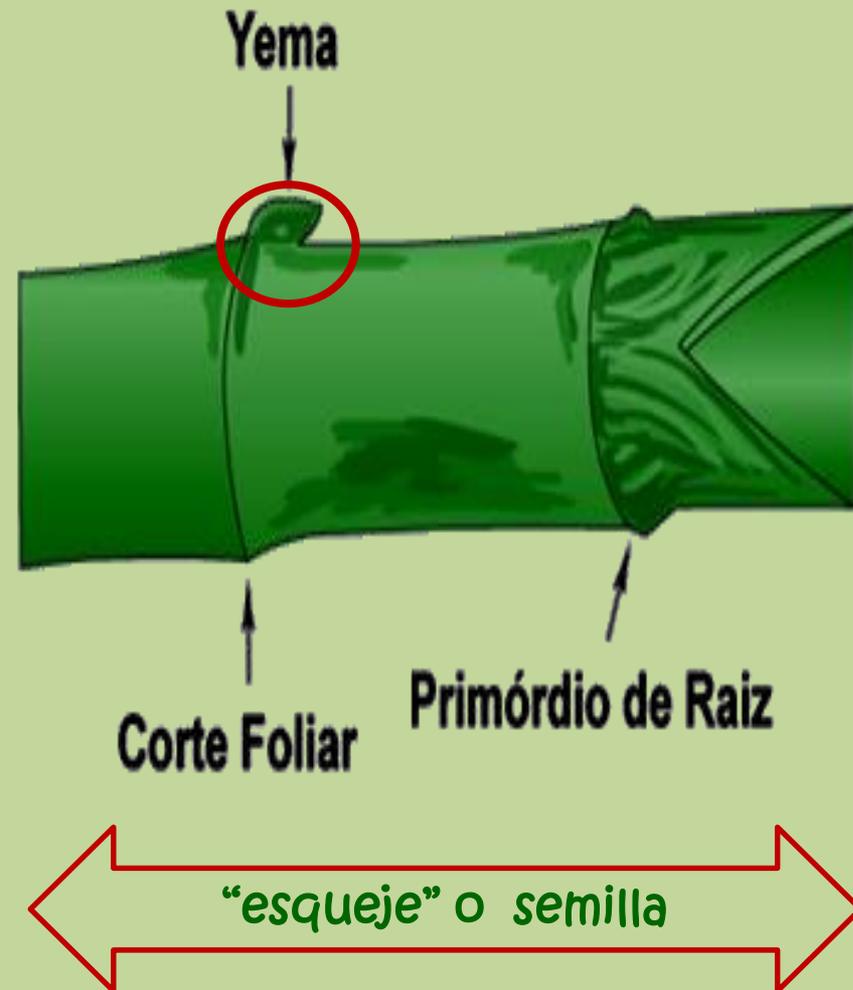


El exceso de bagazo es usado como materia prima para la industria del **papel**.



En la mayoría de los molinos azucareros es factible co-generar energía usando el bagazo como **combustible**.

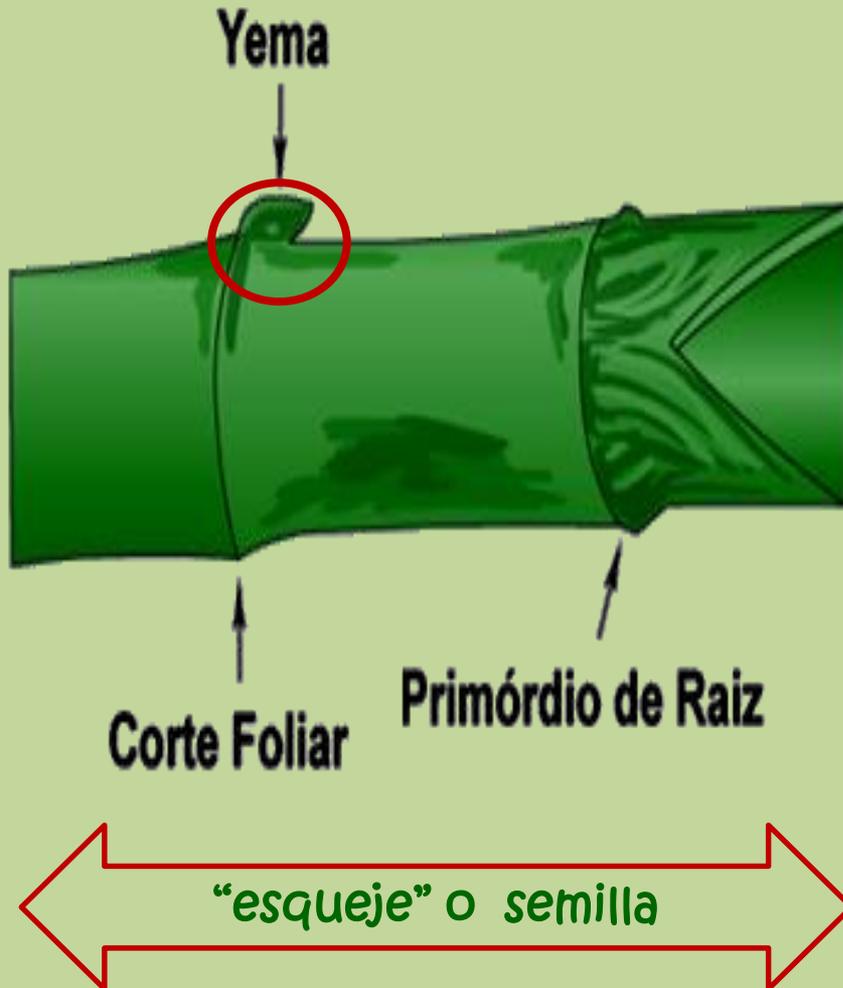




 Las secciones de los tallos son llamadas “esquejes” o semillas.

 Cada esqueje contiene una o más yemas.

