



Nutrición y fisiología en banano frente al cambio climático

Noel Molina

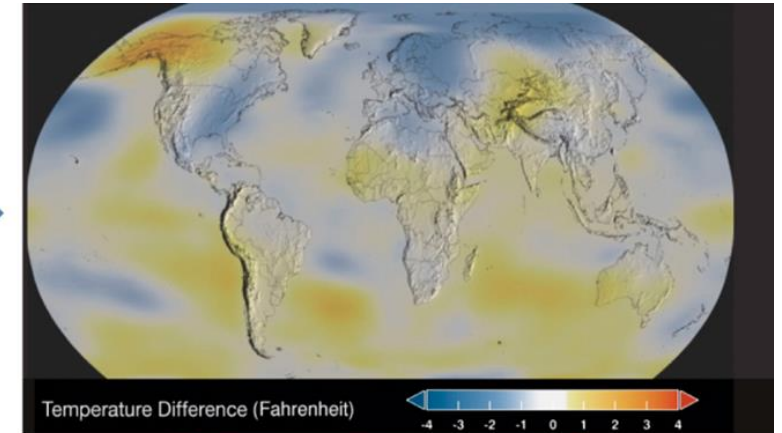
Líder Desarrollo Comercial Mesoandina

noel.molina@corteva.com

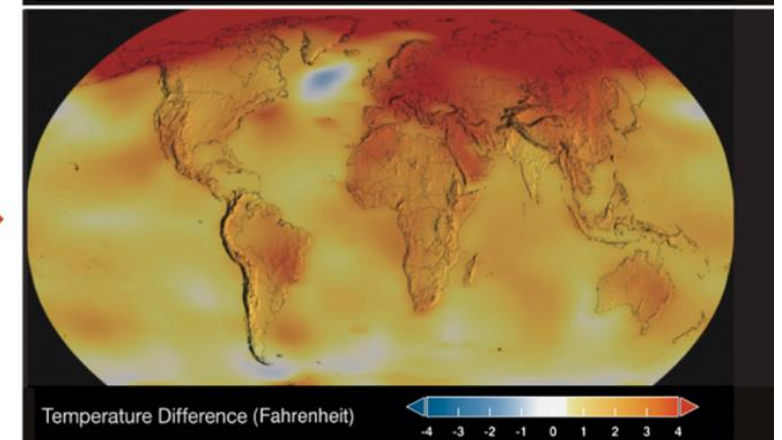
Crisis Climática

La temperatura media de la Tierra ha aumentado 1°C por encima de los niveles preindustriales. Este fenómeno, producto del calentamiento global, no solo afecta a los cultivos, sino también al resto de la biodiversidad del planeta y al ser humano. Esto nos ha llevado a lo que hoy conocemos como la crisis climática.

