

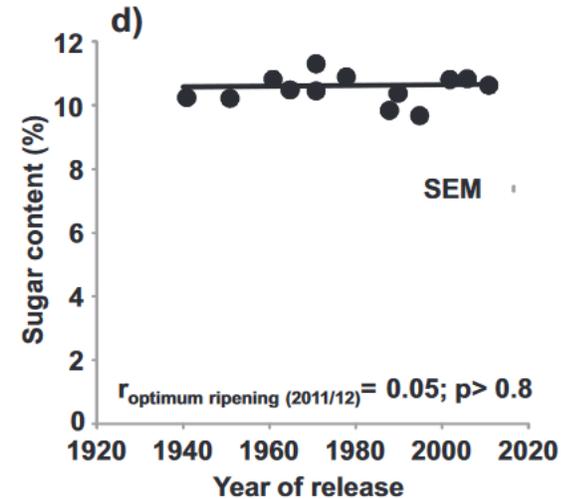
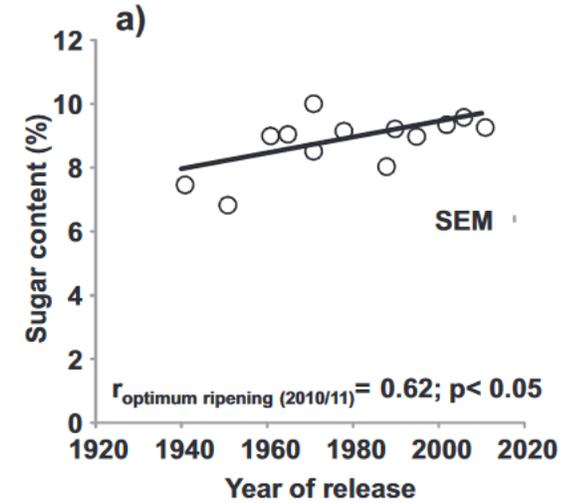
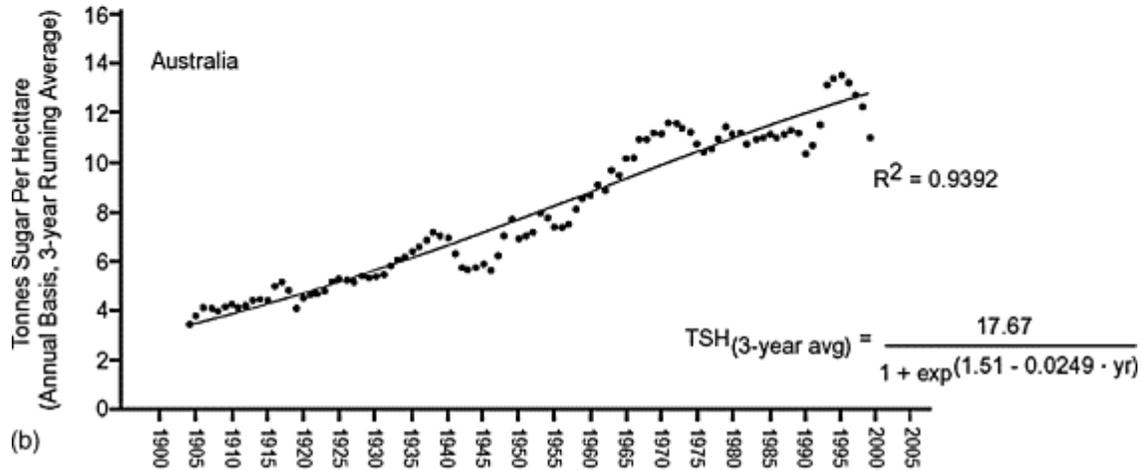
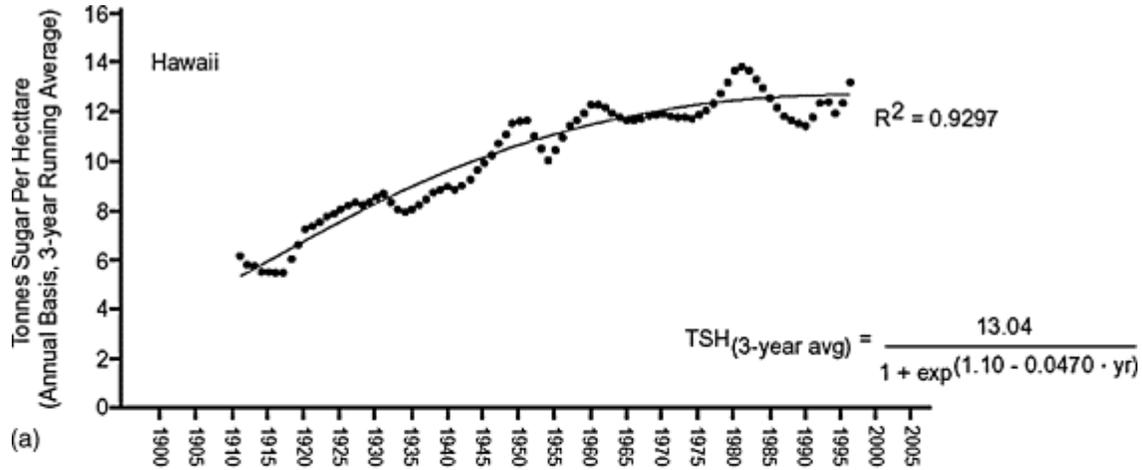
# Relación fuente - demanda en caña de azúcar y su manejo a través de la bioestimulación hormonal

Mauricio Quevedo Amaya  
I.A M.Sc Ph.D(e) Fisiología de cultivos

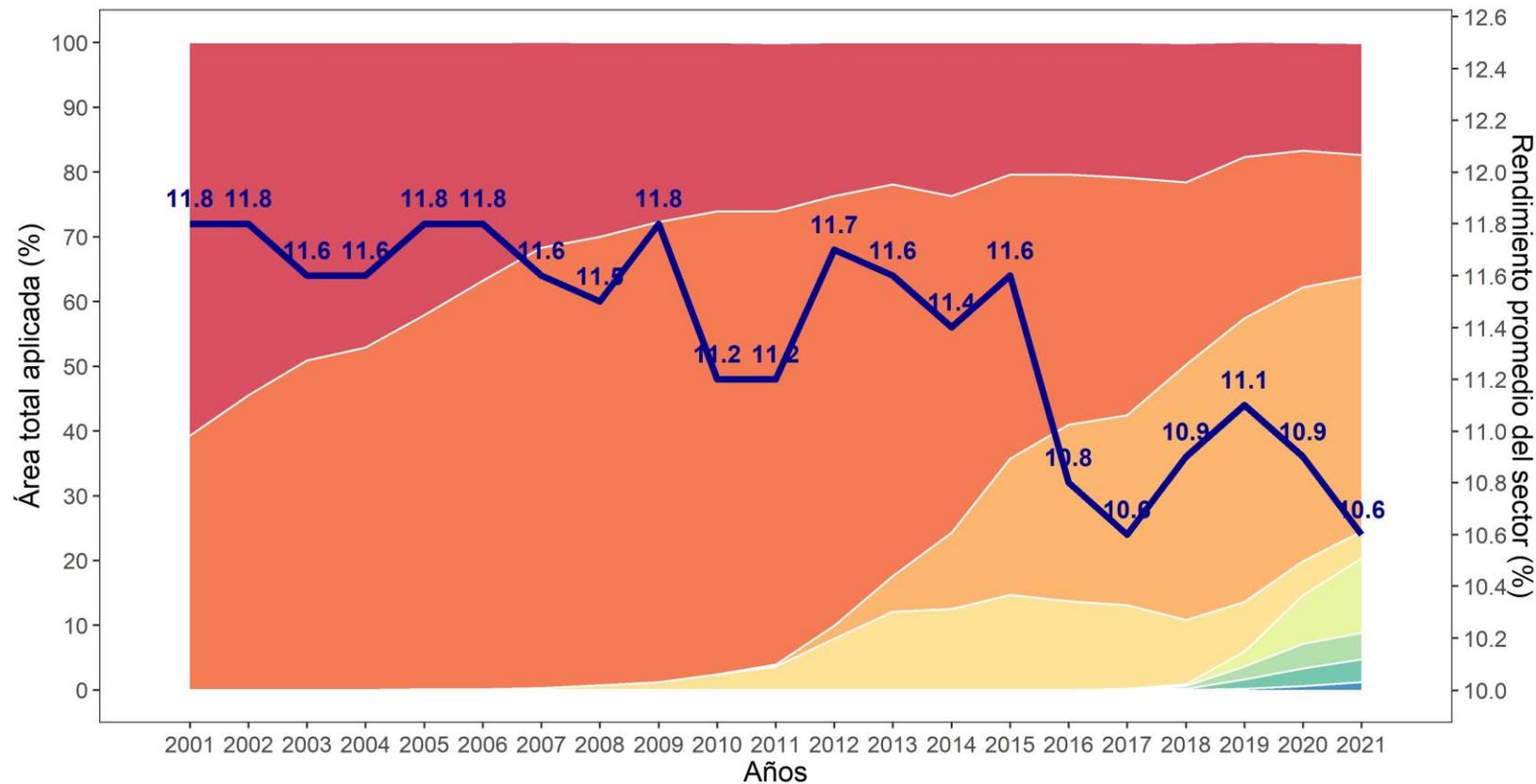
# ¿Cuáles son los temas que vamos a tocar?

- ¿Cuál es el mecanismo de regulación de la acumulación de sacarosa?
- Entendemos los cuellos de botella en la síntesis de sacarosa
- ¿Cómo es la movilidad de la sacarosa desde las hojas a los tallos?
- ¿Qué pasa con la sacarosa después de llegar al entrenudo?
- ¿Qué podemos hacer?

# Los indicadores de productividad a nivel mundial parecen haber alcanzado el límite máximo



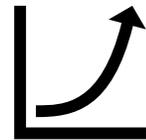
# En Colombia los rendimientos promedio no son mayores que 12 unidades porcentuales



# Recientemente el aumento de los rendimientos se ha basado en mayor producción de biomasa



Sacarosa y reductores: <12% del PF  
Fibra: > 16% del PF



Costos de cosecha,  
transporte y molienda



Rentabilidad



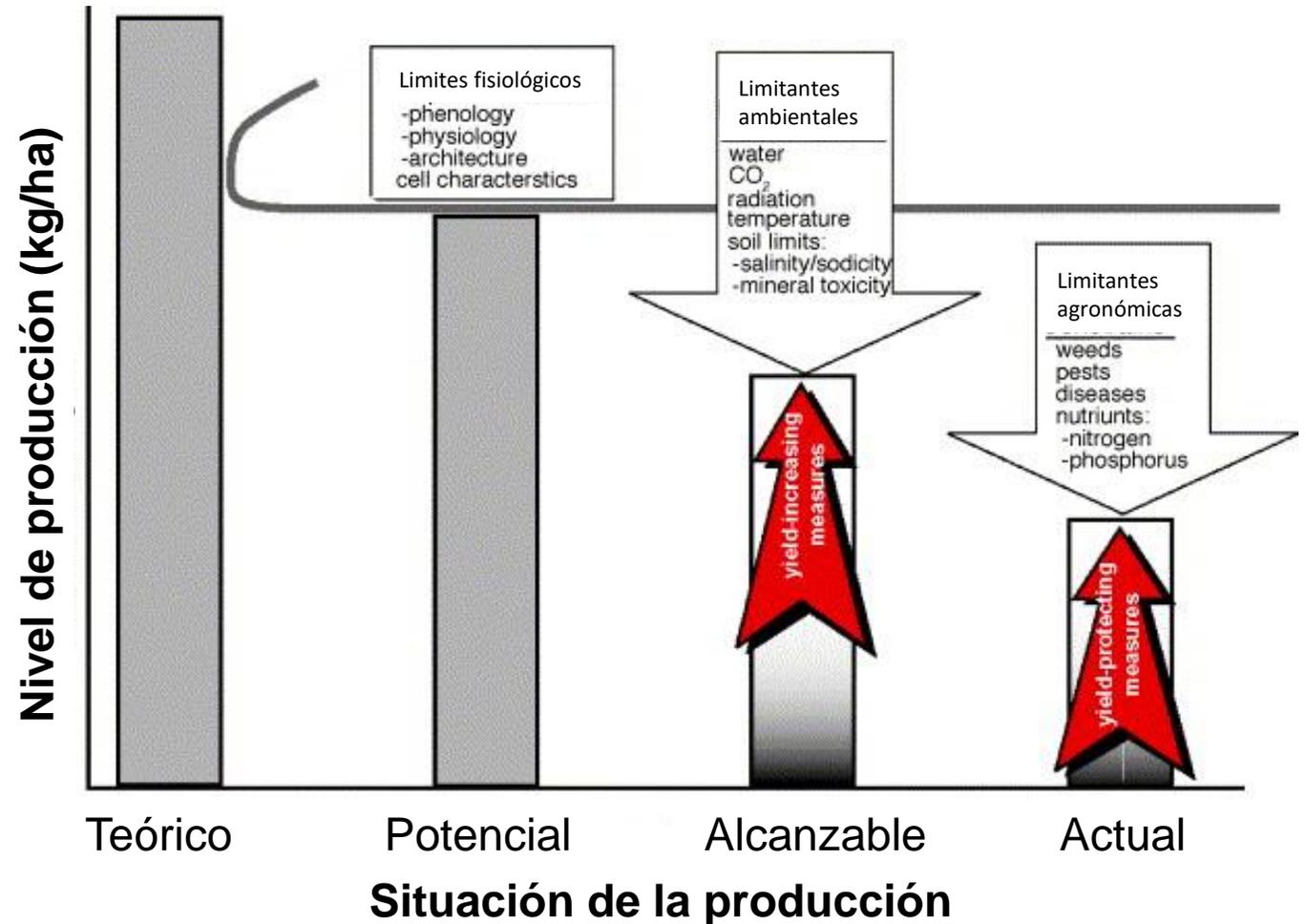
# El rendimiento actual es cerca del 30% del potencial teórico y 50% de lo alcanzado experimentalmente



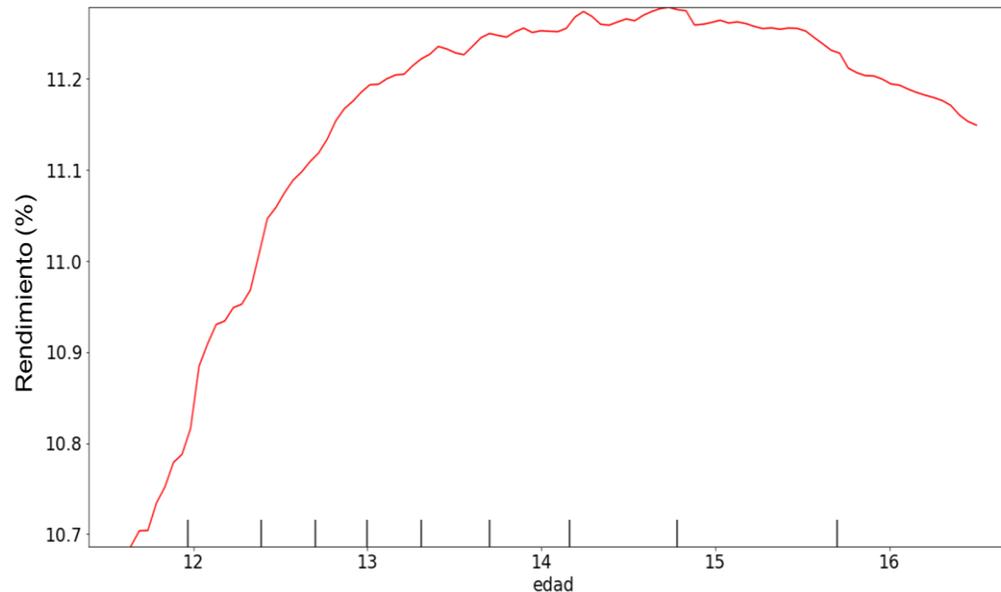
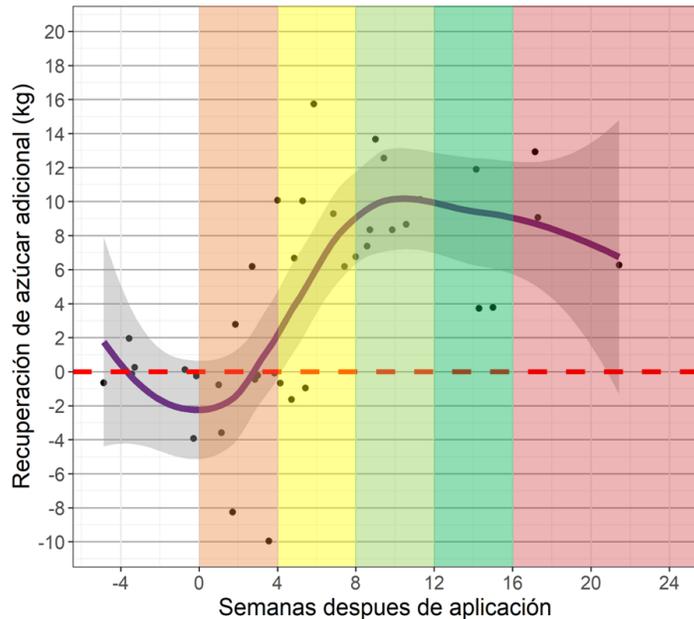
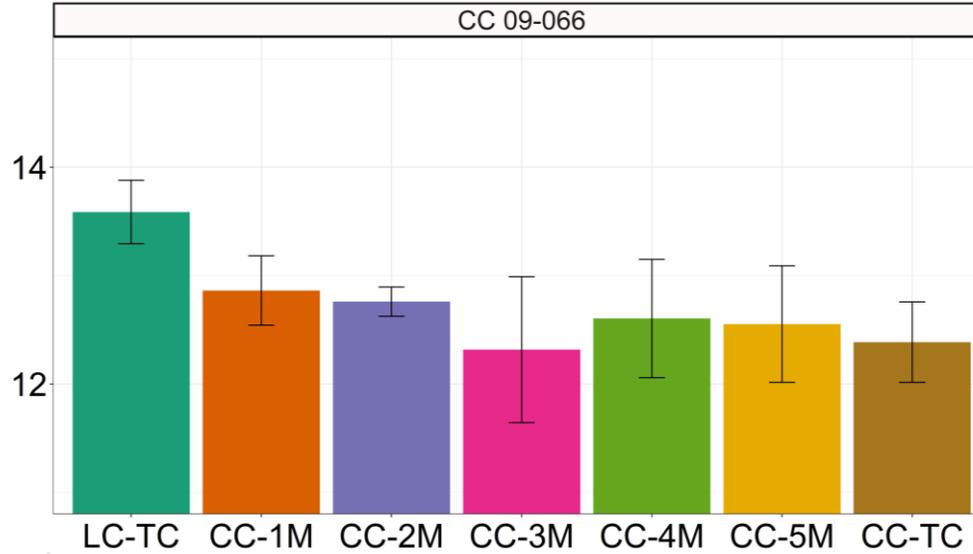
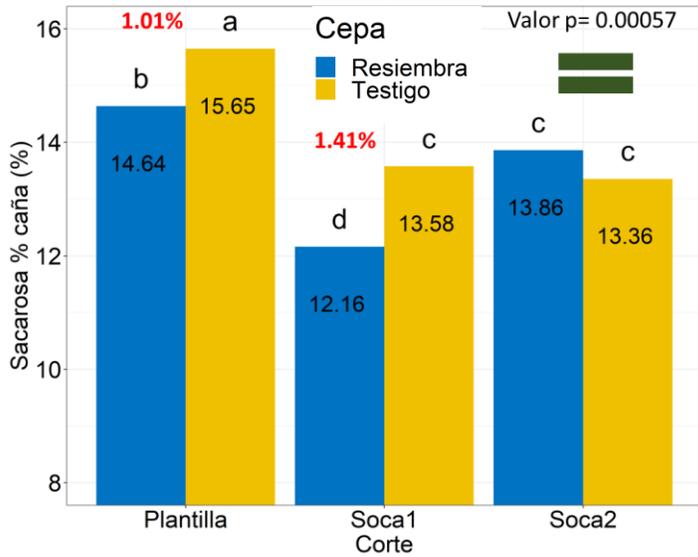
Teórico:  
62% del peso seco  
25% del peso fresco