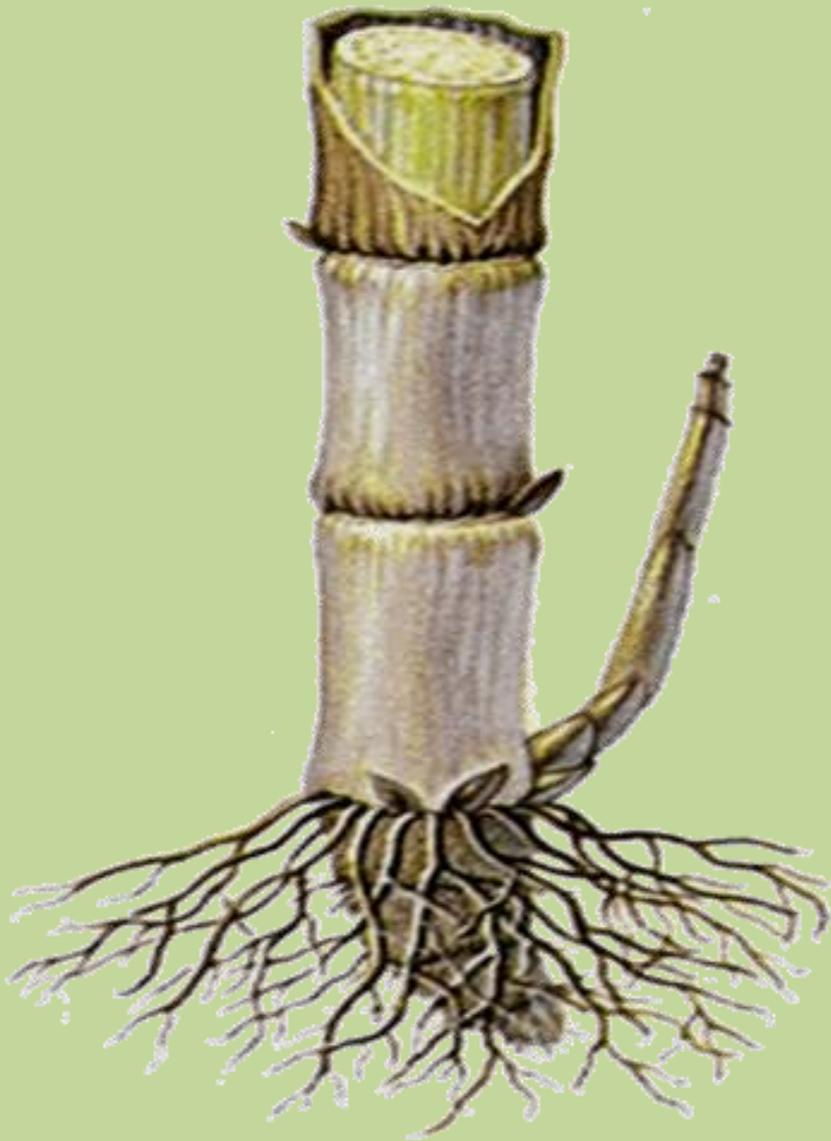
 Las yemas, localizadas en la banda radicular del nudo, son tallos embrionarios, que consisten en un tallo en miniatura con hojas pequeñas.



 Normalmente hay una yema en cada nudo, las cuales se alternan a cada lado del tallo.

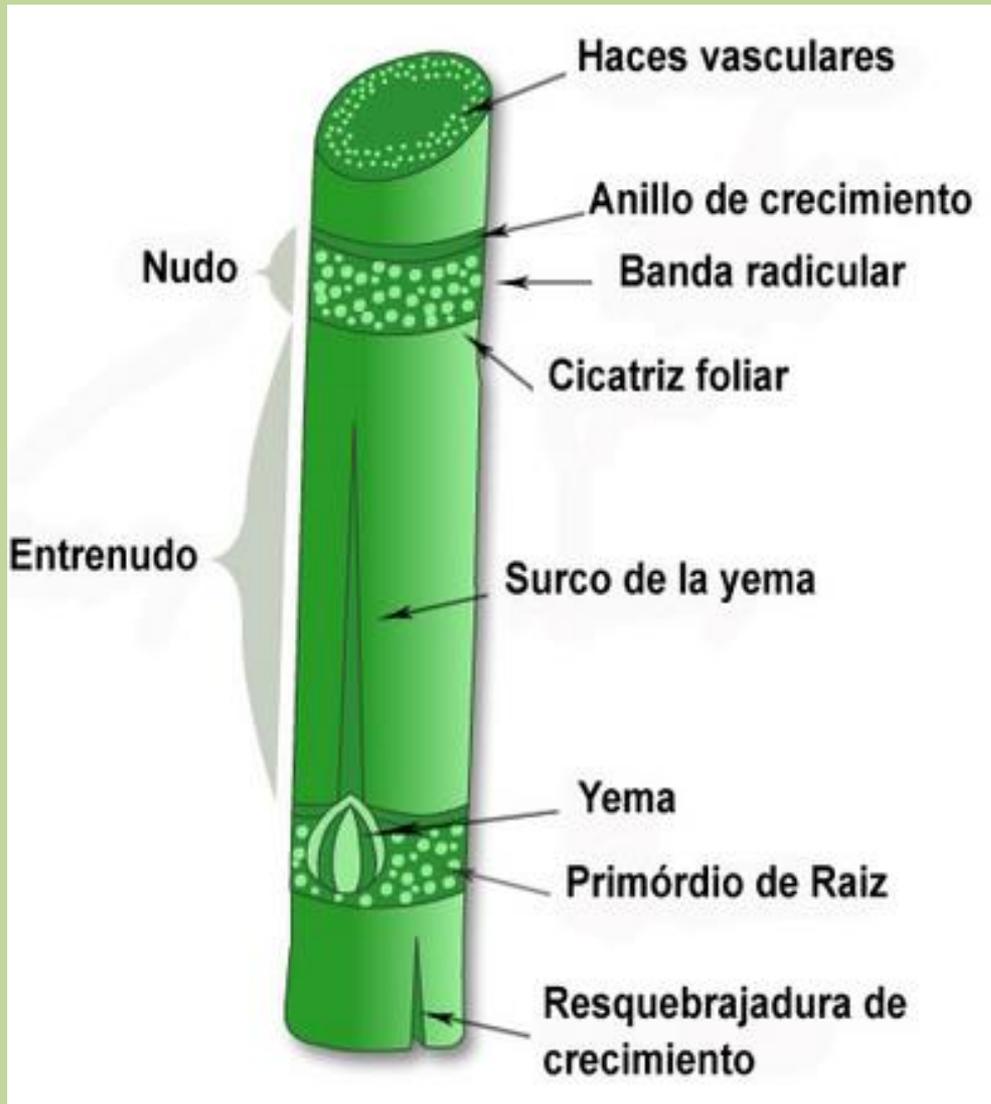
 Las variaciones de la yema en cuanto a tamaño, forma y otras características permiten distinguir las diferentes variedades.