1980▶



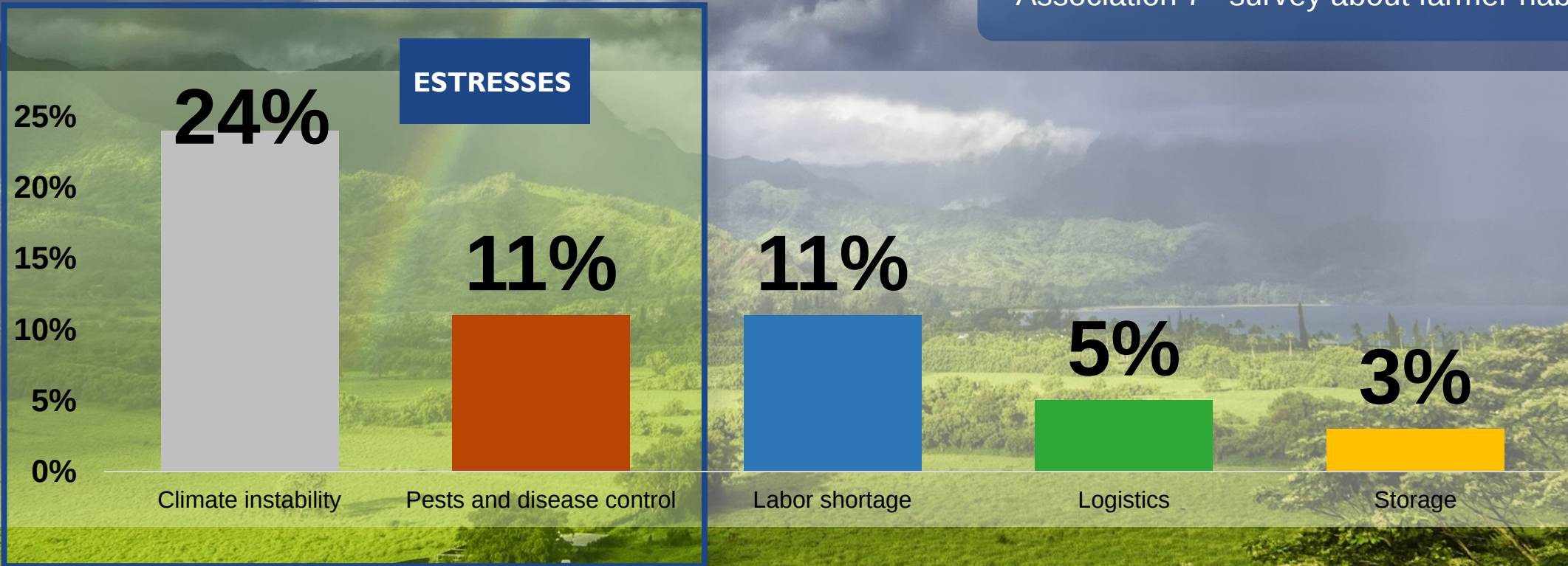
2020▶



Alza de 1 °C en la temperatura global conduce a una caída del 12% en el PIB mundial.

Principales limitantes en la producción

Fuente: ABMRA Rural Marketing and Agribusiness Association 7th survey about farmer habits (2019)





Eficiencia de la Planta

Nutrición, Fisiología y Microbiología

CRECIMIENTO DE LAS CULTIVOS

“Es el crecimiento de los diferentes órganos de las plantas, es un proceso fisiológico complejo, que depende directamente de la fotosíntesis, la respiración, la división celular, la elongación, la diferenciación, entre otros, y que además está influenciada por factores como temperatura, intensidad de luz, densidad de población, calidad de la semilla, disponibilidad de agua y de nutrientes.”

Mohr (1995)

Factores climáticos que afectan la producción de banano

Radiación

Temperatura

Humedad en el suelo

Viento

Longitud del día

$$QE = \frac{\text{Número de fotones absorbidos}}{\text{Número de moléculas de } CO_2 \text{ fijadas}}$$