Alcanzable:  
18% de sacarosa % caña  
Brecha del 4 a 5 unidades



# Aún estamos perdiendo sacarosa por oportunidad de las labores



Práctica	Unidades % de sacarosa pérdidas
Resiembras	1 - 1.4
Malezas	0.5 - 1
Estrés hídrico	0.8 - 1.9
Riegos tardíos	0.5 - 1.5
Cosecha a baja edad	0.4 - 0.5
Cosecha sin las semanas de madurador	0.4 - 1

3.6 unidades % si fuera acumulado

# La acumulación de sacarosa no solo está explicada por la fotosíntesis

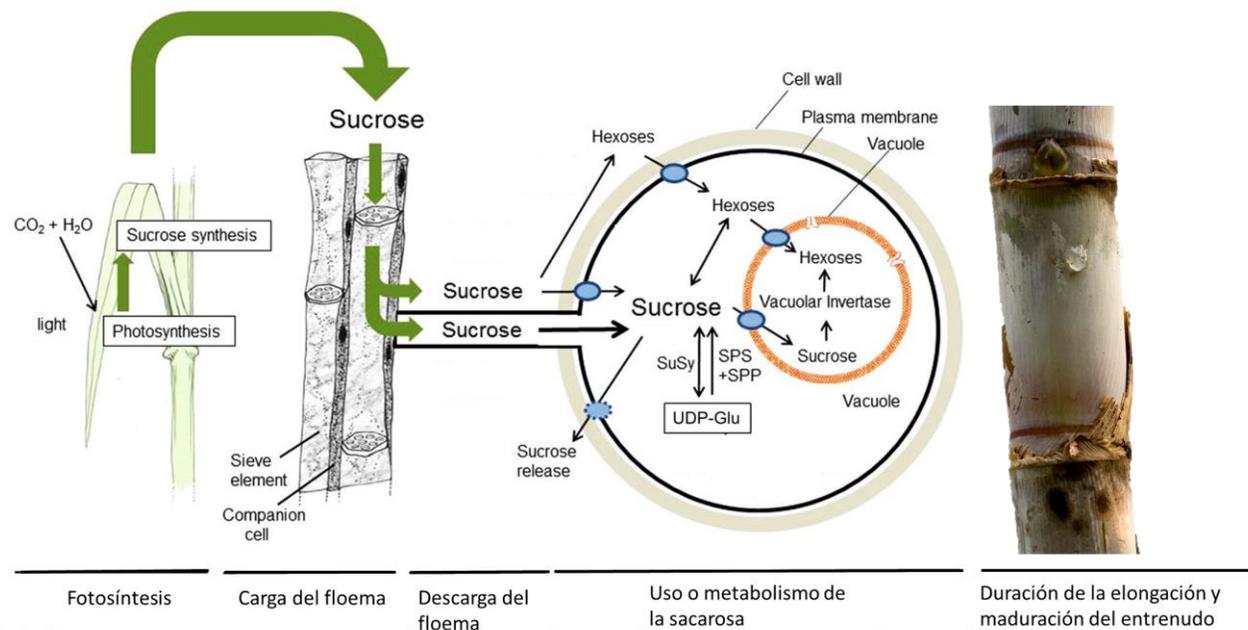
Pariente silvestre



Caña de azúcar



Controlado por la relación fuente demanda



2% del PF en sacarosa

>12% del PF en sacarosa

2x más fotosíntesis que *S. officinarum*

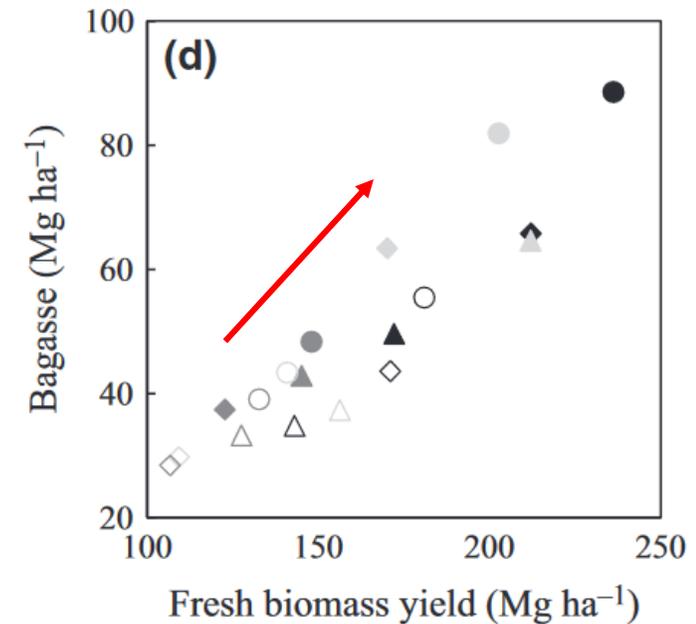
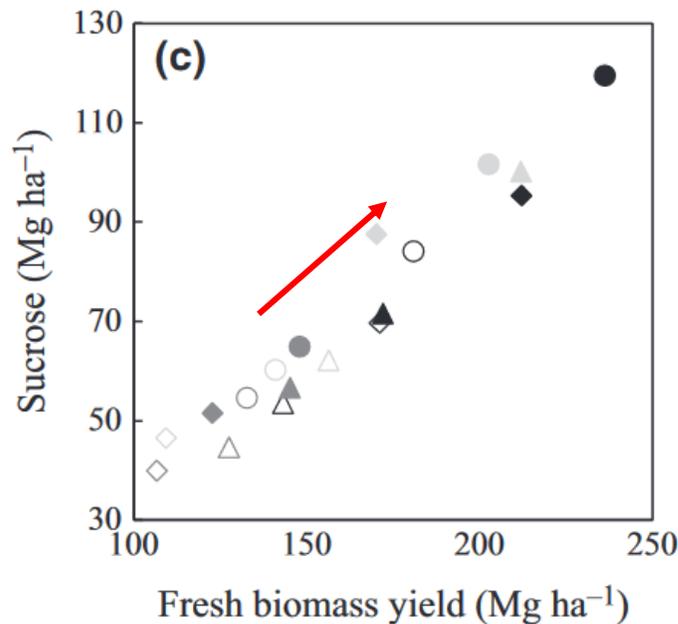
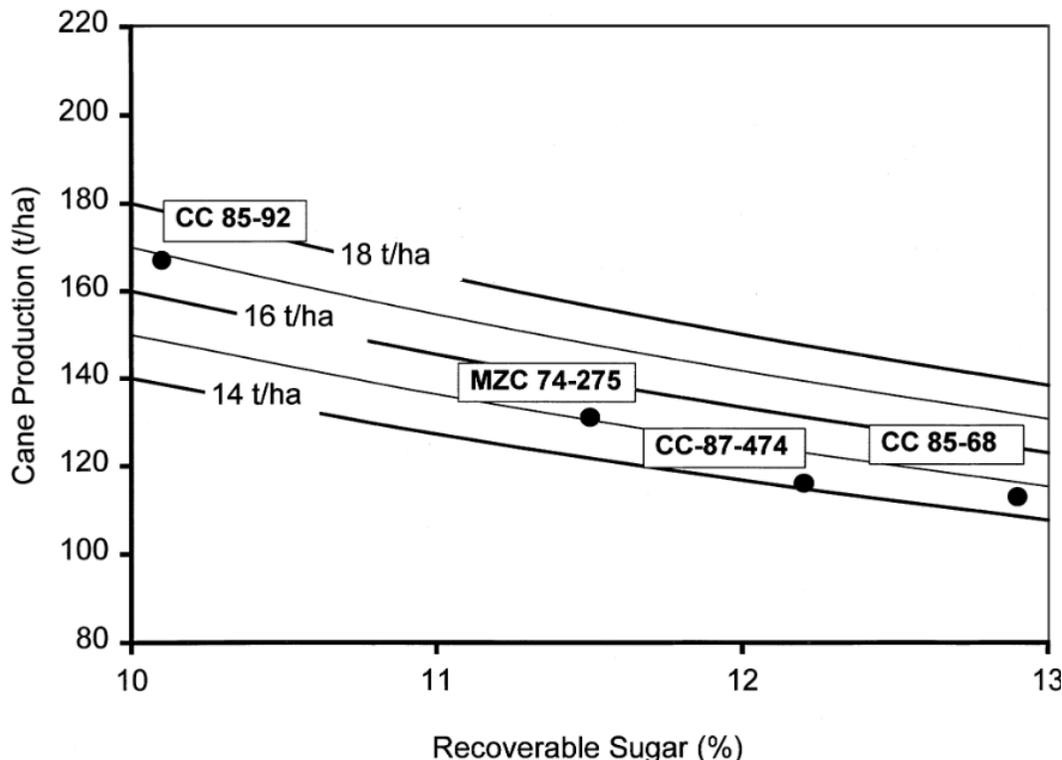
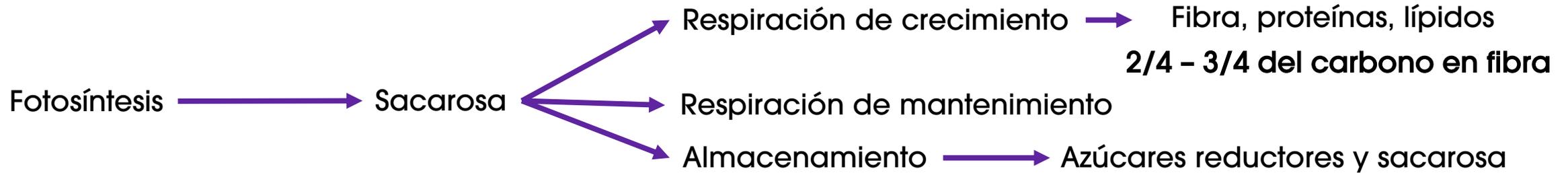
30x más que híbridos



Acumulación de sacarosa



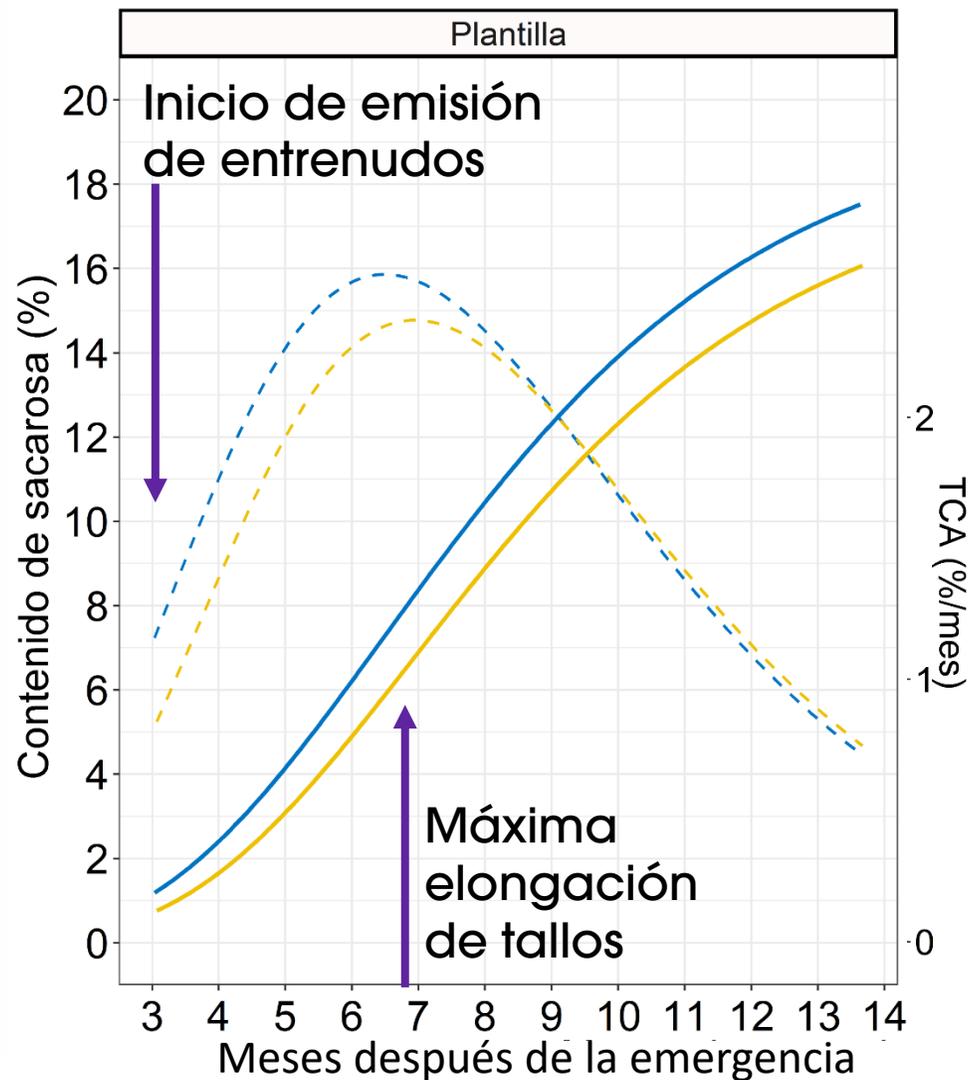
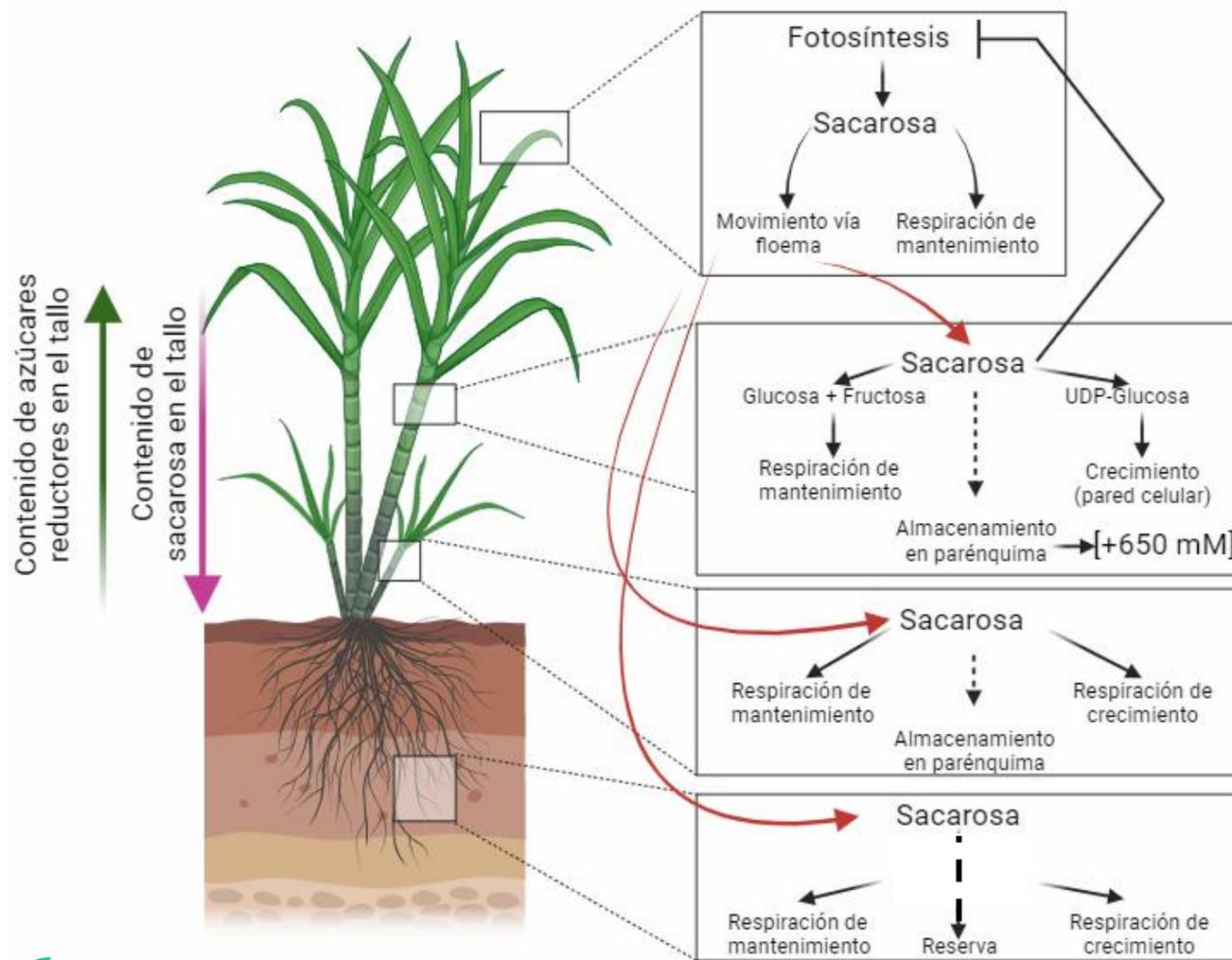
# Existe un *trade-off* entre el contenido de fibra y sacarosa