 Cada esqueje también tiene un círculo de pequeños puntos sobre el nudo, que corresponden a los primordios radiculares.



 La yema brota y da origen a un tallo primario, mientras que a partir de los primordios se generan las raíces de esqueje.

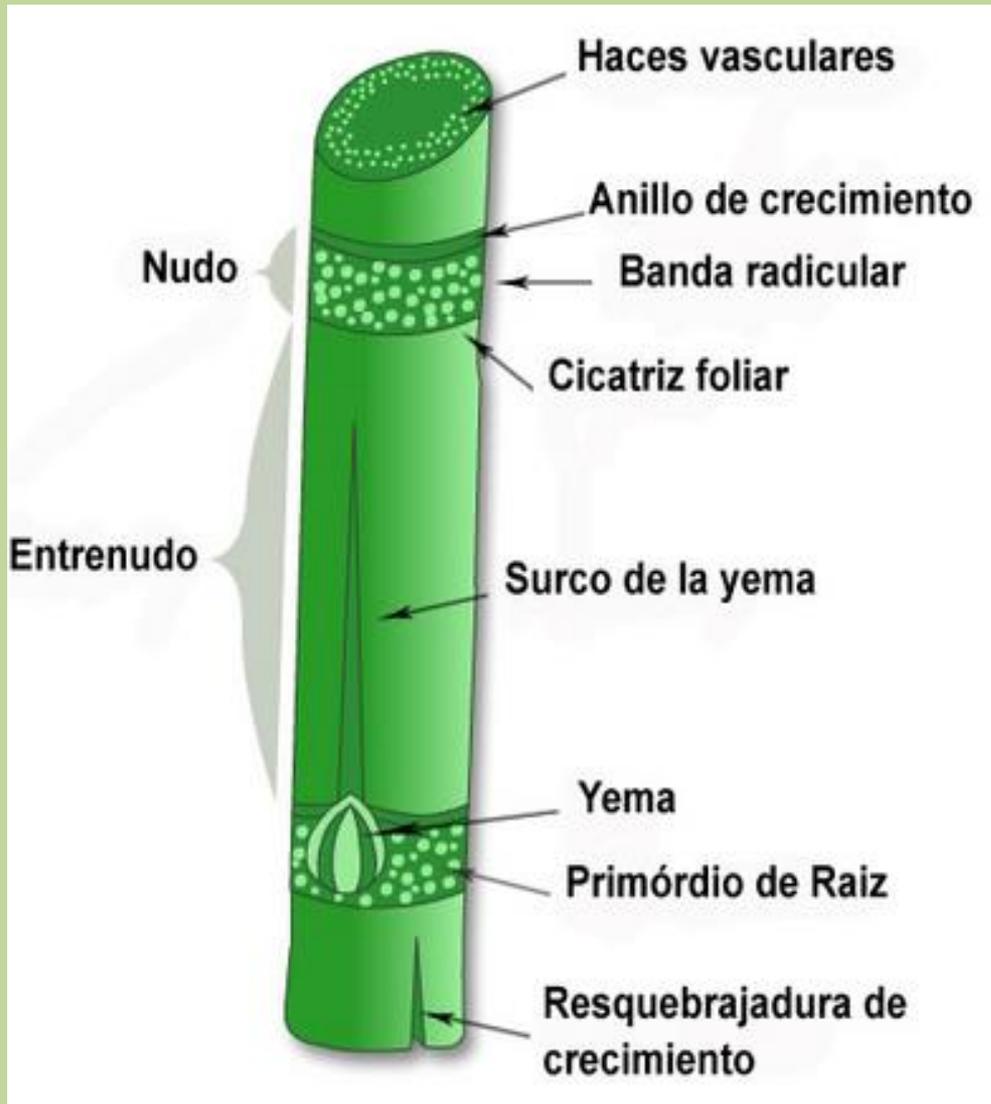
 Casi un mes después de la germinación (en la brotación de las yemas), la planta vive a expensas de las reservas presentes en el trozo de semilla, y usa parcialmente el agua y nutrientes suministrados por las primeras raíces.



 El tallo también se llama "Caña triturable". Se desarrolla a partir de una yema del esqueje.

 Cuando el esqueje es plantado, cada yema puede formar un tallo primario.

 De este tallo nacen los tallos secundarios, llamados "retoños", que se forman de las yemas subterráneas del tallo primario.



🌱 Sucesivamente, nuevos retoños pueden formarse de las yemas subterráneas de los tallos secundarios.

🌱 El tallo está formado por segmentos que tienen nudos y entrenudos.

🌱 El nudo es la parte por la cual la hoja se conecta al tallo y donde están las yemas y los primordios radiculares.



Los colores del tallo en la región de los entrenudos dependen de la Variedad de caña y de las condiciones ambientales.



La misma Variedad cultivada en diferentes climas puede mostrar distintos colores.



Todos los colores del tallo se derivan de dos pigmentos principales: el color rojo, proveniente de la antocianina y el color verde, de la clorofila.





El tallo es macizo de 2 a 5 m de altura y de 5 a 6 cms de diámetro.