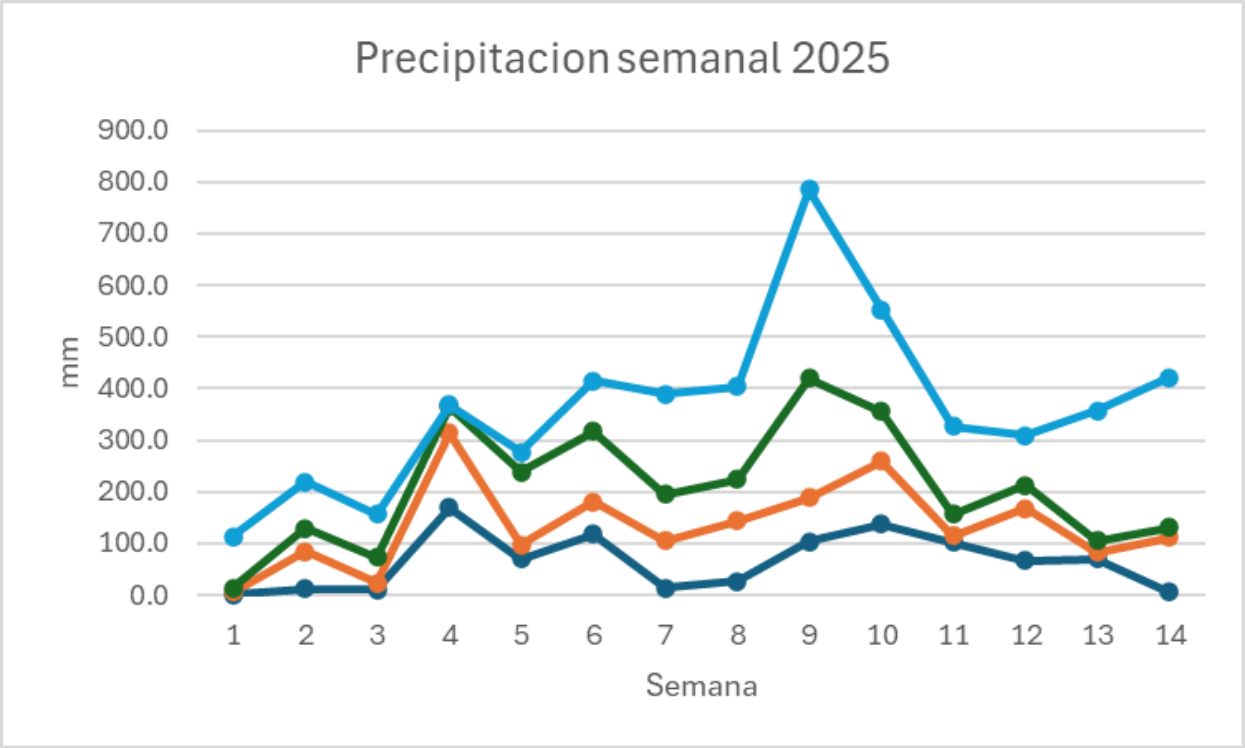
Esta fórmula da una medida de cuántos fotones de luz son convertidos en materia orgánica a través de la fotosíntesis. La disminución de la QE debido al estrés por radiación indica una pérdida de eficiencia en la fotosíntesis.

$$P = P_{max} \times (1 - Ke^{T - T_{opt}})$$

donde P es la tasa de fotosíntesis, P_{max} es la tasa máxima de fotosíntesis, K es una constante que depende de la planta y T y T_{opt} son la temperatura actual y la temperatura óptima para la fotosíntesis, respectivamente.

Crisis Climática, Banano Ecuador

SEMANA	2022	2023	2024	2025
1	0.4	5.4	7.8	99.0
2	11.6	73.4	43.4	90.4
3	10.0	13.4	49.2	83.8
4	169.4	144.2	51.6	3.6
5	69.0	27.8	141.2	38.6
6	117.2	63.6	135.6	98.4
7	14.2	91.0	90.0	193.6
8	26.6	116.4	80.2	180.2
9	104.0	85.2	230.0	366.4
10	138.0	121.2	96.2	197.6
11	102.4	11.8	42.4	170.2
12	66.2	100.8	45.6	97.0
13	70.0	12.2	22.2	253.4
14	6.2	104.8	19.0	291.4
Total	905.2	971.2	1054.4	2163.6