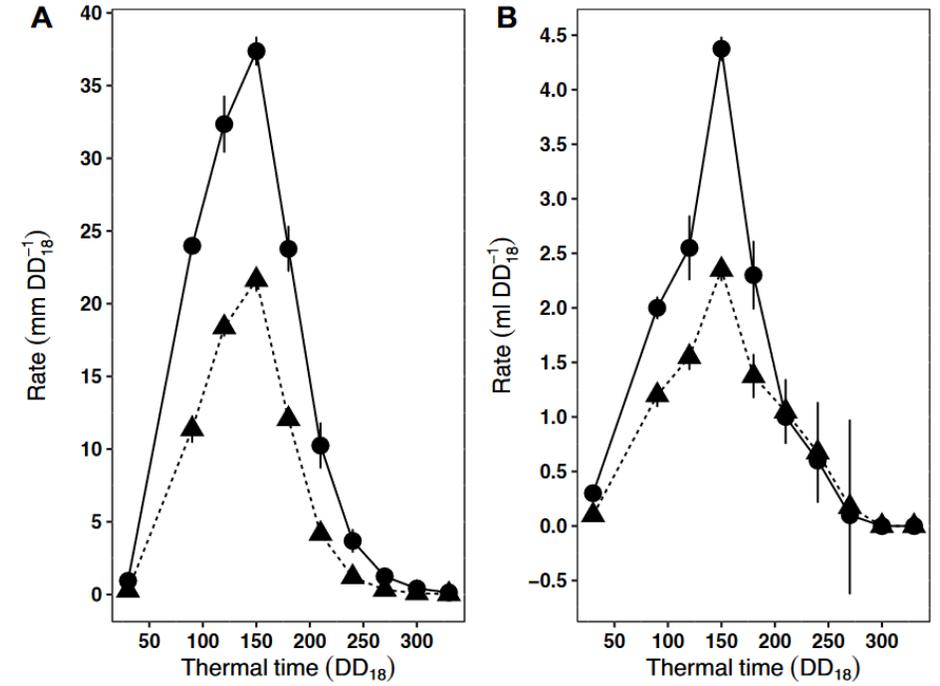
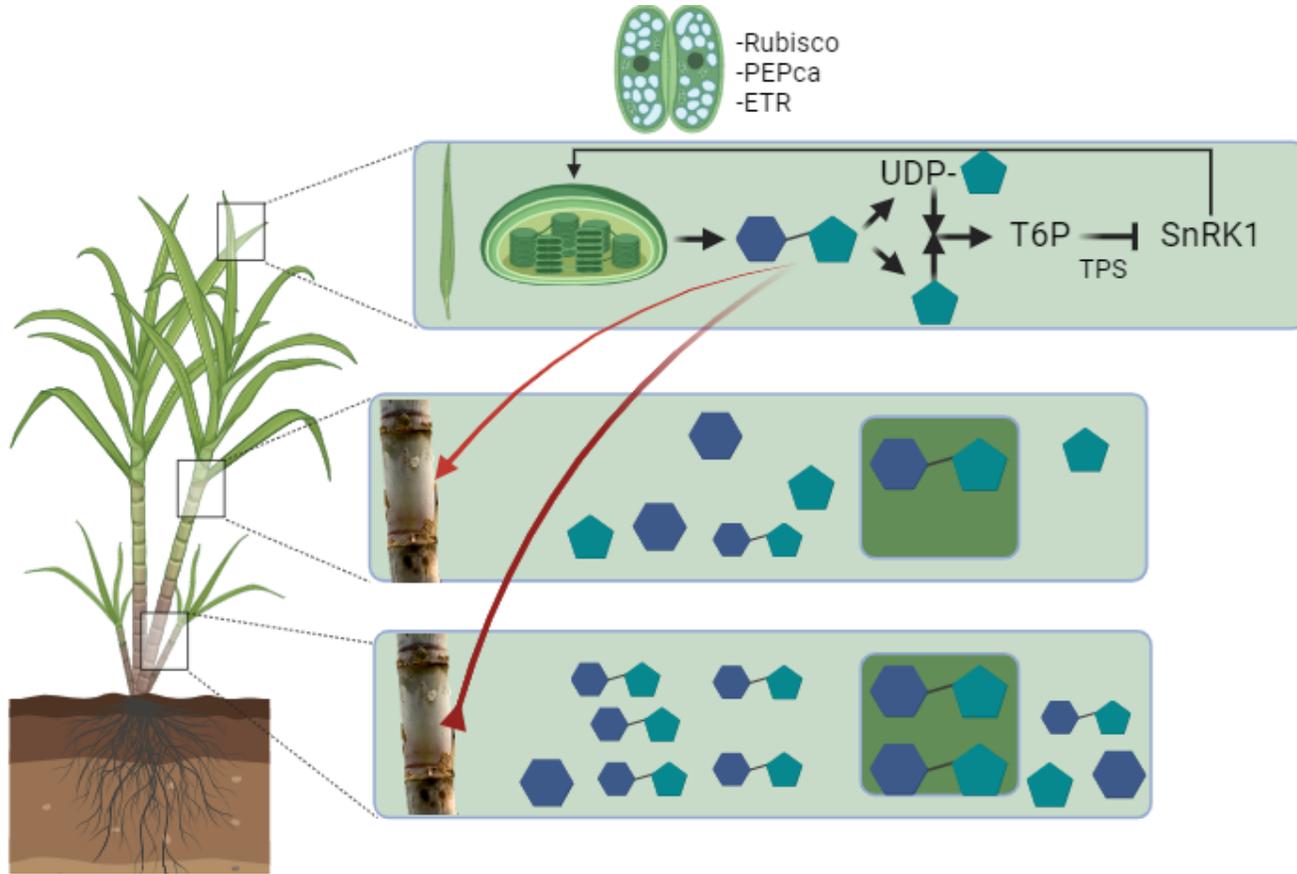
Mayor rendimiento en azúcar a expensas de los costos de cosecha y molienda

(Cock et al., 2000; Carvalho-Netto et al., 2014; Matsuoka et al., 2014; Sabatier et al., 2015; Garcia et al., 2018; Rosado-Souza et al., 2023)

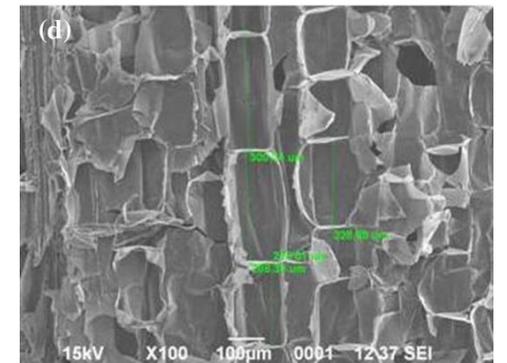
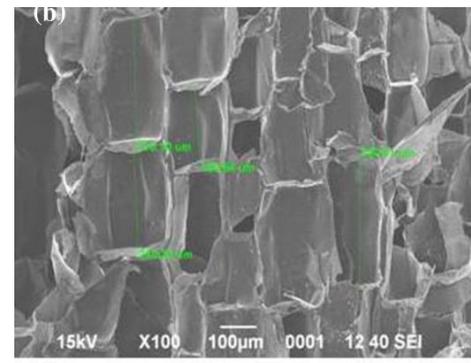
# Relación fuente demanda en caña de azúcar



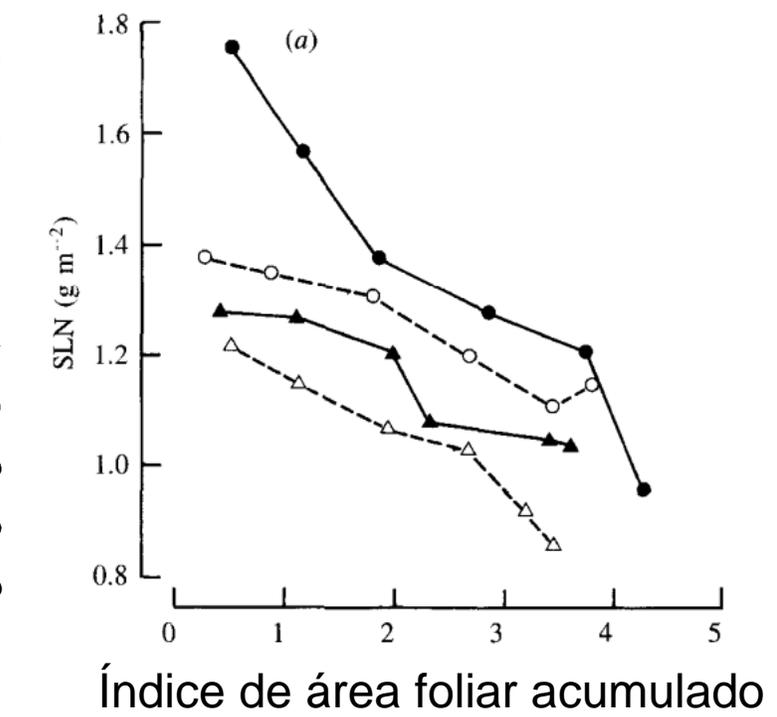
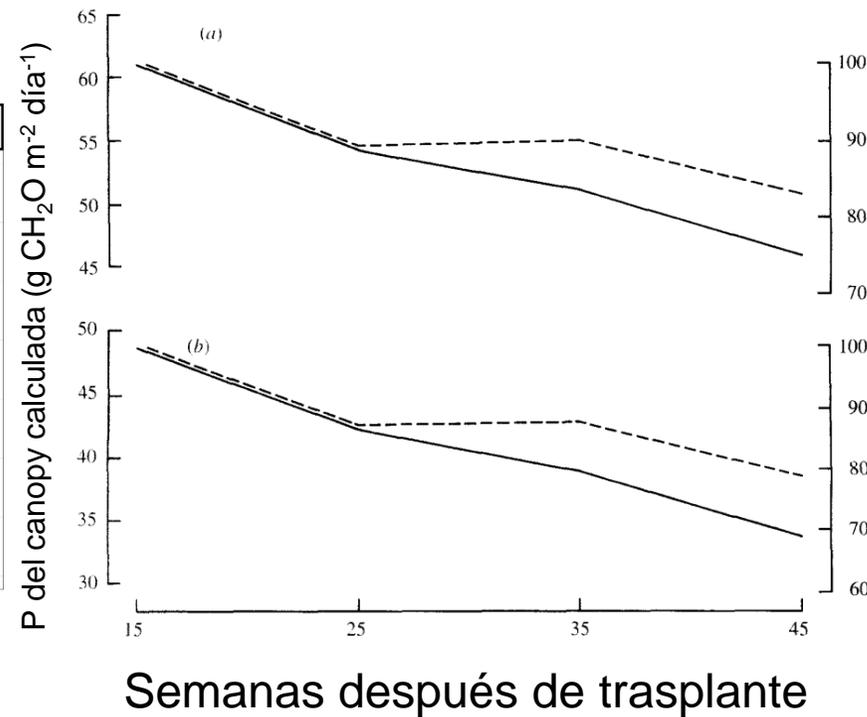
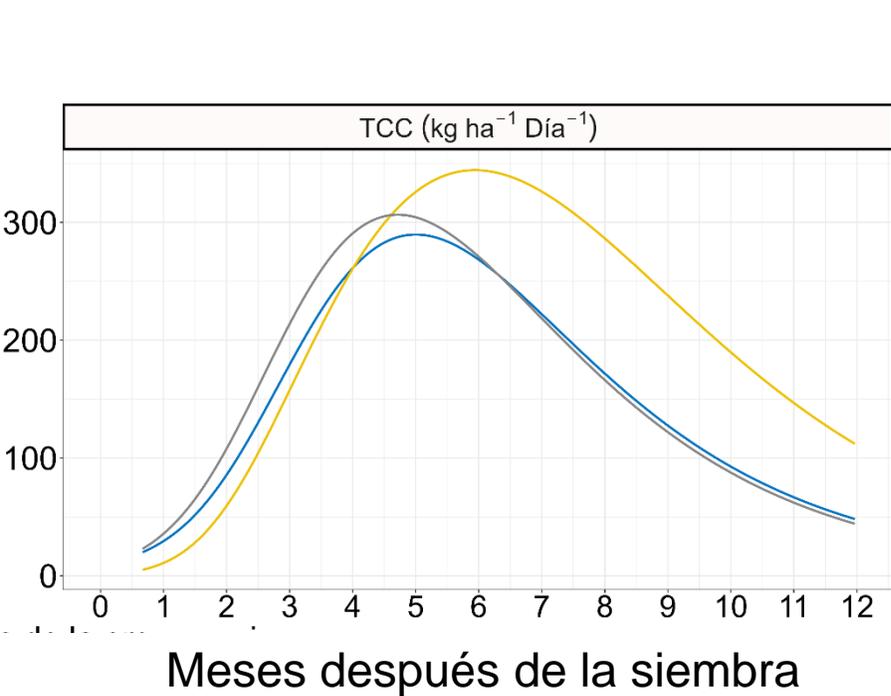
# Fuerza del órgano demanda es generada por la tasa de crecimiento, tamaño y actividad



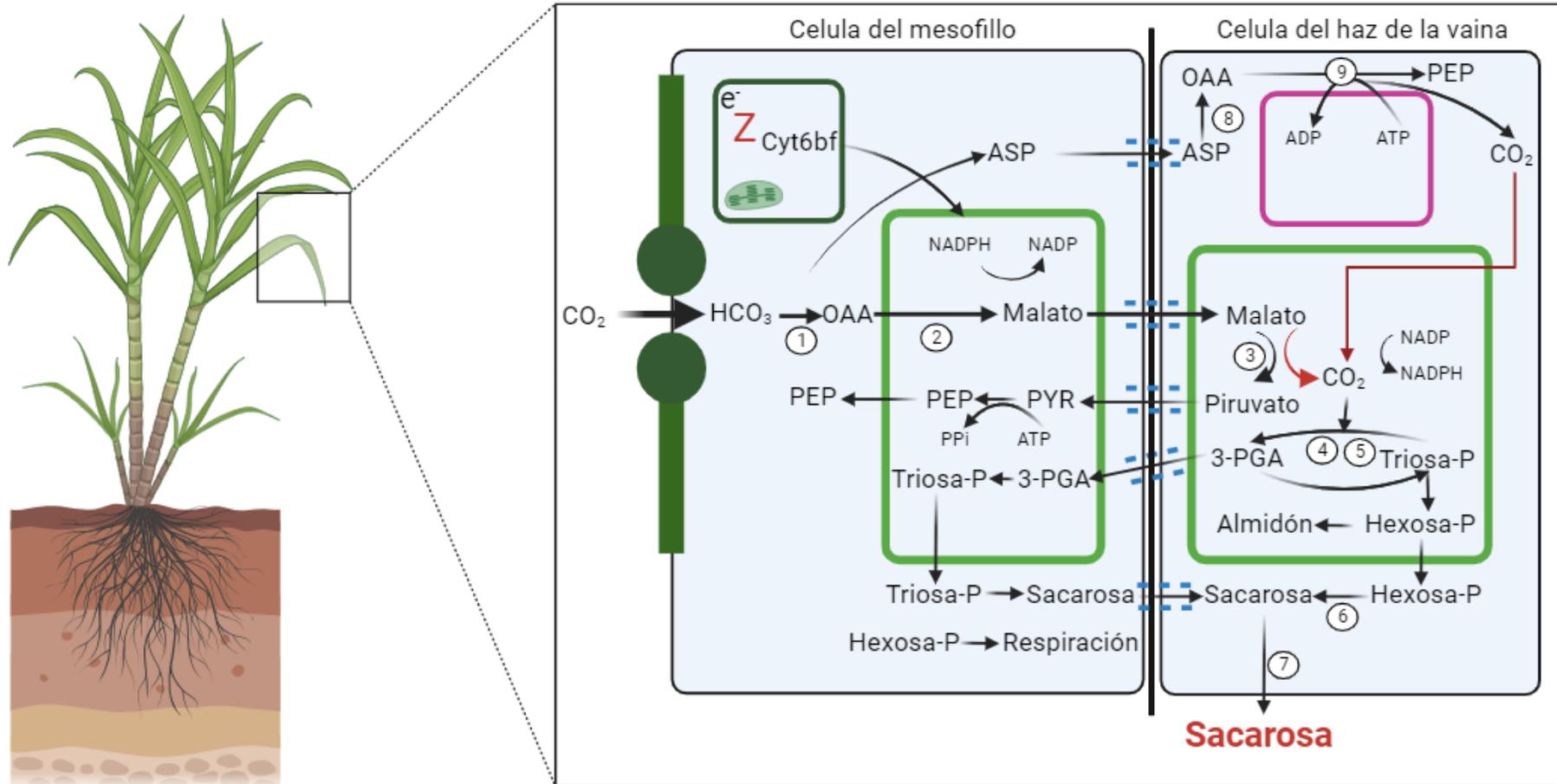
Treatment ● Control ▲ MODDUS



# Pérdida del poder de demanda reduce la fotosíntesis

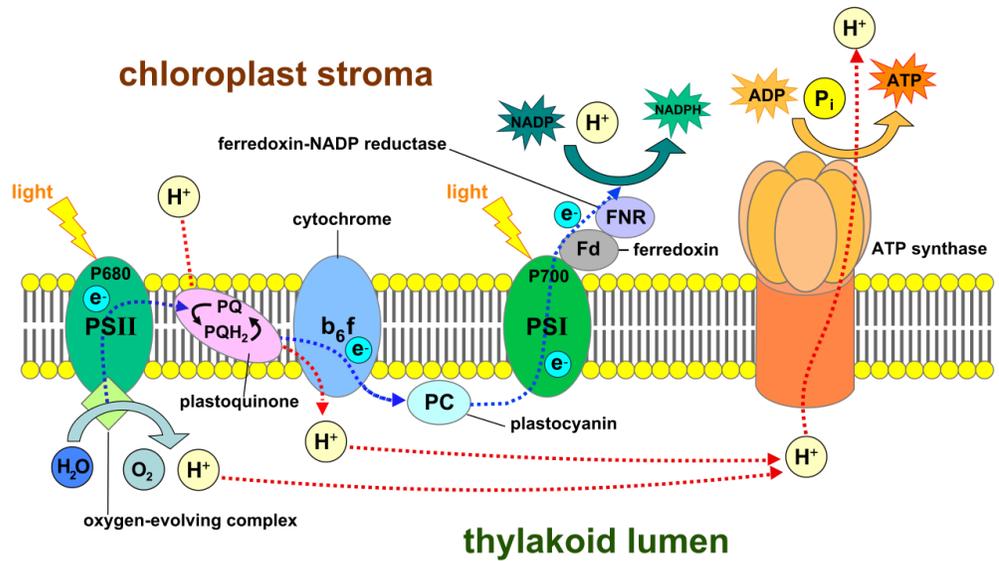


# Caña de azúcar presenta dos mecanismos de concentración de CO<sub>2</sub>

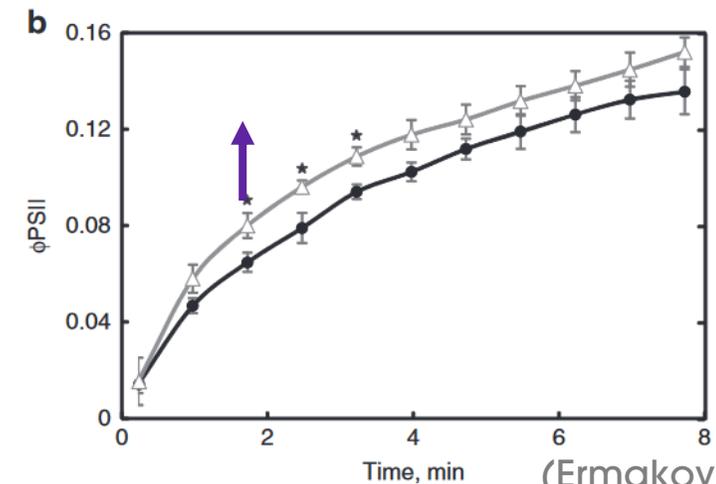
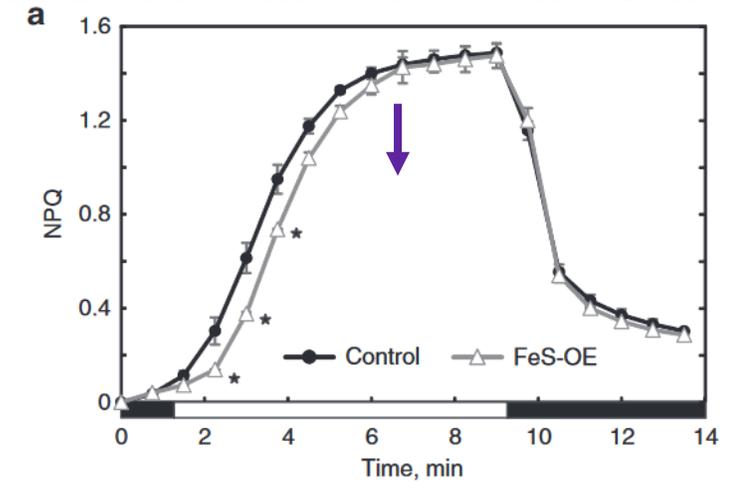


1: Fosfoenolpiruvato carboxilasa (PEPcase); 2: NADPH-Malato deshidrogenasa; 3: NAD-ME; 4: Ribulosa-1,5-bifosfato carboxilasa/oxigenasa (Rubisco); 5: Rubisco activasa; 6: Sacarosa fosfato sintasa o Sacarosa sintasa; 7: Transportadores SWEET; 8: Piruvato-Pi-Diquinasa; 9: PEP carboxiquinasa (PEPCK). OAA: Oxaloacetato; ASP: Aspartato; Pyr: Piruvato; 3-PGA: 3-Fosfoglicerilaldehido; PEP: Fosfoenolpiruvato; Cyt6bf: Citocromo 6bf.