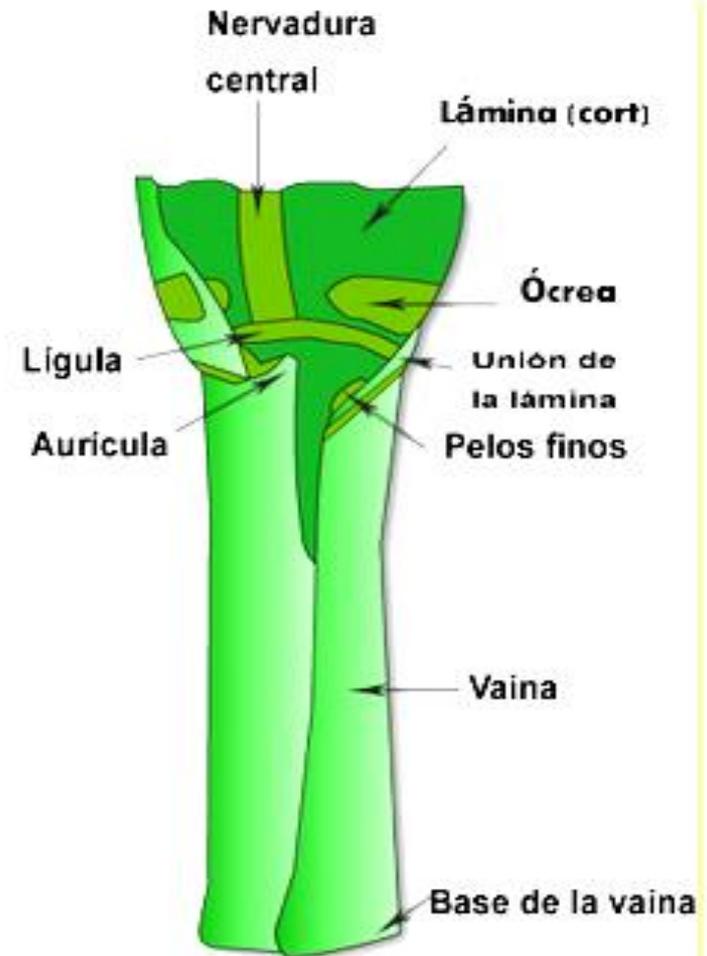
Acumula un jugo rico en sacarosa, compuesto que al ser extraído y cristalizado en el ingenio, forma el azúcar.



La sacarosa es sintetizada gracias a la energía tomada del sol durante la fotosíntesis por las hojas, mismas que llegan a medir de 2 a 4 m de longitud.

 Está formado por dos partes: la vaina y el limbo, separadas por la articulación de unión del limbo.

 El limbo o lámina, como su nombre lo indica, cubre completamente el tallo, extendiéndose casi por todo el entrenudo.





El número de hojas verdes por tallo es alrededor de 10, dependiendo de la Variedad y de las condiciones de cultivo.



Generalmente están dispuestas en forma alternada a lo largo de los nudos, formando así dos flancos en lados opuestos.





La inflorescencia de la caña de azúcar, o bohordo floral, es una panoja ramificada. También es conocida como “flecha”.



Cada flecha está formada por varios miles de pequeñas flores, cada una capaz de producir una semilla.



Las semillas son extremadamente pequeñas, habiendo alrededor de 250 semillas/g



Para la producción comercial de caña de azúcar, el desarrollo de la inflorescencia tiene poca importancia económica.

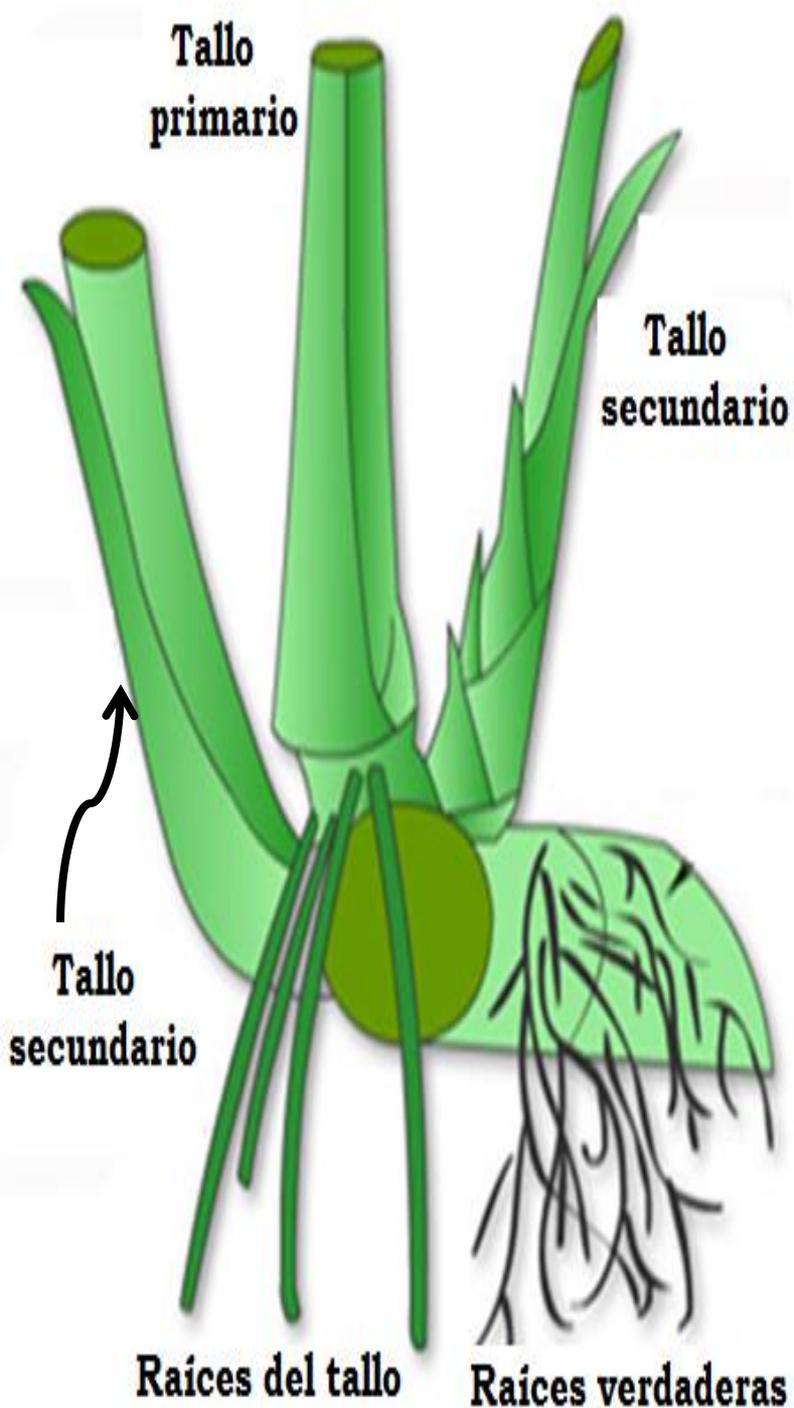


La floración es más importante para el cruzamiento y producción de variedades híbridas.



Condiciones óptimas de crecimiento durante la fase vegetativa limitan la floración, mientras que condiciones de estrés induce la formación de flores.

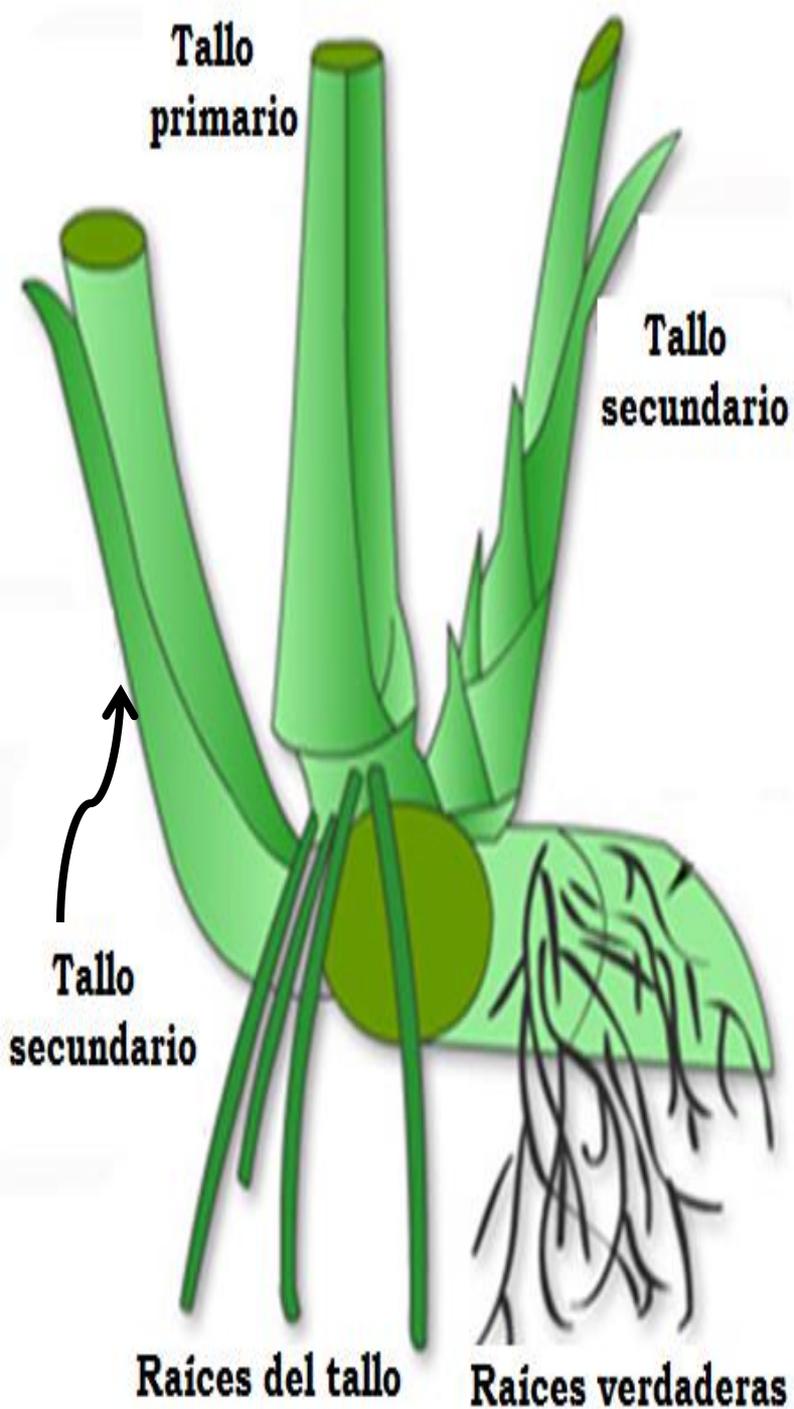




El desarrollo del sistema radicular comienza después de la plantación de los esquejes con al menos una yema lateral.



Las primeras raíces en formarse son las de esqueje (verdaderas), que emergen como una banda de primordios radiculares sobre la cicatriz foliar de los nudos del esqueje.



 Las raíces de esqueje son finas y muy ramificadas, y sustentan a la planta en crecimiento durante las primeras semanas después de la germinación.

 Las raíces de tallo son el segundo tipo de raíces que emergen desde la base del nuevo tallo a los 5-7 días de plantado; son más gruesas y carnosas y se desarrollan hasta formar el principal sistema radicular de la planta.



Las raíces de esqueje continúan creciendo por un período de 6-15 días después de la plantación, y la mayoría senesce y desaparece a los 60-90 días.