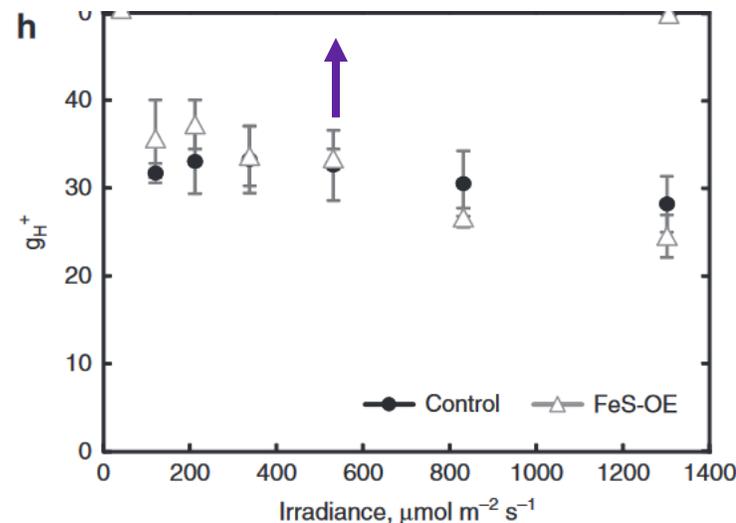
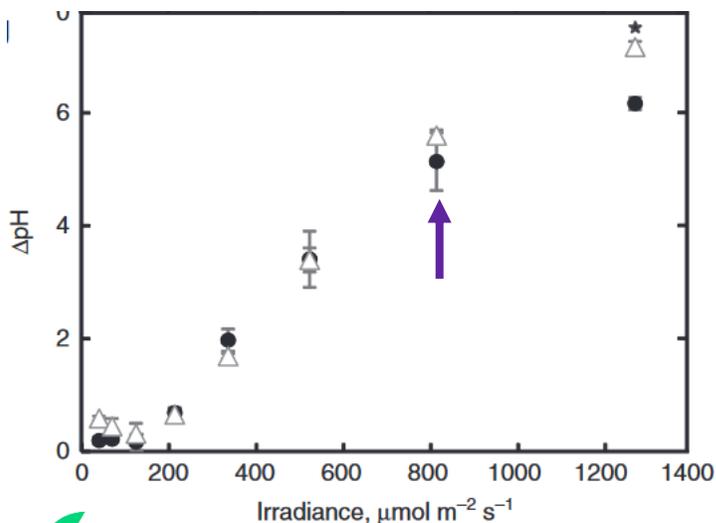
# Reducción en las limitaciones del transporte de electrones aumenta la producción de ATP y NADPH



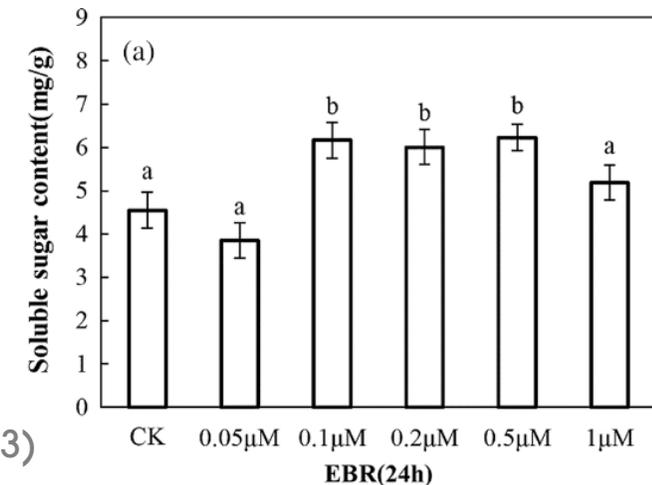
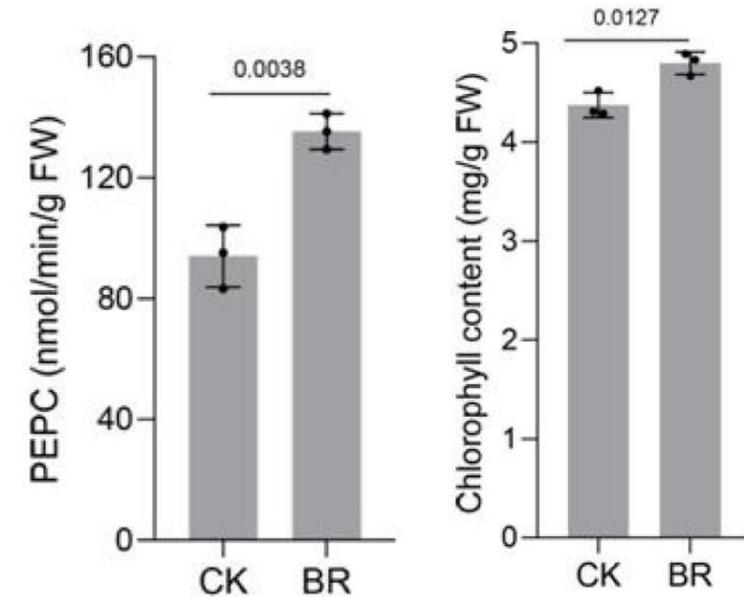
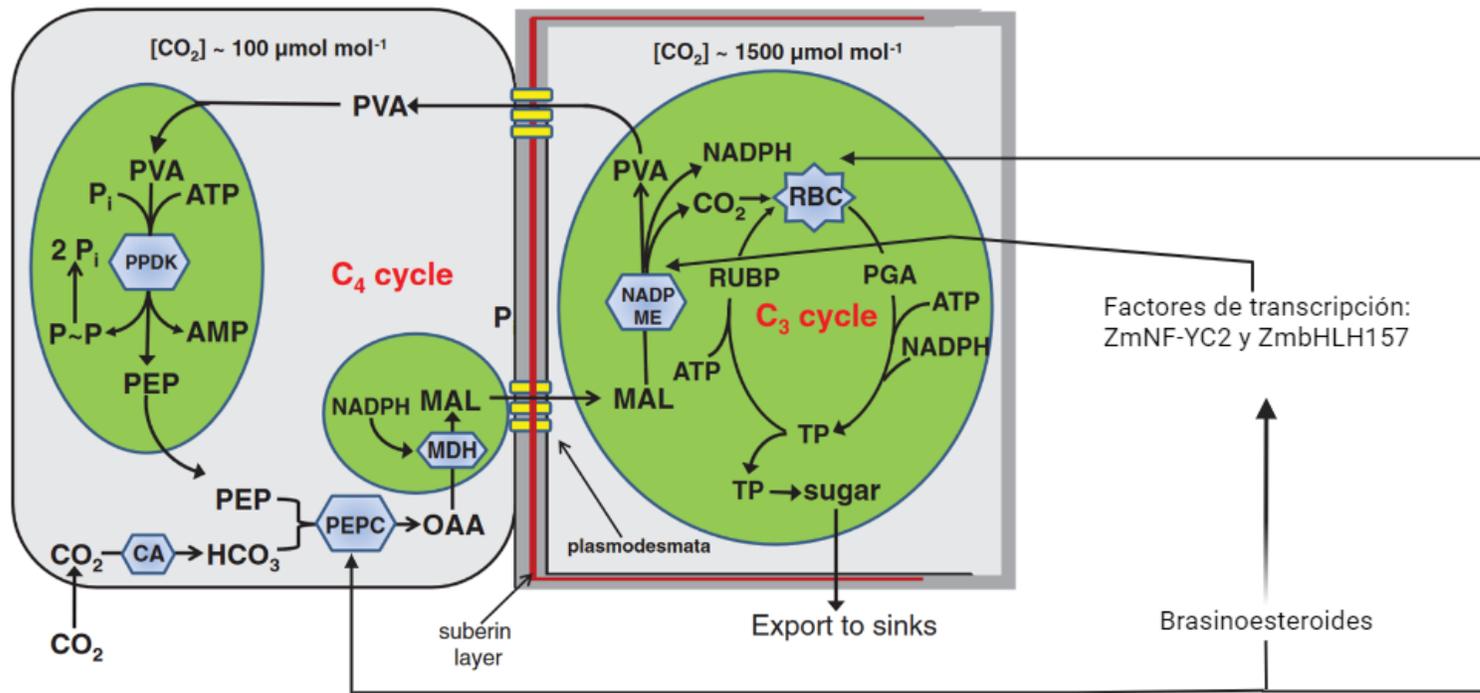
Sobreexpresión de la proteína Rieske FeS aumenta la cantidad de citocromo b6f



(Ermakova et al., 2019)

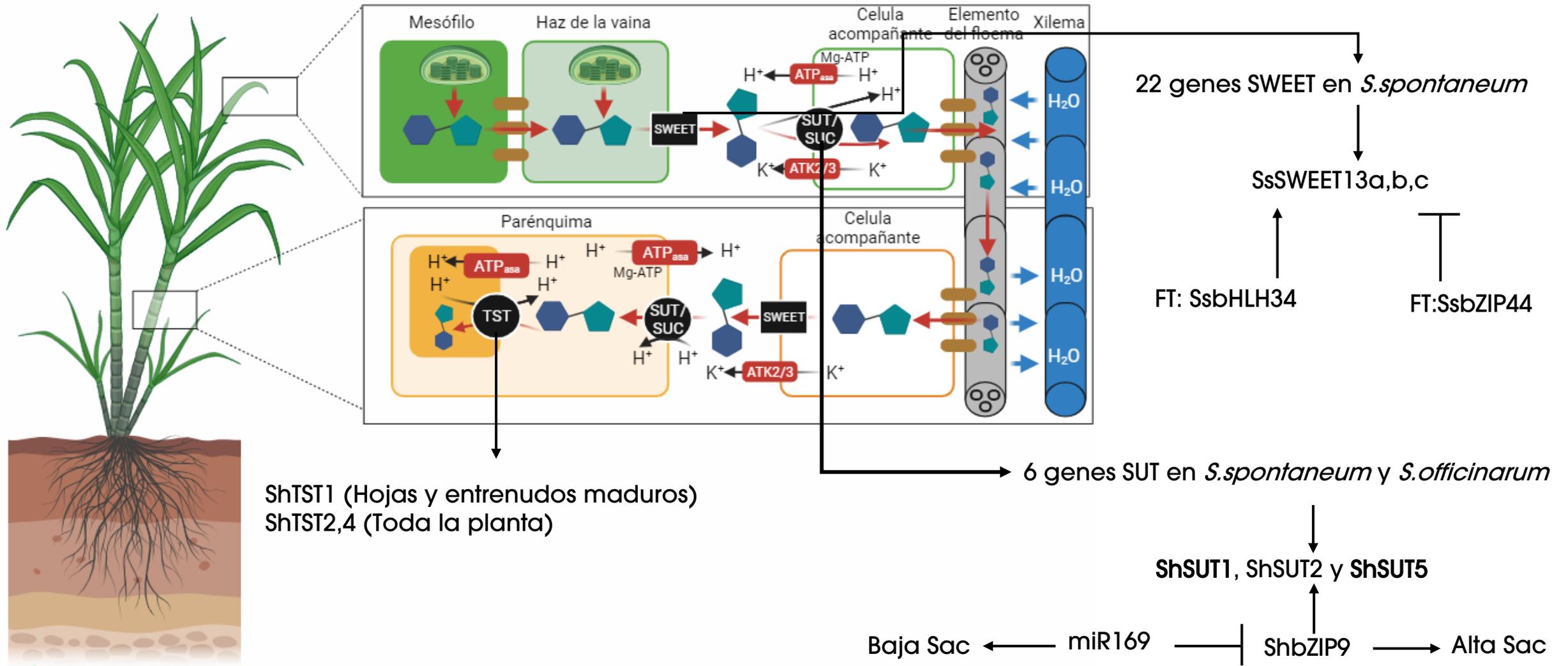


# Un paso limitante en el ciclo C<sub>4</sub> es la descarboxilación del malato por NADP-ME



(Kocová et al., 2010; Sage et al., 2013; Gao et al., 2021; Zhang et al., 2022; Gao et al., 2023)

# Movimiento de la sacarosa (carga del floema)

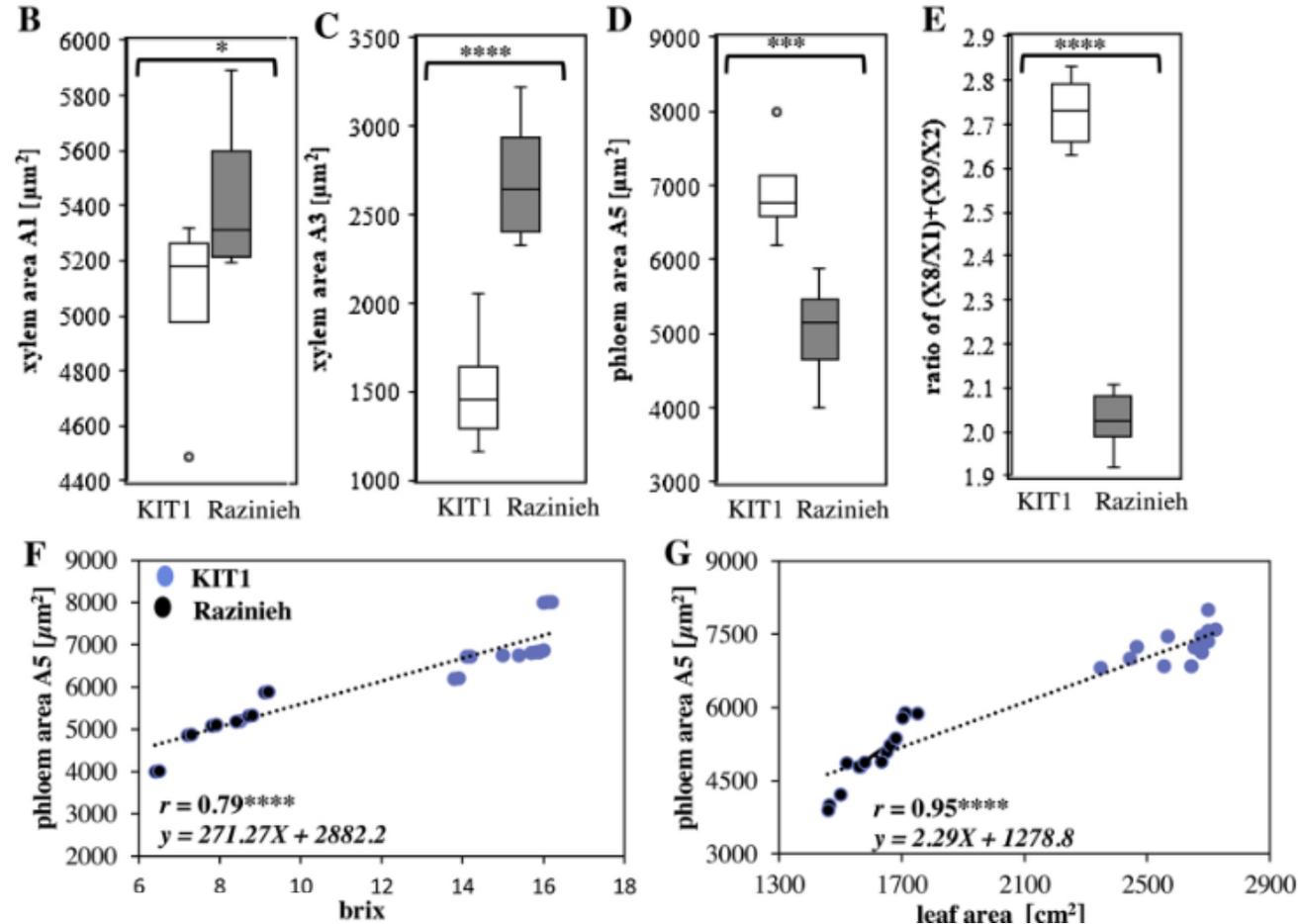
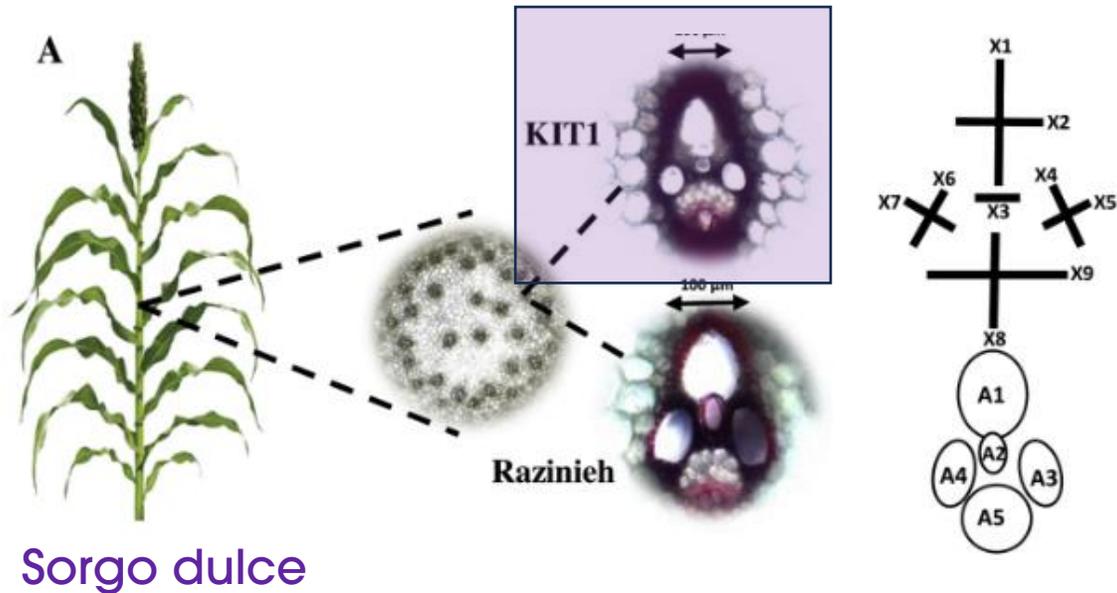


ShTST1 (Hojas y entrenudos maduros)  
ShTST2,4 (Toda la planta)

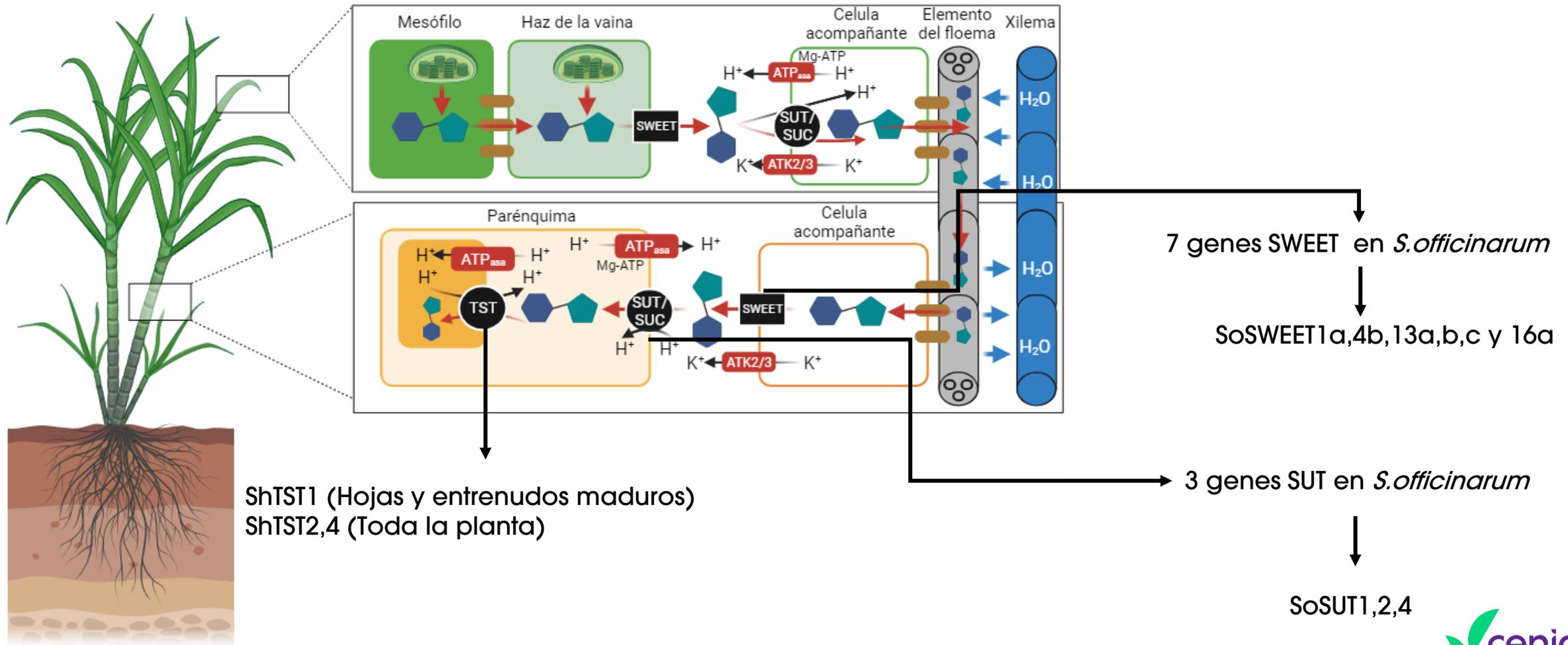
(Zhang et al., 2016; Hu et al., 2018; Hua et al., 2022; Chen et al., 2022; Braun, 2022; Dhungana & Braun, 2022; Wang et al., 2022)



# Aumento en el tamaño del floema genera mayor acumulación de grados brix

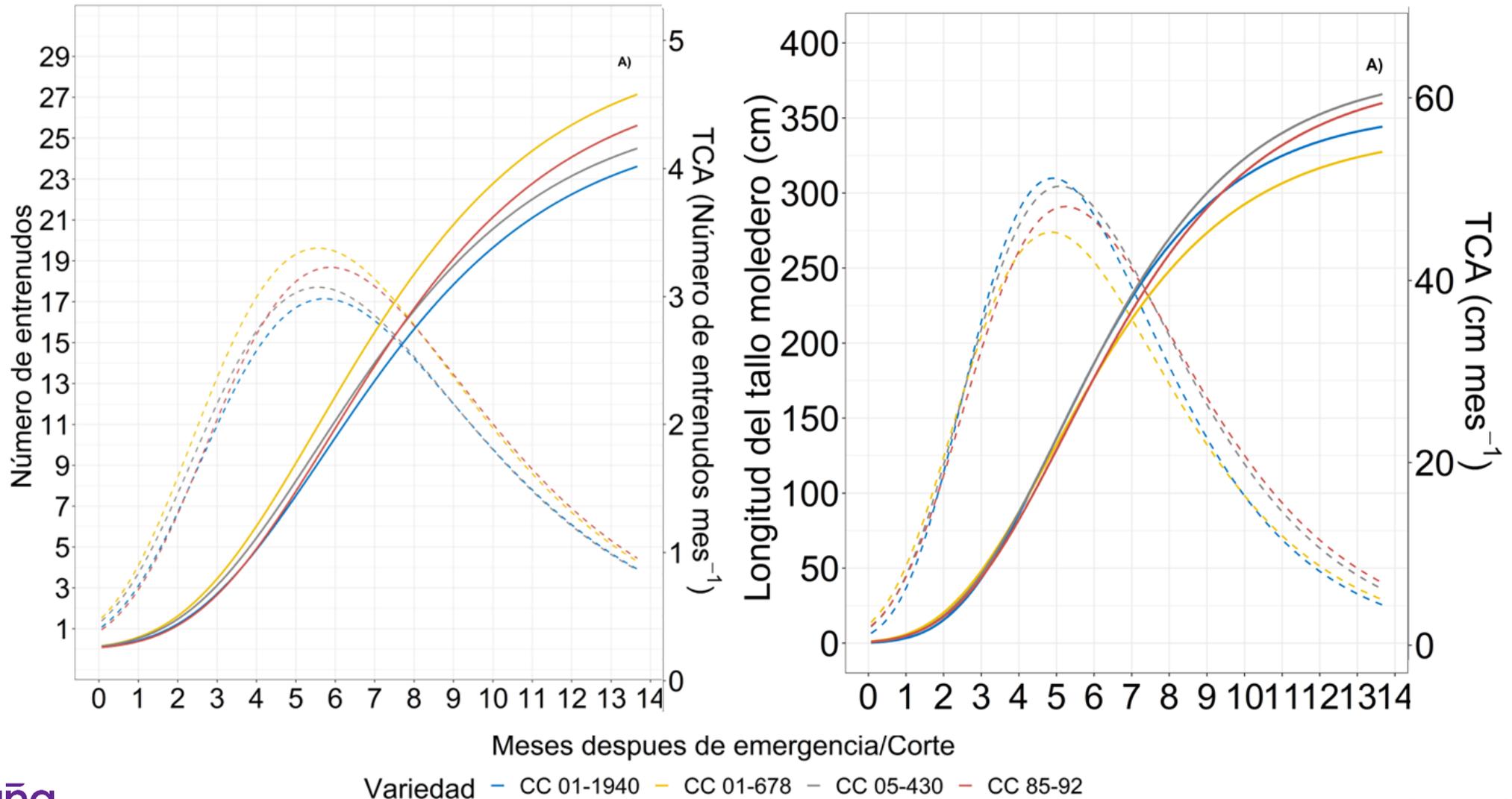


# Movimiento de la sacarosa (descarga del floema)

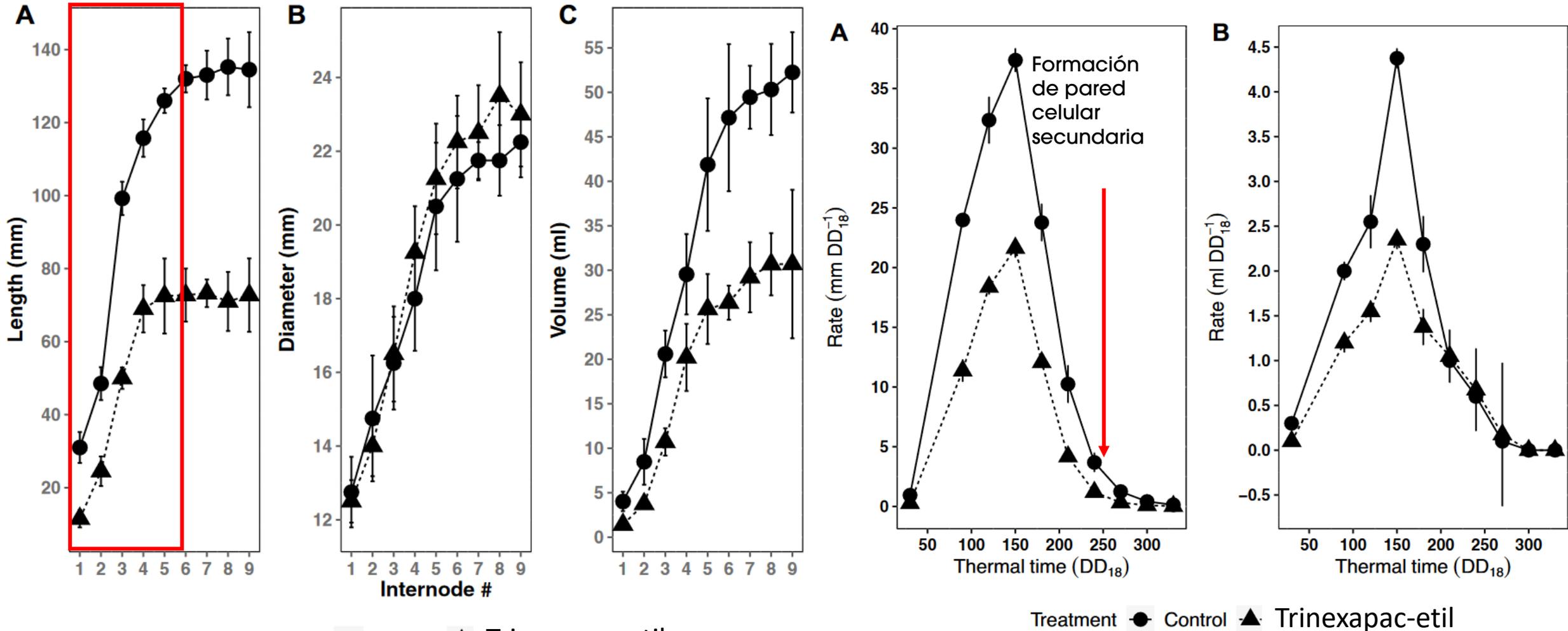


ShTST1 (Hojas y entrenudos maduros)  
ShTST2,4 (Toda la planta)

# La emisión y elongación de los entrenudos es un proceso que llega hasta la cosecha



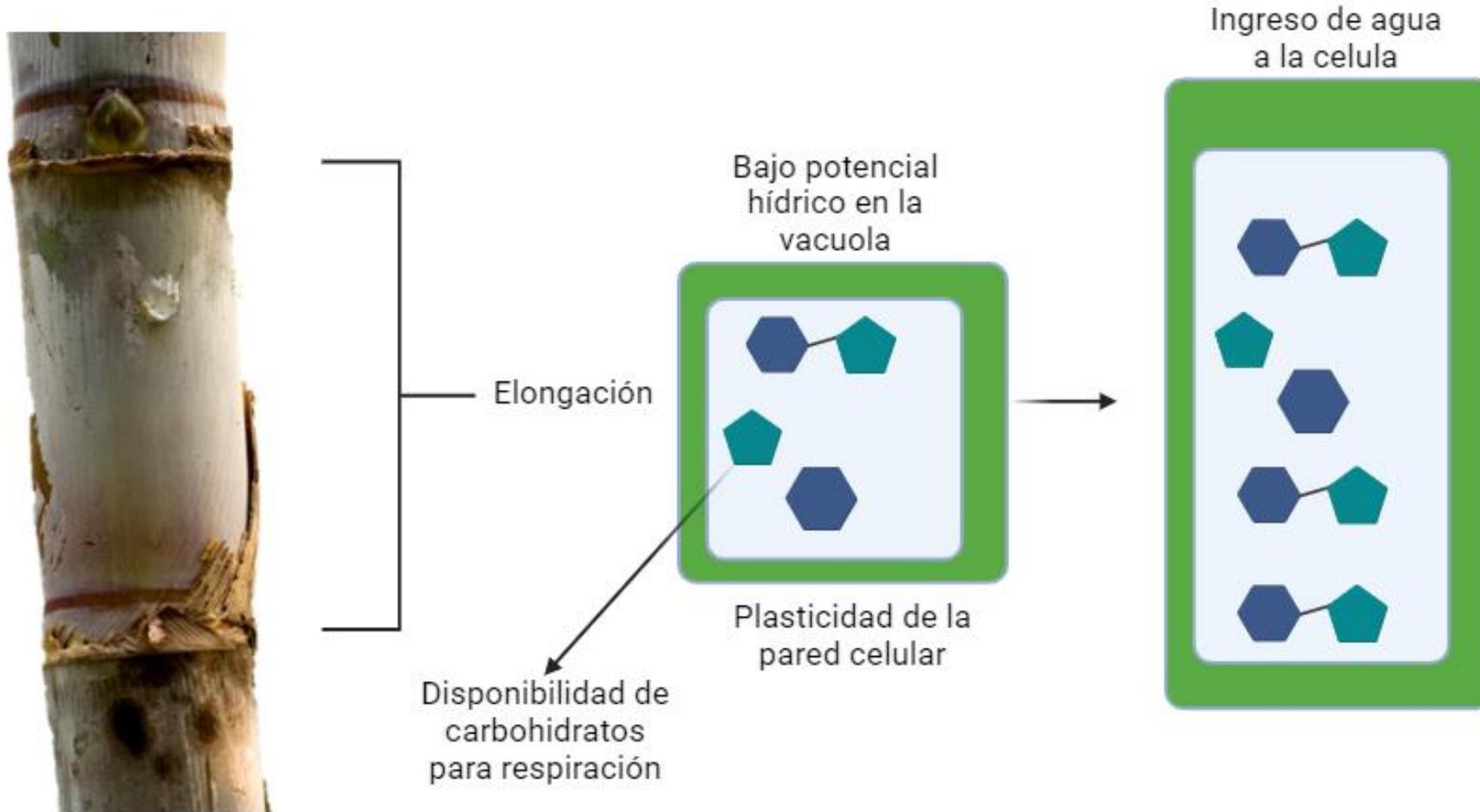
# La tasa de elongación del entrenudo puede ser manipulada con agronomía



Treatment ● control ▲ Trinexapac-etil  
Plantas aplicadas a los 4 MDE

(Botha et al., 2023)

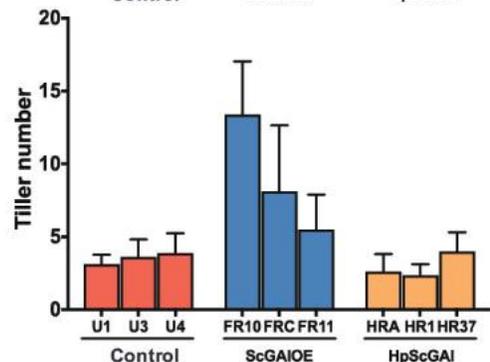
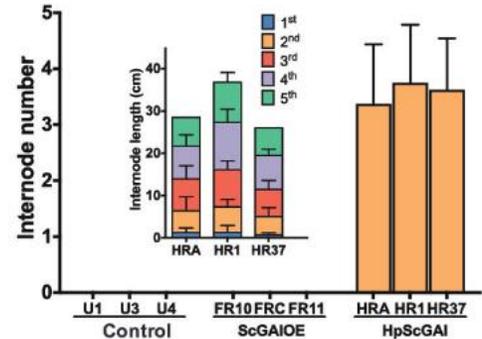
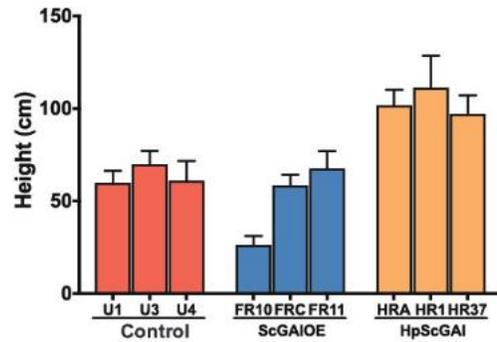
# La elongación del entrenudo depende de la acumulación de osmolitos en la vacuola, disponibilidad de agua y carbohidratos