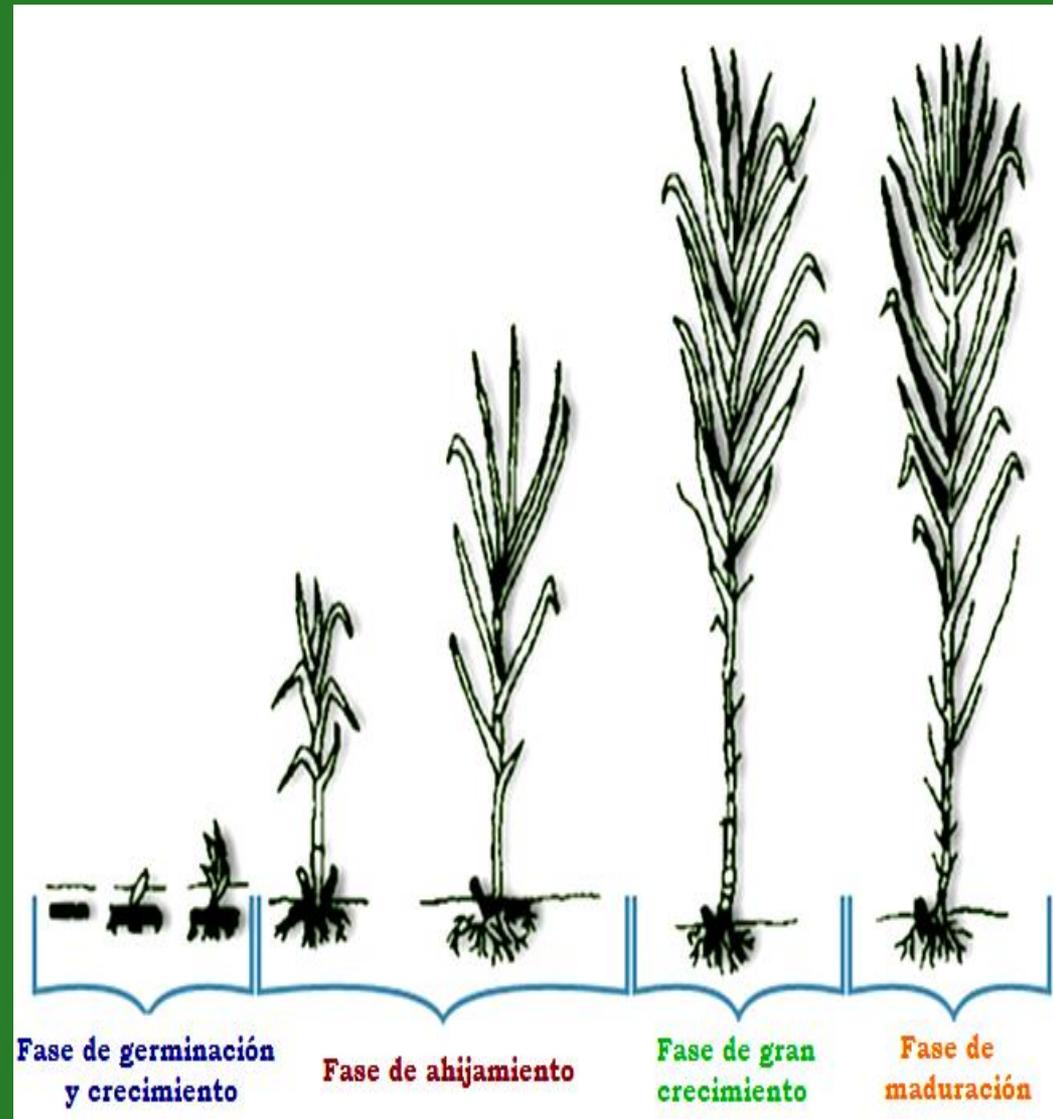
A los 3 meses de edad, las raíces de esqueje son menos del 2% de la masa radicular total.

# Ciclo vegetativo



La caña tiene esencialmente cuatro fases de crecimiento:

- fase de germinación,
- fase de ahijamiento o fase formativa,
- fase de gran crecimiento
- fase de maduración.



# Germinación



La fase se extiende desde el trasplante hasta la completa germinación de las yemas.



Bajo condiciones de campo, la germinación comienza entre los 7-10 días y se extiende hasta los 30-35 días.



La germinación implica una activación y consiguiente brotación de las yemas vegetativas.



# ...Germinación



La germinación de las yemas es influenciada por factores externos e internos.



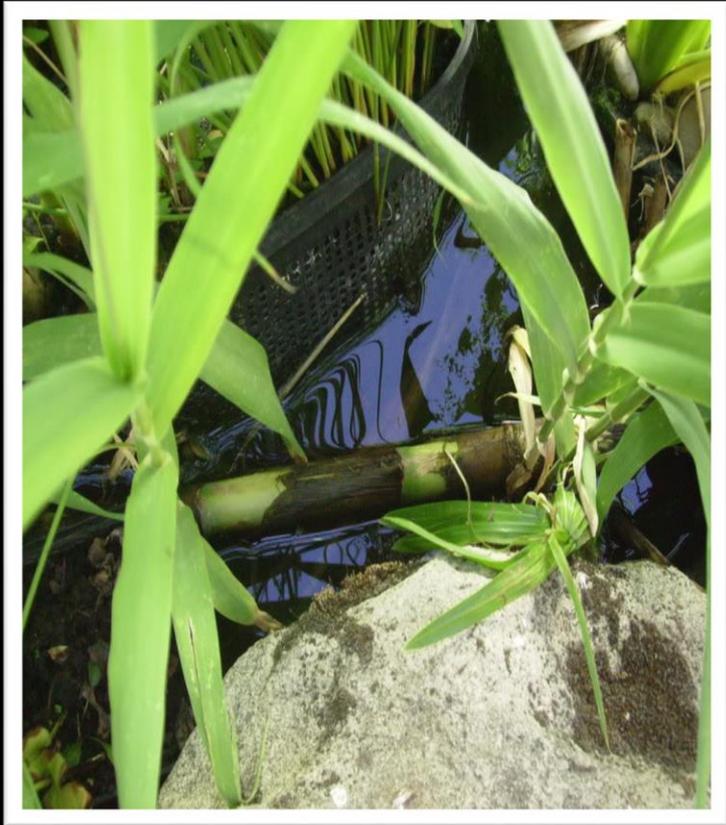
Los factores externos son la humedad, la temperatura y la aireación del suelo.