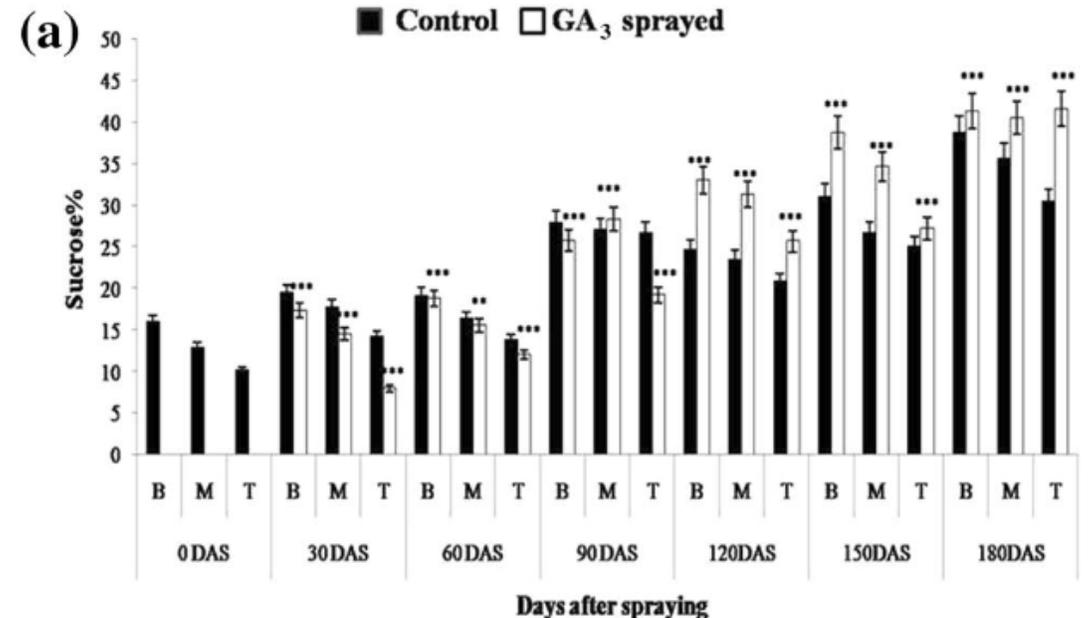
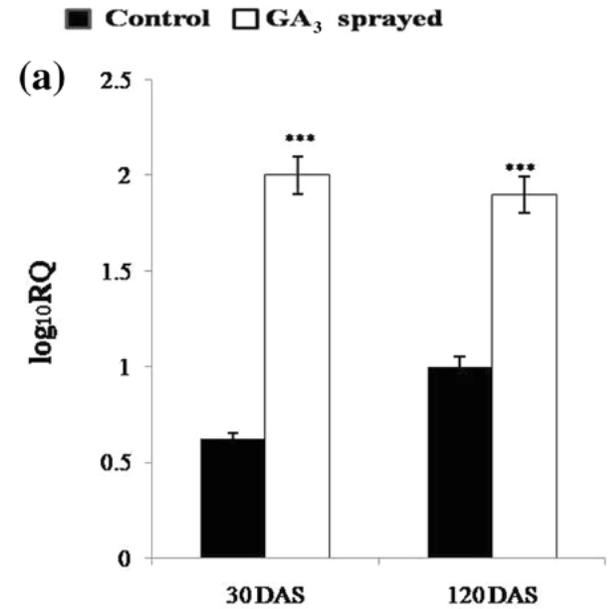
# Giberelinas son reguladores de la plasticidad de la pared celular y del poder de demanda



Control ScGAIOE HpScGAI



## Sacarosa fosfato sintasa en hojas

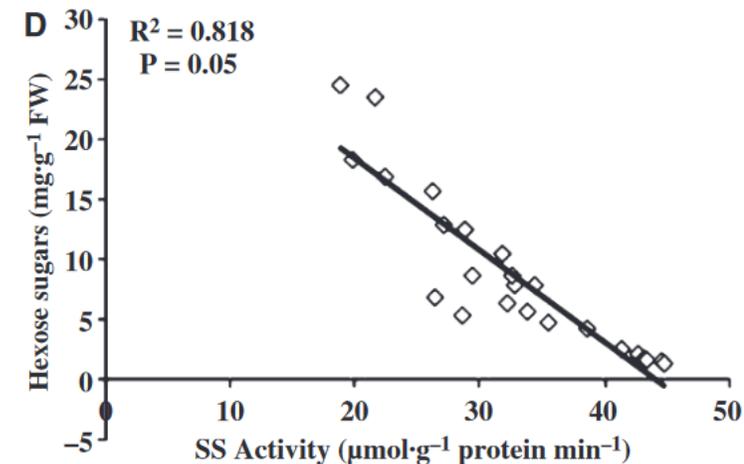
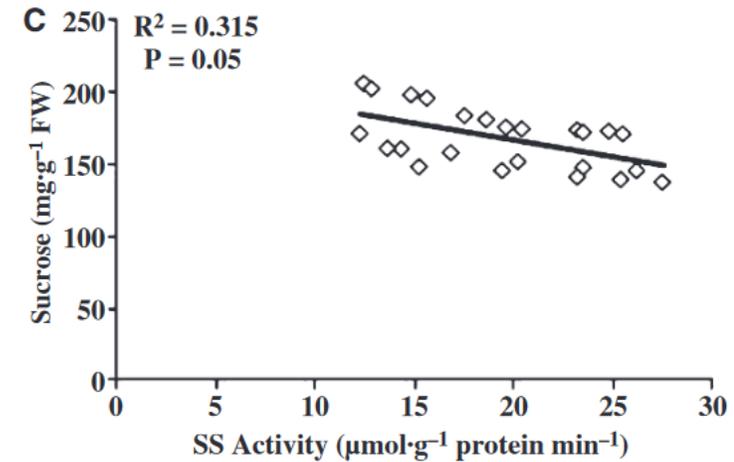
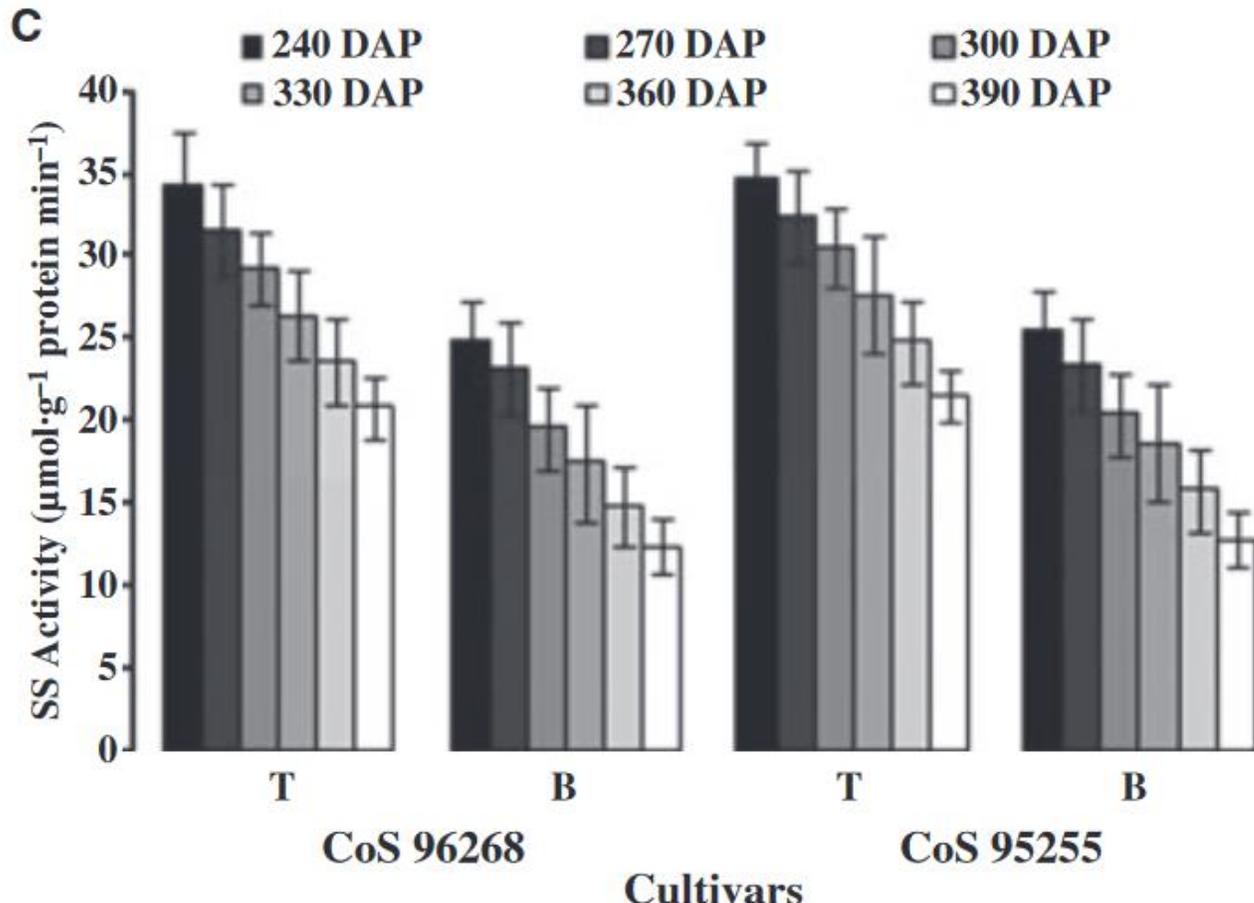


(Garcia et al., 2018; Roopendra et al., 2018)



# SuSy es una enzima clave en la generación del poder de demanda

Mayor expresión en entrenudos inmaduros



ScSuSy1,2,3,4,5

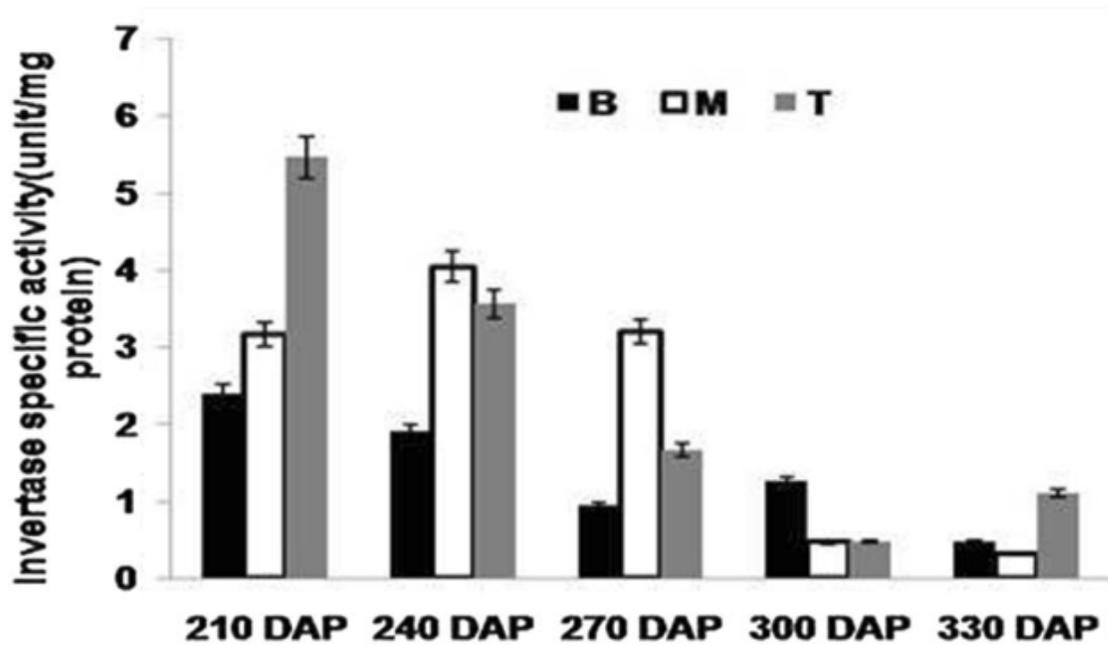
UDP-Glucosa  
ShCesA1,7,9

Celulosa

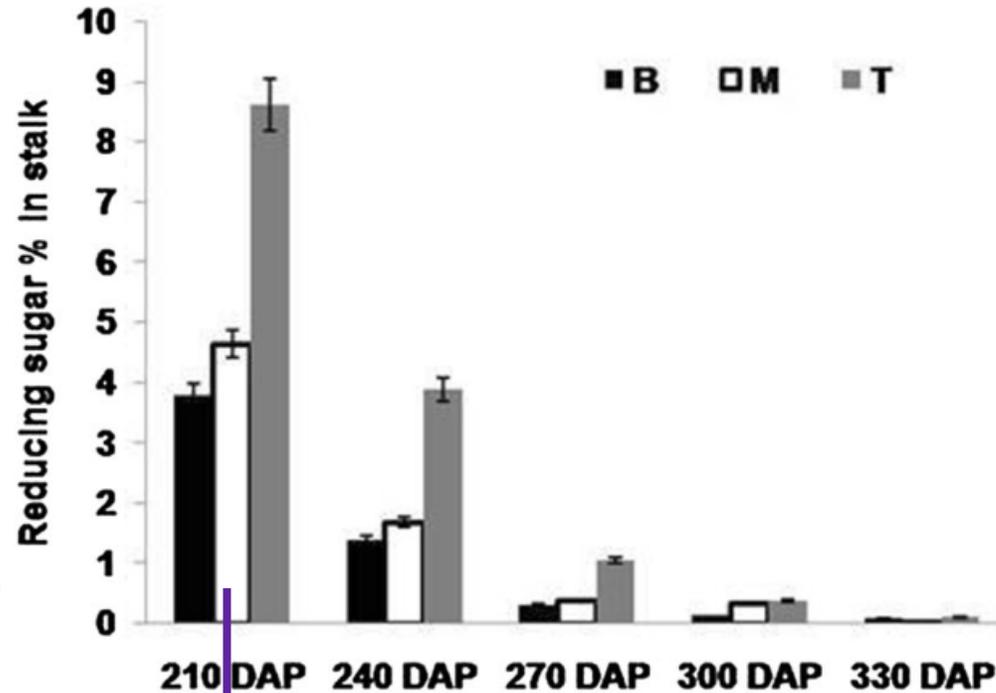
Crecimiento  
del entrenudo



# Invertasas muestran mayor actividad en los entrenudos inmaduros



(a)



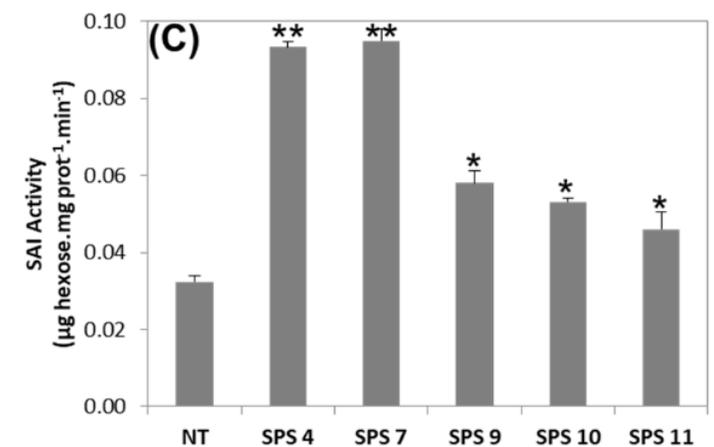
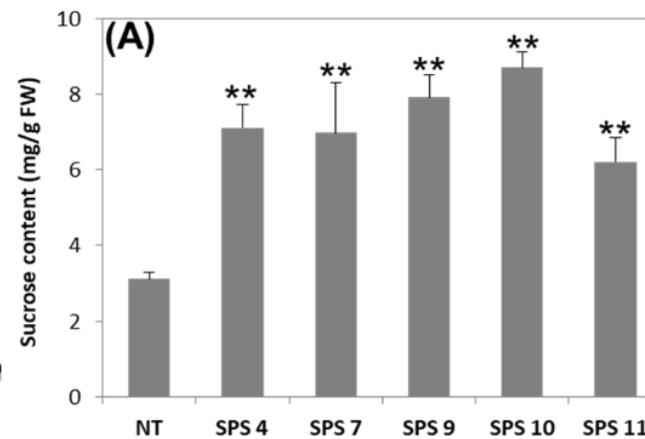
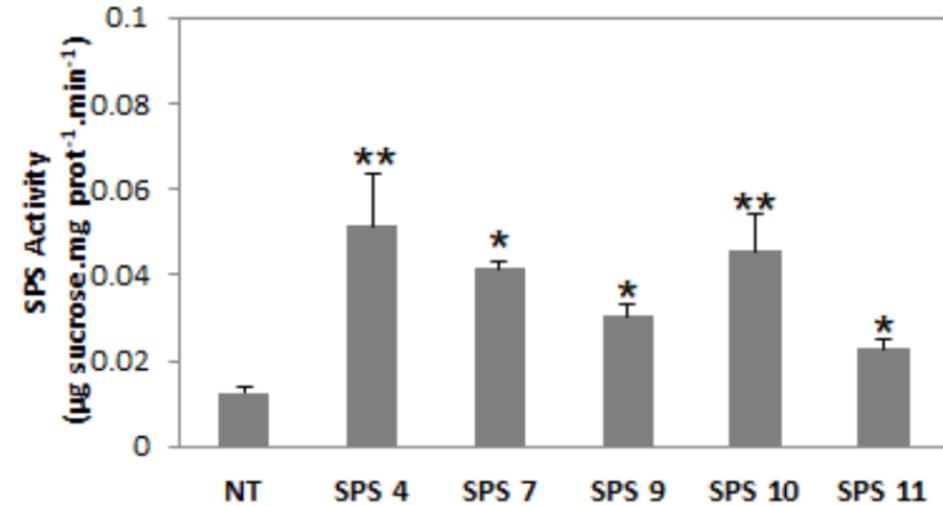
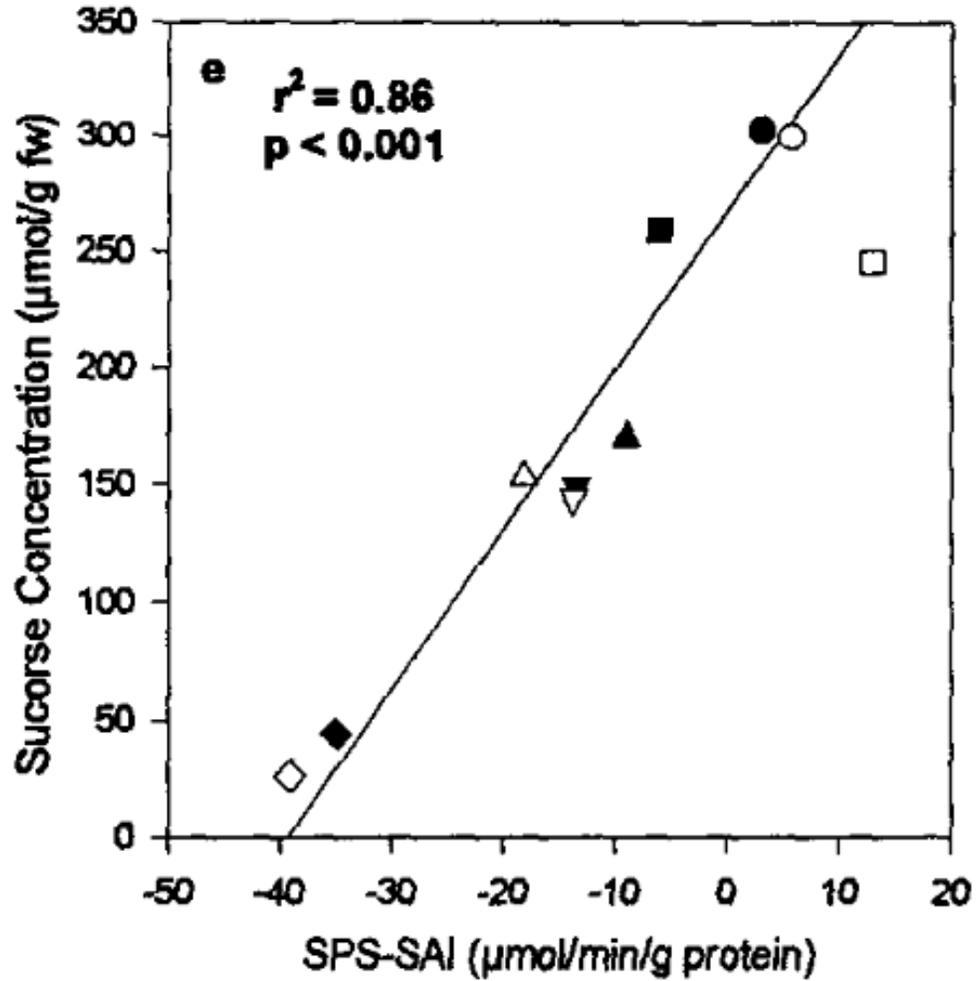
(a)

Glucolisis



- Respiración de crecimiento
- Respiración de mantenimiento
- Generación de poder de demanda

# Es necesario mantener un equilibrio entre invertasas y síntesis





¿Qué podemos hacer  
para mejorar el  
contenido de sacarosa?

# 1. Garantizar labores oportunas y evitar los estreses abióticos

Práctica	Unidades % de sacarosa pérdidas
Resiembras	1 - 1.4
Malezas	0.5 - 1
Estrés hídrico	0.8 - 1.9
Riegos tardíos	0.5 - 1.5
Cosecha a baja edad	0.4 - 0.5
Cosecha sin las semanas de madurador	0.4 - 1



Cosecha autoguiada

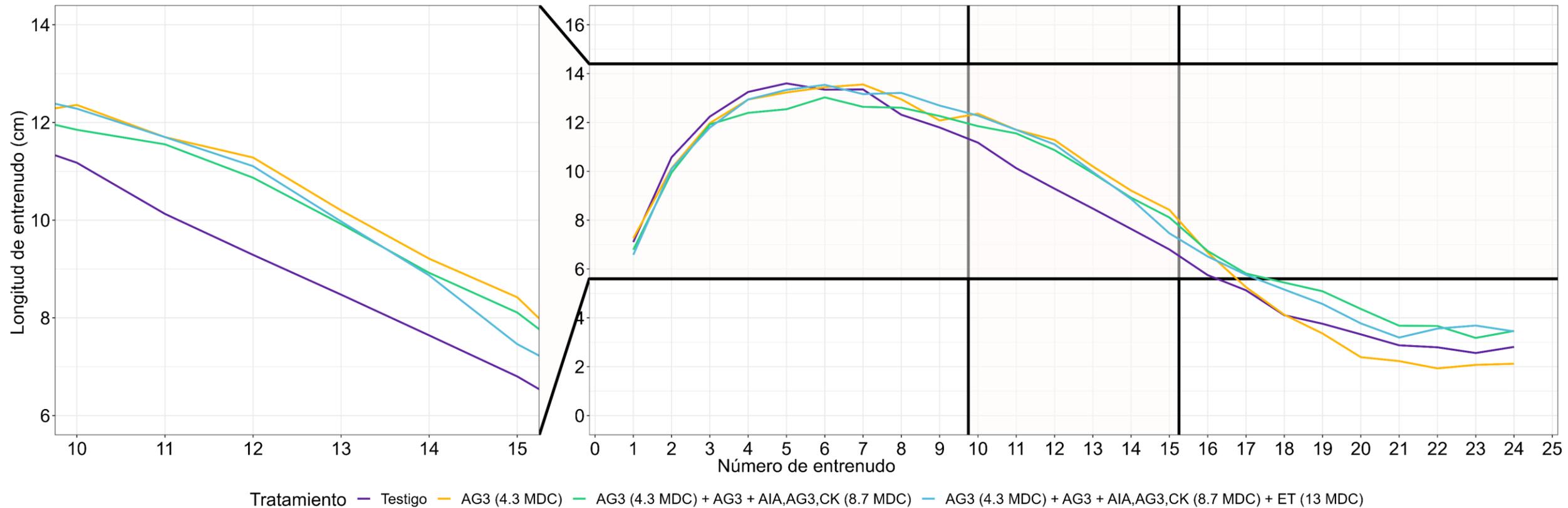
Control de malezas entre 0-2 meses

Priorización de riego entre 4 – 8 meses

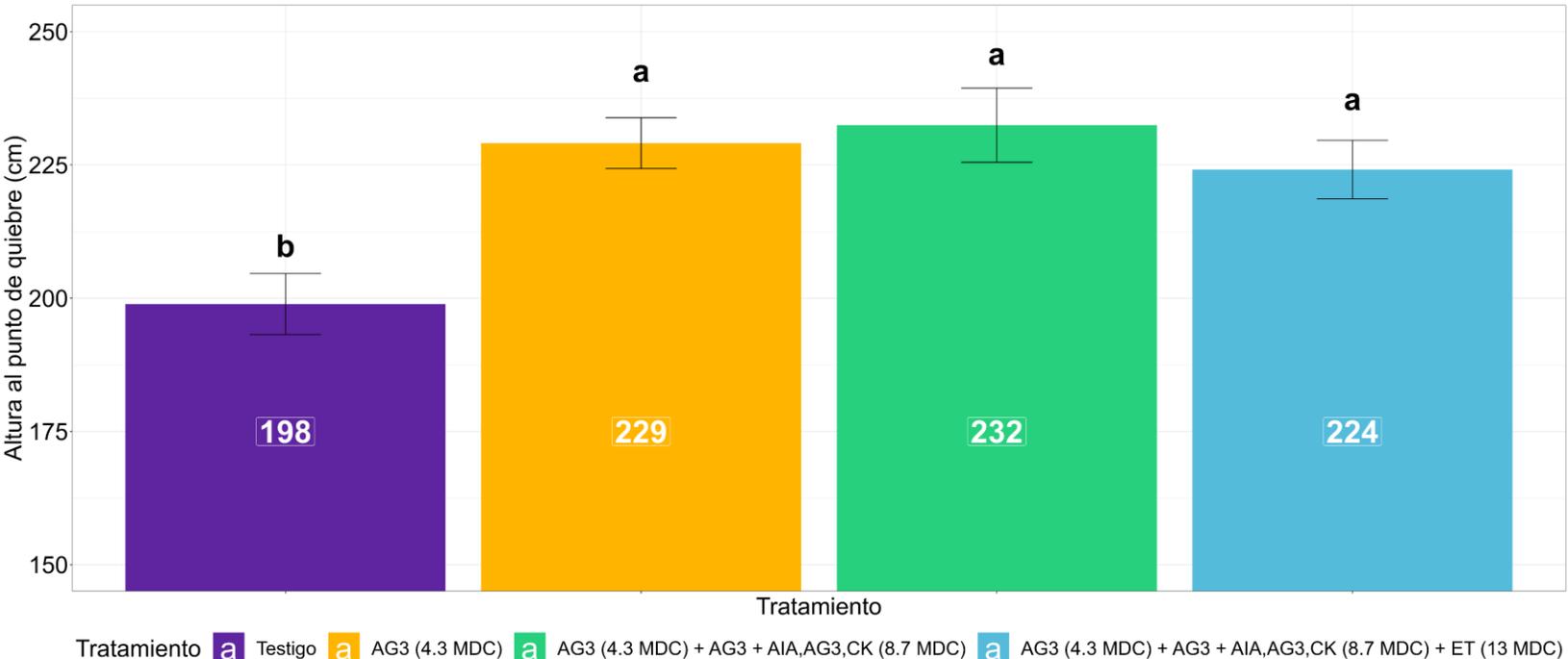
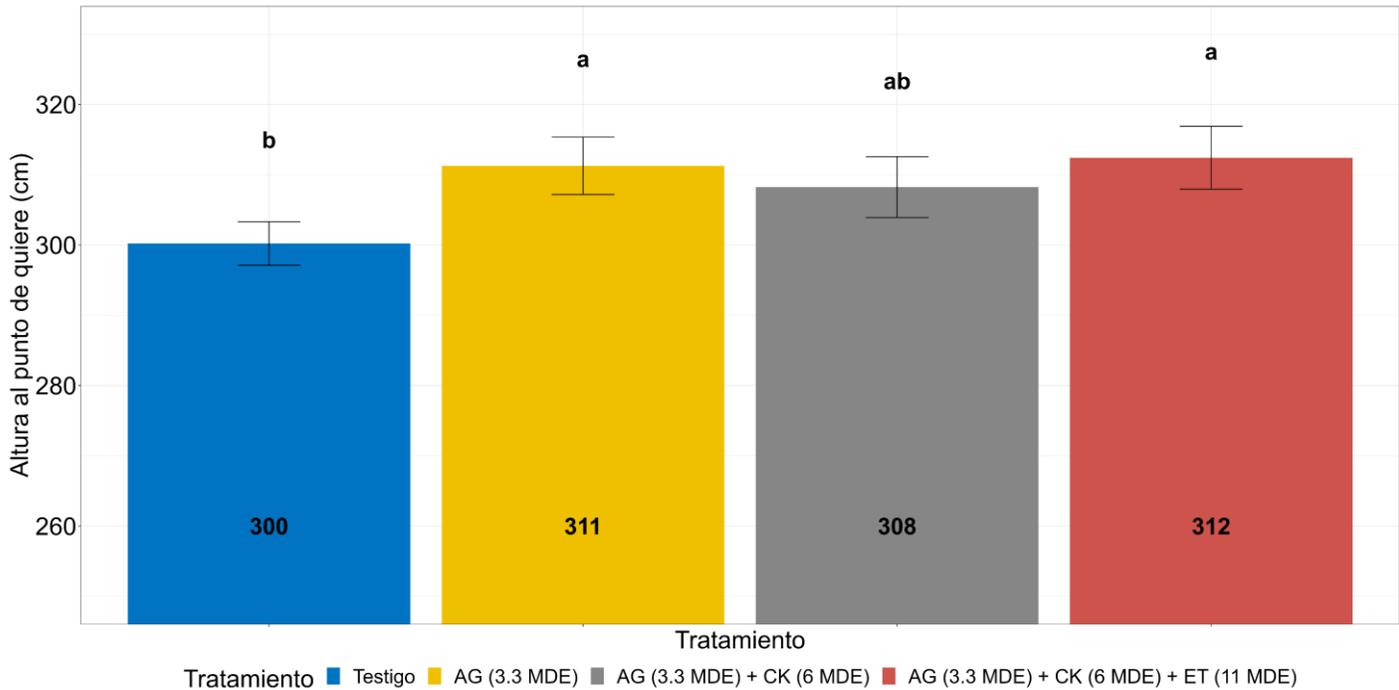
8 semanas sin riego antes de cosecha

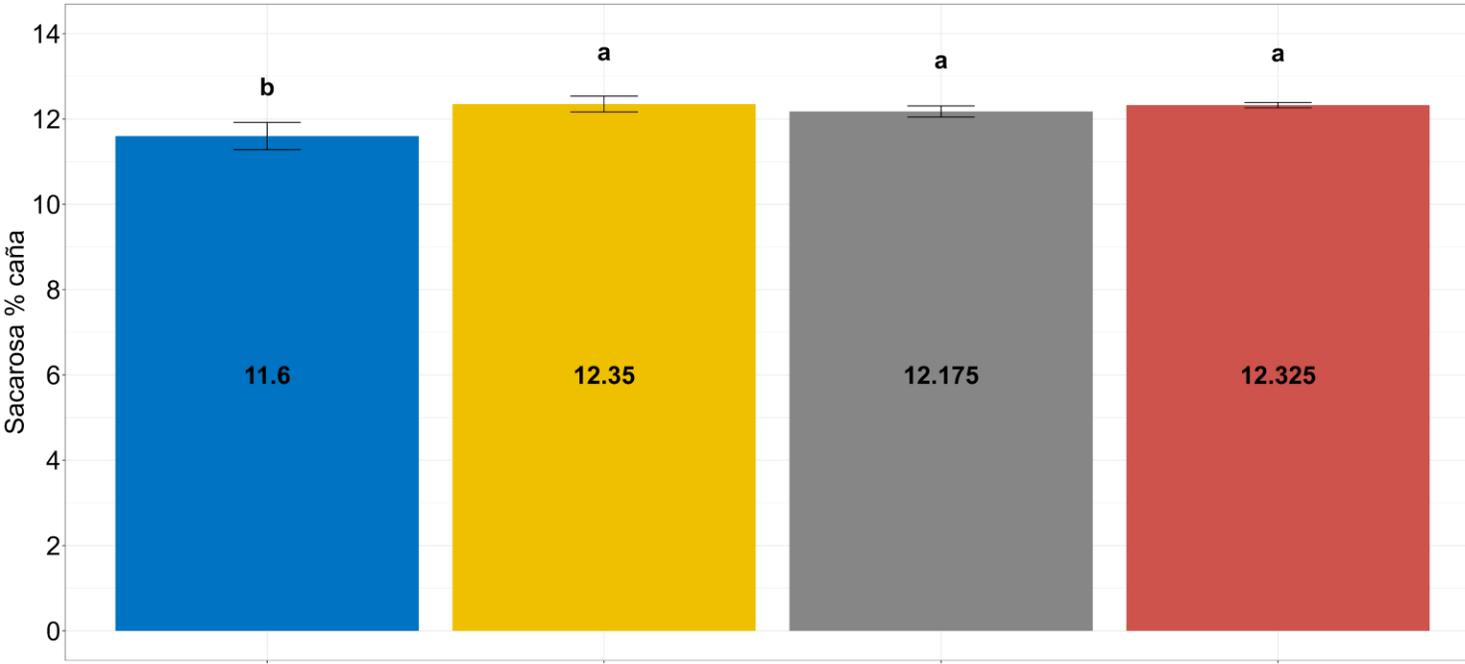
¿+3.6 Unidades %?  
Maduración + Logística de cosecha

# El AG<sub>3</sub> aumenta la longitud de los entrenudos 10-16 en 1-2 cm aproximadamente

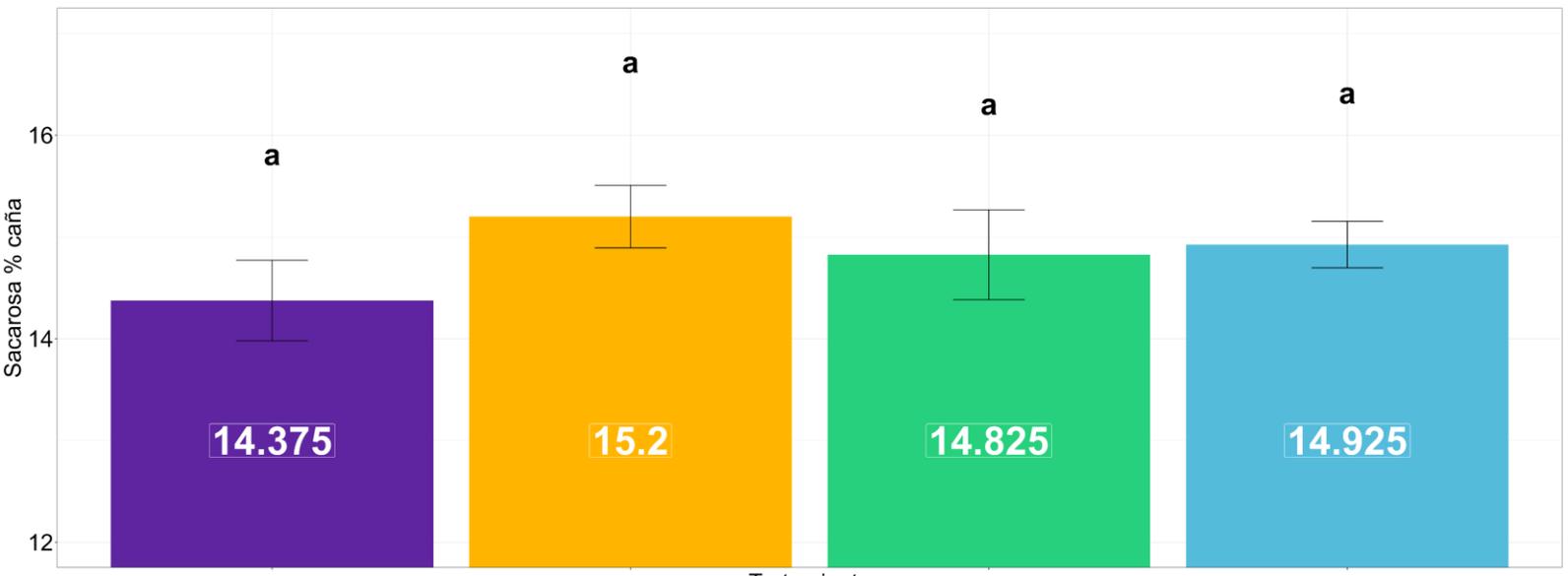


# Aplicaciones de AG<sub>3</sub> ha generado aumentos en la altura al punto de quiebre entre 12 - 34 cm



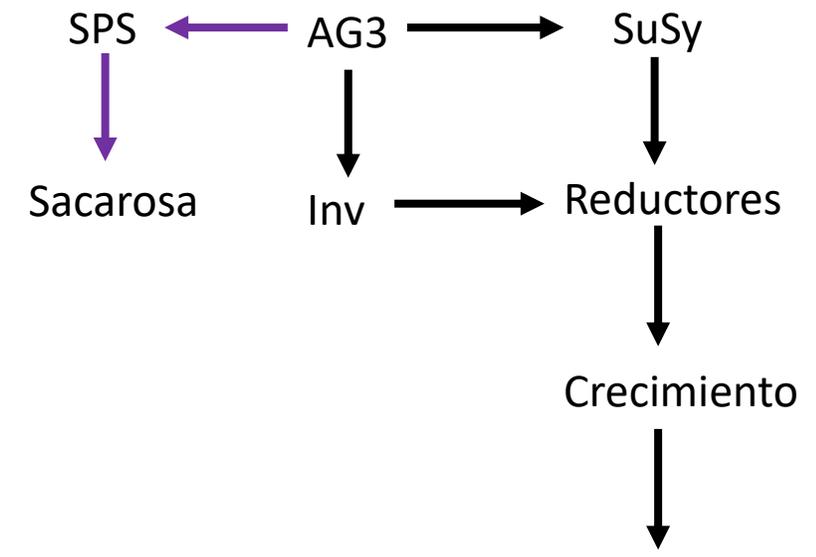


Tratamiento ■ Testigo ■ AG (3.3 MDE) ■ AG (3.3 MDE) + CK (6 MDE) ■ AG (3.3 MDE) + CK (6 MDE) + ET (11 MDE)