Los factores internos son la sanidad de la yema, la humedad del esqueje, el contenido de azúcar reductor del esqueje y su estado nutricional.



# ...Germinación



La  $\text{°T}$  óptima de brotación es de alrededor de  $28\text{-}30\text{°C}$ ; la mínima para la germinación es de  $12\text{°C}$ .



La germinación produce una mayor respiración, por eso es importante una buena aireación del suelo.



Los suelos abiertos, bien estructurados y porosos permiten una mejor germinación.



Una germinación alrededor del 60% puede ser considerada segura para un cultivo satisfactorio de Caña.

# Ahijamiento



 Esta fase comienza alrededor de los 40 días después de la plantación y puede extenderse hasta los 120 días.

 El ahijamiento es el proceso fisiológico de ramificación subterránea múltiple, que se origina a partir de las articulaciones nodales compactas del tallo primario.

 El ahijamiento le da al cultivo un número adecuado de tallos, que permitan obtener un buen rendimiento.

# ...Ahijamiento



Diversos factores, tales como: la Variedad, la luz, la temperatura, el riego (humedad del suelo) y las prácticas de fertilización afectan el ahijamiento.



La luz es el factor externo más influye. La incidencia de una iluminación adecuada en la base de la planta durante el período de ahijamiento, es de vital importancia.



# ...Ahijamiento

 °T óptima ahijamiento = 30°C; °T inferiores a 20°C lo retardan.

 Los primeros hijuelos o retoños originan tallos más gruesos y pesados. Los retoños posteriores mueren o se quedan cortos o inmaduros.

 A los 90-120 días después de la plantación se alcanza la población máxima de retoños. A los 150-180 días, por lo menos el 50% de los tallos mueren y se determina la población final de tallos.



# ...Ahijamiento



 Labores culturales como el espaciado, la época de fertirrigación, la disponibilidad de agua y el control de malas hierbas afectan al ahijamiento.

 Aunque se forman entre 6-8 retoños por yema, sólo entre 1 y 2 llegan a formar Cañas.

 La promoción de un buen ahijamiento es importante para lograr una población adecuada de Cañas.

# Fase de gran crecimiento



Esta fase comienza a los 120 días después de la plantación y se extiende hasta los 270 días, en un cultivo de 12 meses de duración.



Durante la primera etapa de esta fase ocurre la estabilización de los retoños. De todos los retoños formados sólo el 40 - 50% sobrevive y llega a formar Cañas triturables.



# ...Fase de gran crecimiento



Esta es la fase más importante del cultivo, en la que se determinan la formación y elongación real de la Caña y su rendimiento.



En esta fase ocurre una formación frecuente y rápida de hojas, alcanzando un Índice de Área Foliar (IAF) de 6-7.



Bajo condiciones favorables, los tallos crecen rápidamente, formando de 4-5 nudos por mes.

# ...Fase de gran crecimiento



El riego, la fertirrigación y la presencia de condiciones climáticas de calor, humedad y soleamiento favorecen una mayor elongación de la Caña.



El estrés hídrico reduce la longitud internodal. Temperaturas sobre 30°C, con humedad cercana al 80%, son más adecuadas para un buen crecimiento.



# Fase de maduración



En un cultivo de 12 meses de duración, la fase de maduración dura cerca de 3 meses, comenzando a los 270 - 360 días.



Durante esta fase ocurre la síntesis de azúcar, con una rápida acumulación de ésta y el crecimiento vegetativo disminuye.



A medida que avanza la maduración, los azúcares simples (monosacáridos, como fructosa y glucosa) son convertidos en azúcar de caña (sacarosa, que es un disacárido).



# ...Fase de maduración



La maduración de la caña ocurre desde la base hacia el ápice, por esta razón la parte basal contiene más azúcares que la parte superior de la planta.



Condiciones de abundante luminosidad, cielos claros, noches frescas, días calurosos (es decir, con mayor variación diaria de temperatura) y climas secos, son altamente estimulantes para la maduración.



# Variedades

Se distinguen principalmente por su coloración:

**1. Cañas verdes y amarillas:**

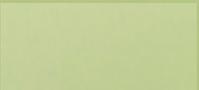
**Criolla y Cristalina**

**2. Cañas moradas y rojas:**

**Violeta**

**3. Cañas veteadas o rayadas:**

**listada**



La **Caña Criolla** (*Saccharum officinarum*), es la más antigua y la más repartida en la República Mexicana.

- Posee **jugo abundante** y de alta **riqueza en sacarosa**.
- Tiene **gran vitalidad**, pues a pesar de su larga estancia en nuestros campos, no ha degenerado en lo más mínimo.
- Presenta el inconveniente de que es muy **sensible a climas extremos**, por lo que suele enfermarse algunas veces.
- Llega a alcanzar **3.5 m de altura** y sus Cañutos son **delgados**.



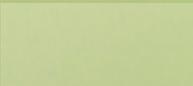
En la Caña Cristalina (*Saccharum lubridatum*) los tallos llegan a medir hasta 6.5 m.

Su nombre procede del aspecto de su tallo, cuyos cañutos están cubiertos de una capa de vello blanquecino le infieren brillantes reflejos.

El color de sus hojas, es de un verde **más OSCURO** que el de las otras Variedades.

Este tipo de caña es **robusto** y tiene **mayor resistencia** a las adversas condiciones **meteorológicas**; pero tiene el defecto de ser **muy dura**, exigiendo con este motivo mayor gasto de energía en los trapiches.

Se cultiva en los estados de Morelos, Puebla y en algunas zonas de Campeche.



La **Caña Violeta** (*Saccharum violaceum*) tiene los tallos con una coloración violeta y las hojas ofrecen un color verde intenso.

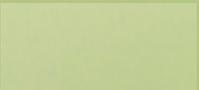
Tiene la ventaja de **resistir mejor** que las otras a las **bajas de temperatura** y ser también más **precoz**.