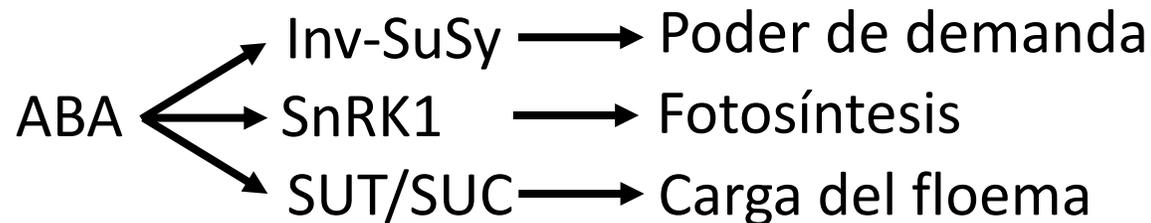
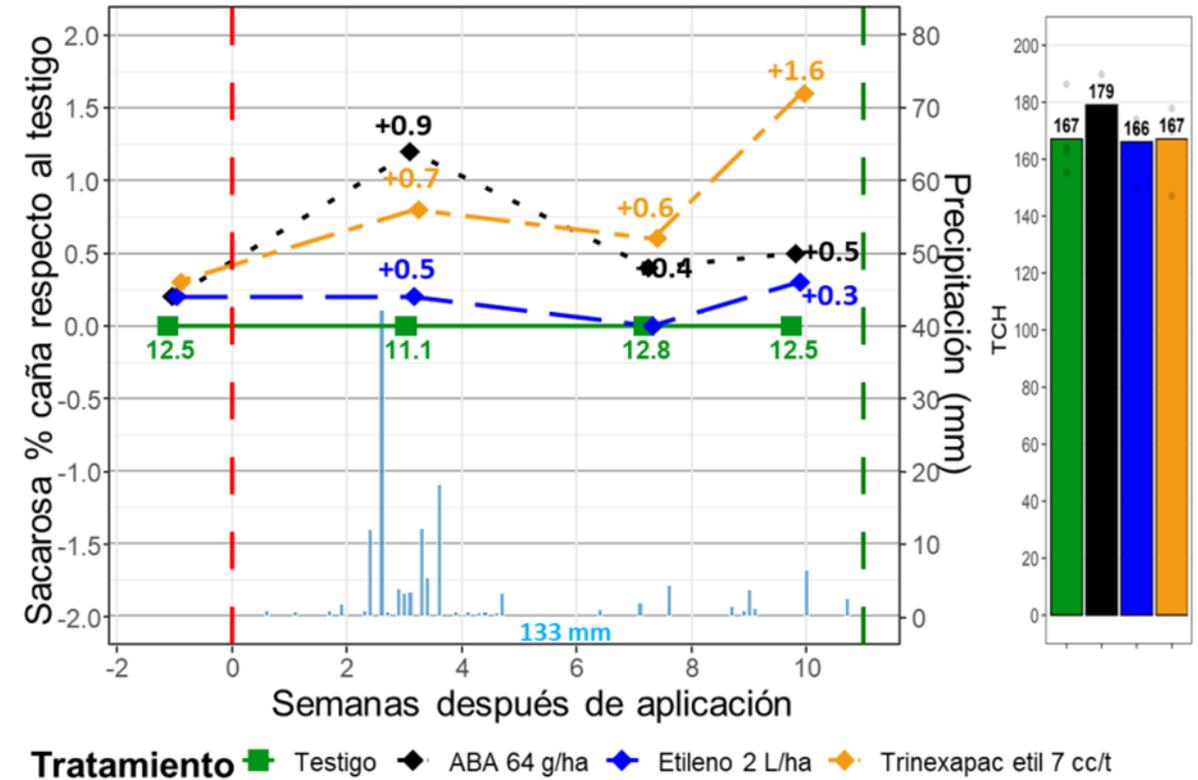
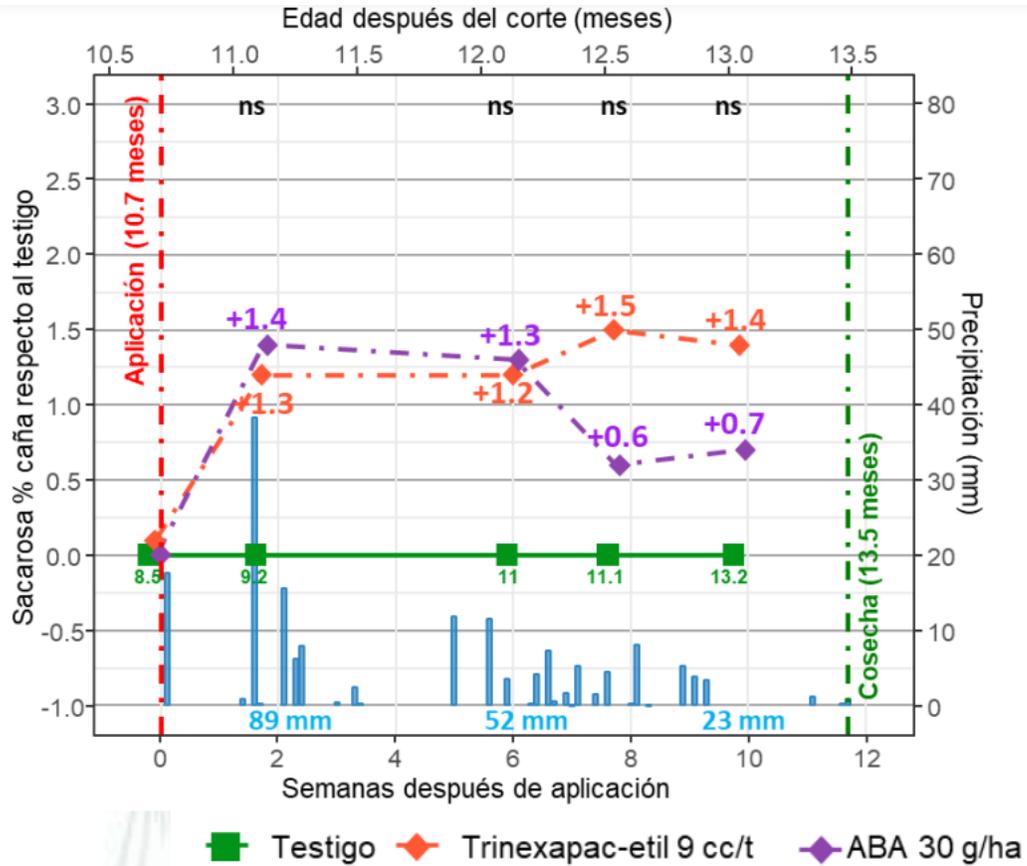


Tratamiento ■ a Testigo ■ a AG3 (4.3 MDC) ■ a AG3 (4.3 MDC) + AG3 + AIA, AG3, CK (8.7 MDC) ■ a AG3 (4.3 MDC) + AG3 + AIA, AG3, CK (8.7 MDC) + ET (13 MDC)

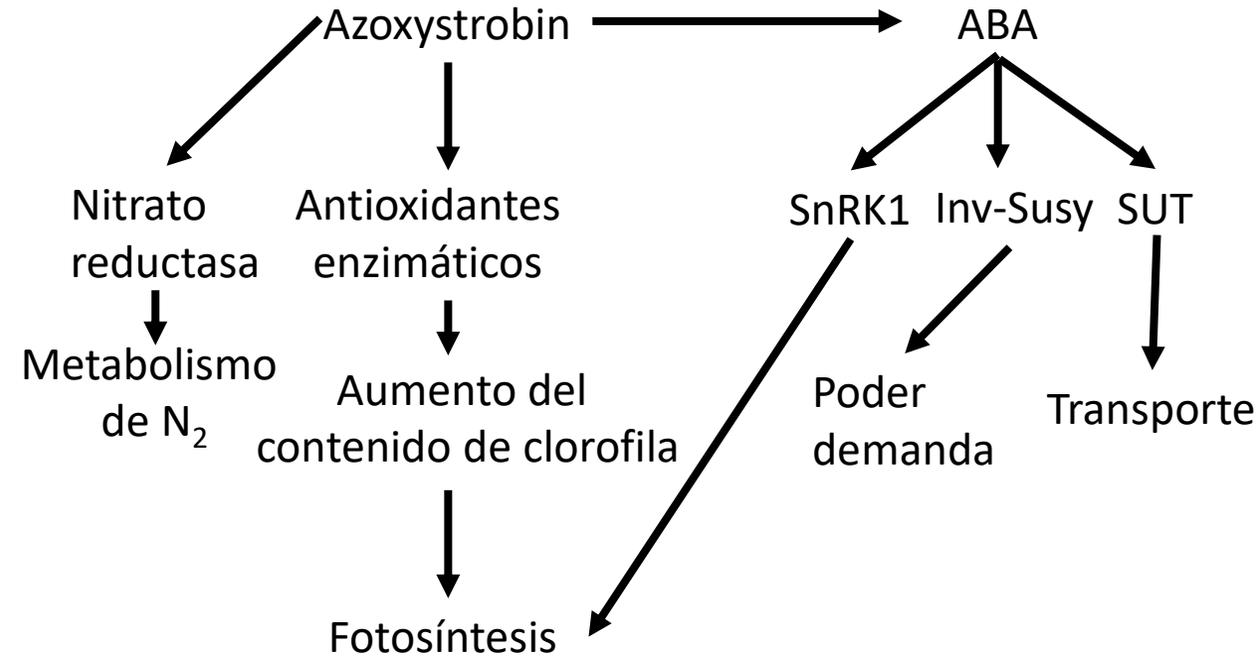
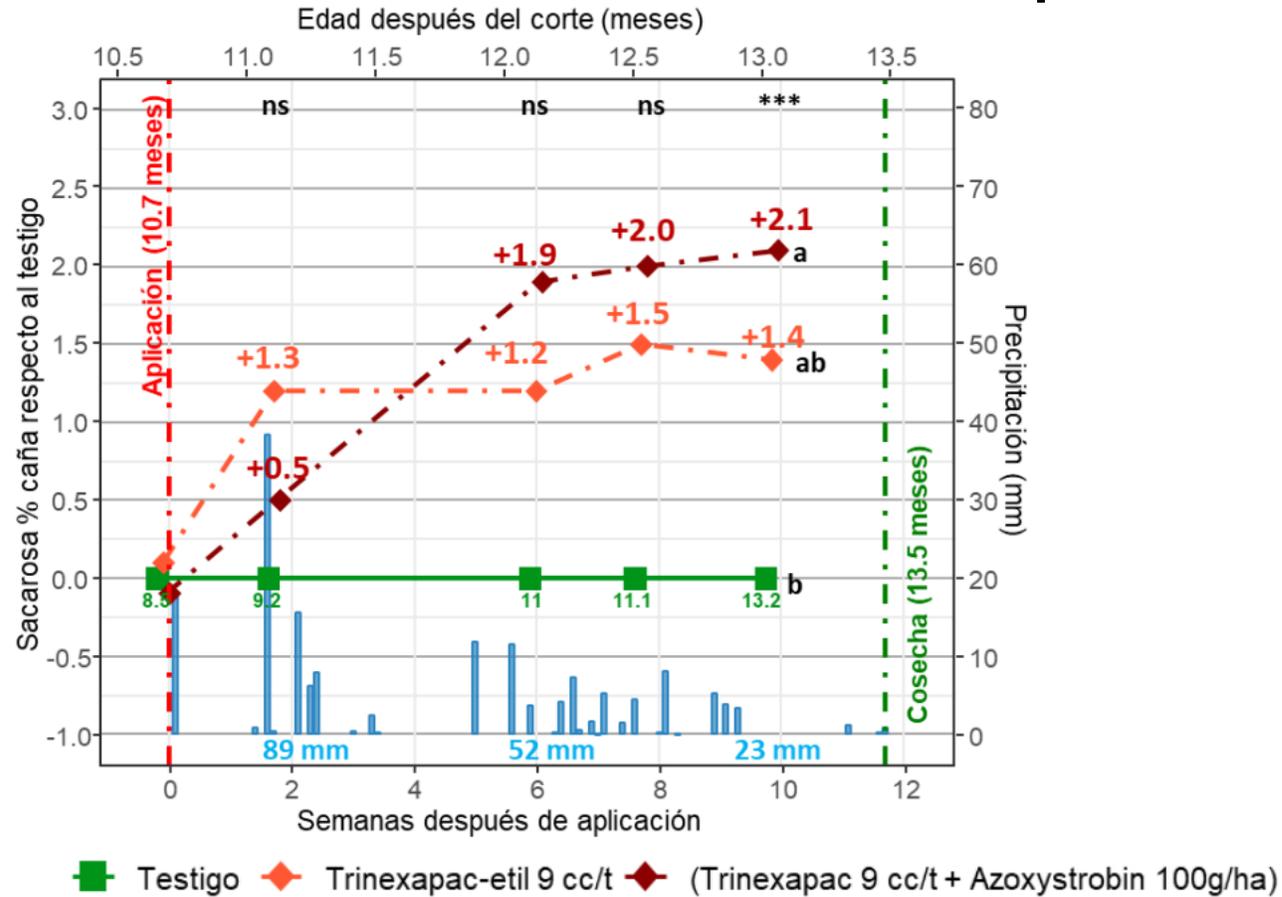
El AG<sub>3</sub> incrementa el contenido de sacarosa % caña en 0.75 - 0.82 unidades



# ABA actúa en toda la relación fuente – demanda generando aumentos del contenido de sacarosa

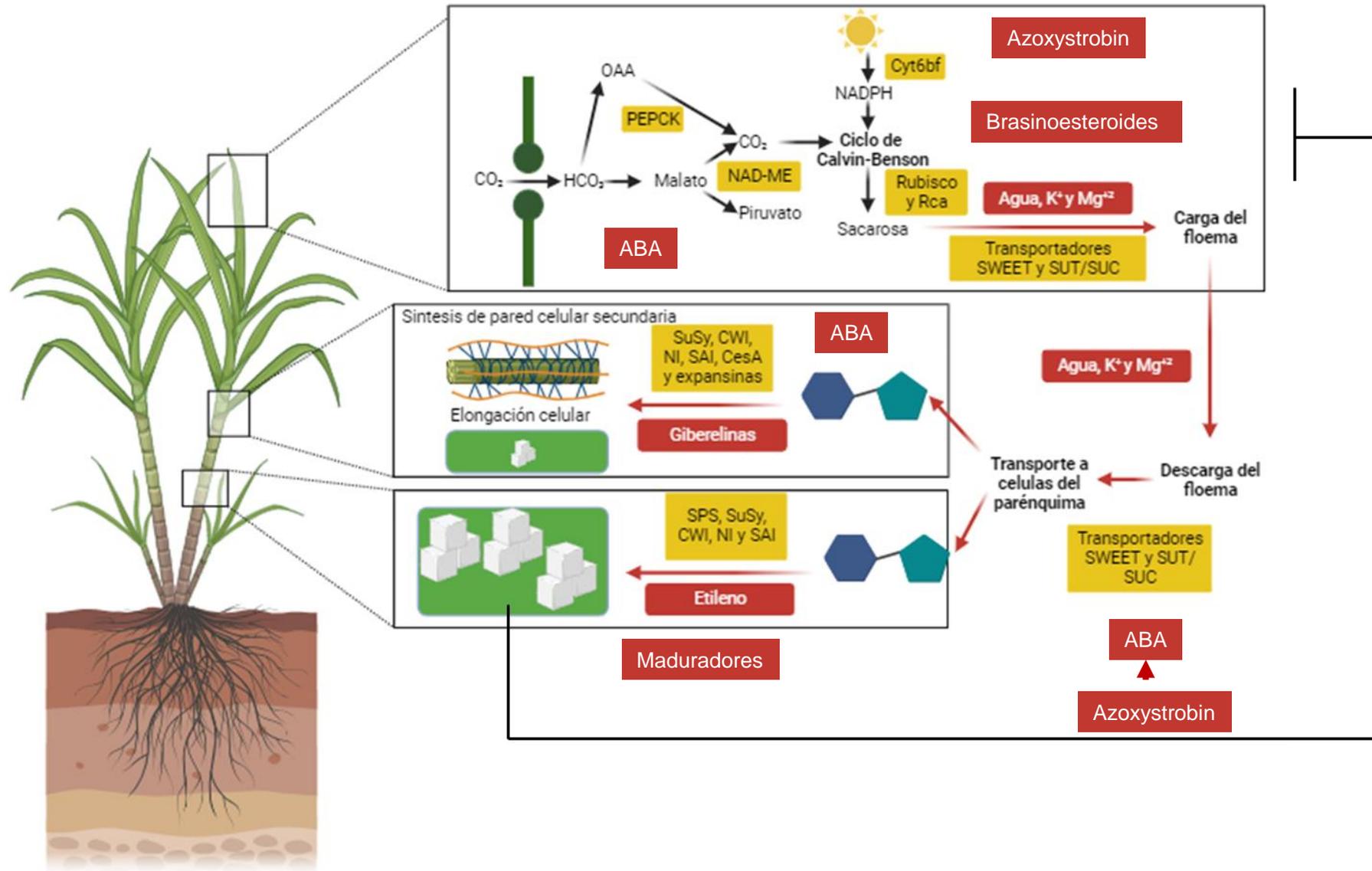


# Azoxystrobin mejora los contenidos de sacarosa actuando en la fotosíntesis y de manera indirecta en poder de demanda y transporte de sacarosa



(Debona et al., 2016; Liang et al., 2018)

# Modelo de integración de la síntesis, transporte y uso de la sacarosa en caña de azúcar



Y así es como se  
regula la acumulación  
de sacarosa en caña

¿Entonces no hay más  
regulaciones?, ¿verdad?



¿No hay más  
regulaciones?, ¿verdad?

# Créditos

Agronomía  
Fisiología vegetal

Parte de la información mostrada fue recopilada en los proyectos de investigación:

1. Evaluar el potencial de las prácticas de manejo basadas en la bioestimulación para incrementar la productividad de la caña de azúcar.
2. Evaluación de maduradores.
3. Uso extensivo de maduradores: Red de experimentos de maduración.



**muchas**  
**gracias**

[ymquevedo@cenicana.org](mailto:ymquevedo@cenicana.org)

**Bioestimulantes:** sustancias o microorganismos que cuando son aplicados en un sistema agrícola, estimulan la toma de nutrientes, mejora la tolerancia al estrés, incrementa los rendimientos o estimula procesos fisiológicos