Una de sus **desventajas** es su tendencia a secarse rápidamente y ser **menos jugosa** que sus congéneres.



La **Caña Veteada** (*Saccharum versicola*) y alcanza una altura de 3.5 m.

**Resiste** muy bien a los **efectos del frío**, es **precoz** y se distingue de las otras por su agradable aspecto rayado de amarillo y rojo violeta.



# Condiciones agrometeorológicas





La Caña se cultiva a latitud  $36.7^{\circ}$  N y  $31.0^{\circ}$  S.

Desde el nivel del mar hasta altitudes de casi 1000 m.

Es esencialmente, un cultivo tropical.

Es de larga duración, por lo que prácticamente crece en todas las estaciones del año.

Los principales componentes climáticos de que controlan el crecimiento, el rendimiento y la calidad de la Caña son:

- temperatura
- luz
- humedad disponible

La planta crece bien en regiones tropicales soleadas.





Las Características Climáticas ideales para lograr una máxima producción de azúcar son:

- Presencia de una estación calurosa larga
- Alta incidencia de radiación solar
- Adecuada humedad (pluviometría).



La planta utiliza entre 148 a 300 g de agua para producir 1 g de materia seca.

La presencia de una estación seca, soleada y fresca, libre de heladas es necesaria para la maduración y cosecha.



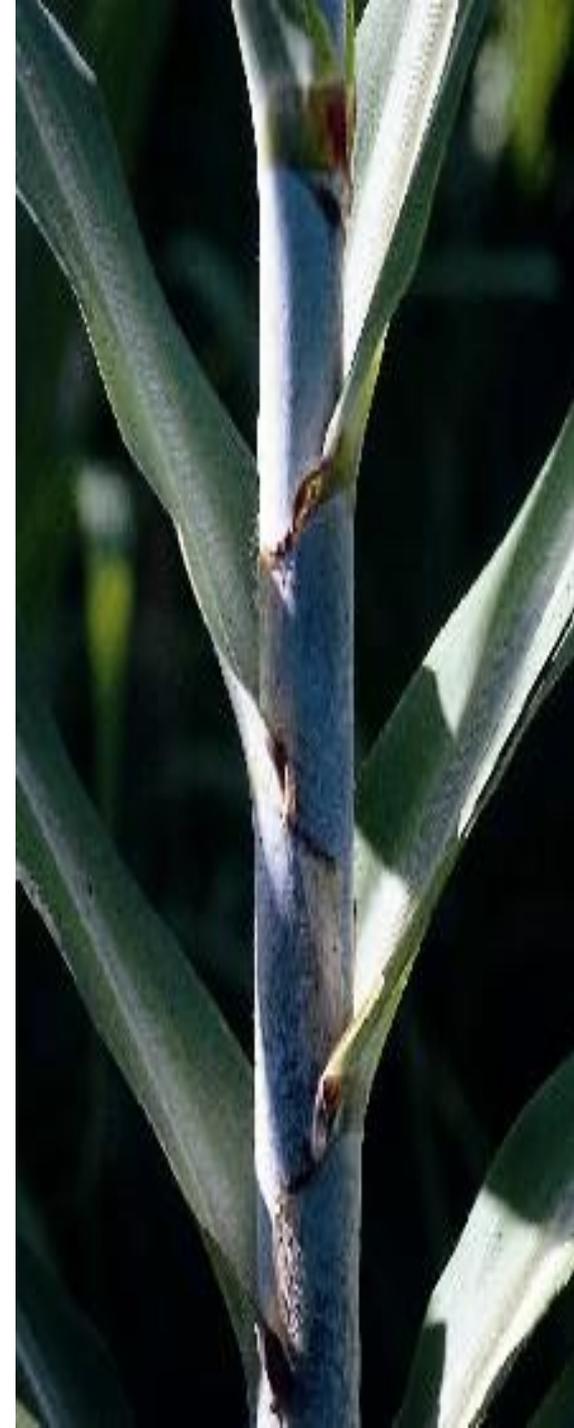
El **% de humedad** cae drásticamente a lo largo del ciclo de crecimiento, de un **83%** en plantas muy jóvenes a un **71%** en Cañas maduras.

Por otro lado, la **Sacarosa** aumenta al menos de **10 hasta 45%** del peso seco.

**Lluvia:** Una precipitación total entre 1100 y 1500 mm es adecuada.

La distribución de luz debe ser apropiada y abundante en los meses de crecimiento vegetativo, seguido de un período seco para la maduración.

Durante el período de crecimiento activo la lluvia estimula el rápido crecimiento de la Caña, la elongación y la formación de entrenudos.



La ocurrencia de lluvias intensas durante el período de maduración no es recomendable, debido a que:

- Induce una pobre calidad de jugo
- Favorece el crecimiento vegetativo y la formación de cañas de agua
- Incrementa la humedad del tejido
- Dificulta las operaciones de cosecha y transporte.





**Temperatura:** El crecimiento está directamente relacionado con la °T.

La °T óptima para la brotación (germinación) de los esquejes es 32°C a 38°C.

La germinación disminuye bajo 25°C, llega a su máximo entre 30-34°C, se reduce por sobre los 35°C y se detiene cuando sube sobre 38°C.



°T sobre 38°C reducen la tasa de fotosíntesis y aumentan la respiración.

Para la maduración son preferibles °T relativamente bajas, en el rango de 12-14°C, ya que reducen la tasa de crecimiento vegetativo y el enriquecimiento de azúcar.

A °T mayores, la sacarosa puede degradarse en fructosa y glucosa, además de estimular la fotorrespiración, que produce una menor acumulación de azúcares.

Condiciones severas de frío inhiben la brotación de las socas y reducen el crecimiento de la caña.

°T inferiores a 0°C producen el congelamiento de las partes más desprotegidas, como las hojas jóvenes y las yemas laterales. El daño depende de la duración del período frío.

La incidencia de la marchitez es mayor cuando las °T mínimas caen drásticamente.