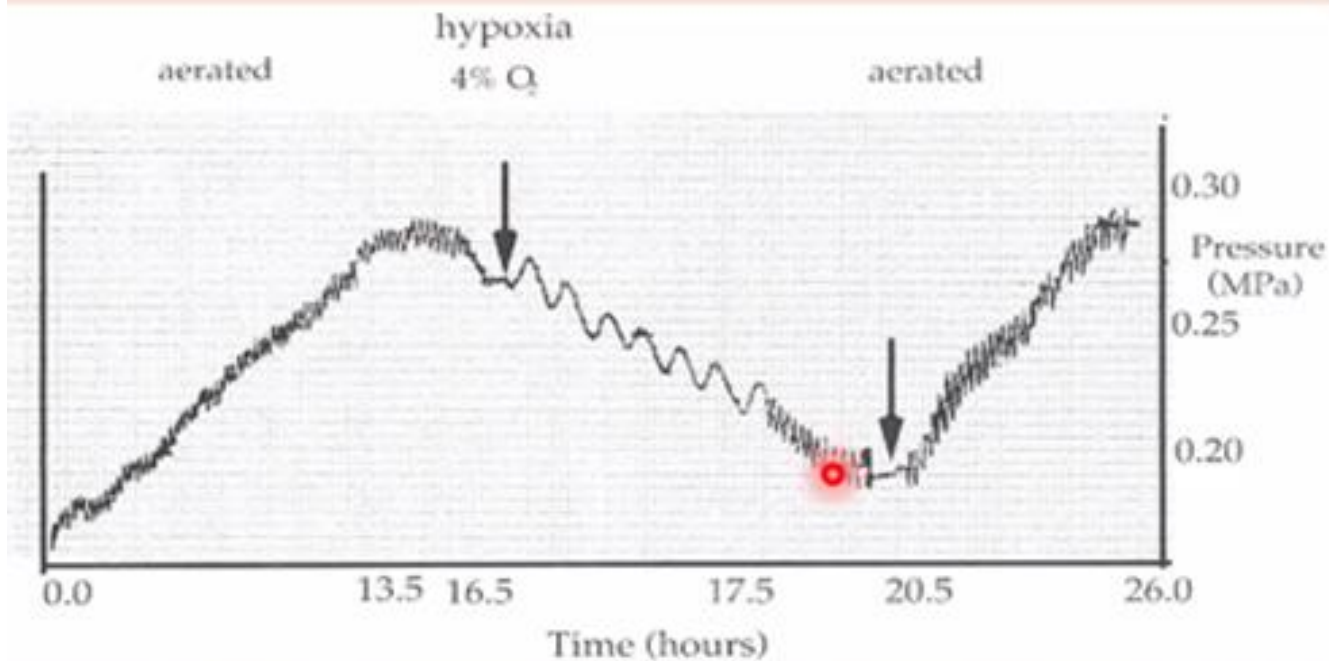
“A las plantas le gusta el agua, pero no les gusta tener los pies mojados”

Dr. Carlos Castillo

LA EXPOSICIÓN A LA FALTA DE OXÍGENO POR 6 HORAS INICIA LA MUERTE DE LOS ÁPICES DE LOS PELOS ABSORBENTES.

AUN UNA PEQUEÑA DISMINUCIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE OXÍGENO EN EL AMBIENTE DE LA RAÍZ, CUASA UNA DEFICIENCIA DE OXÍGENO EN EL ÁPICE RADICAL, Y ESTE MORIRÁ.

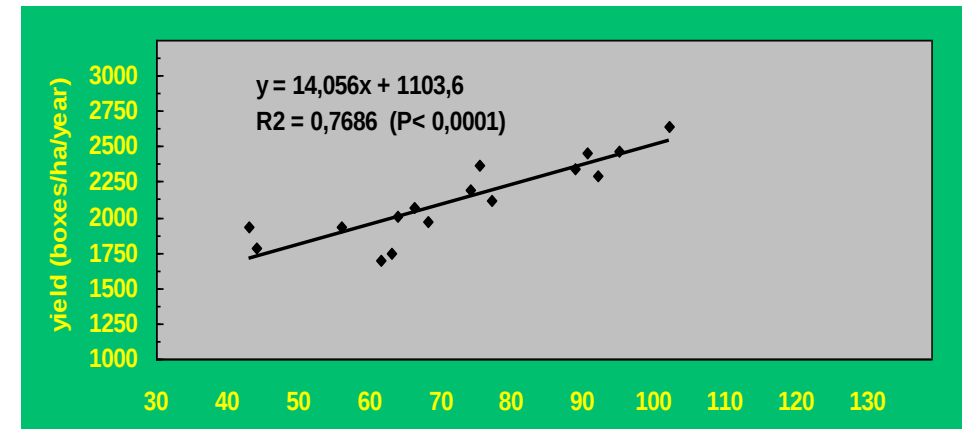
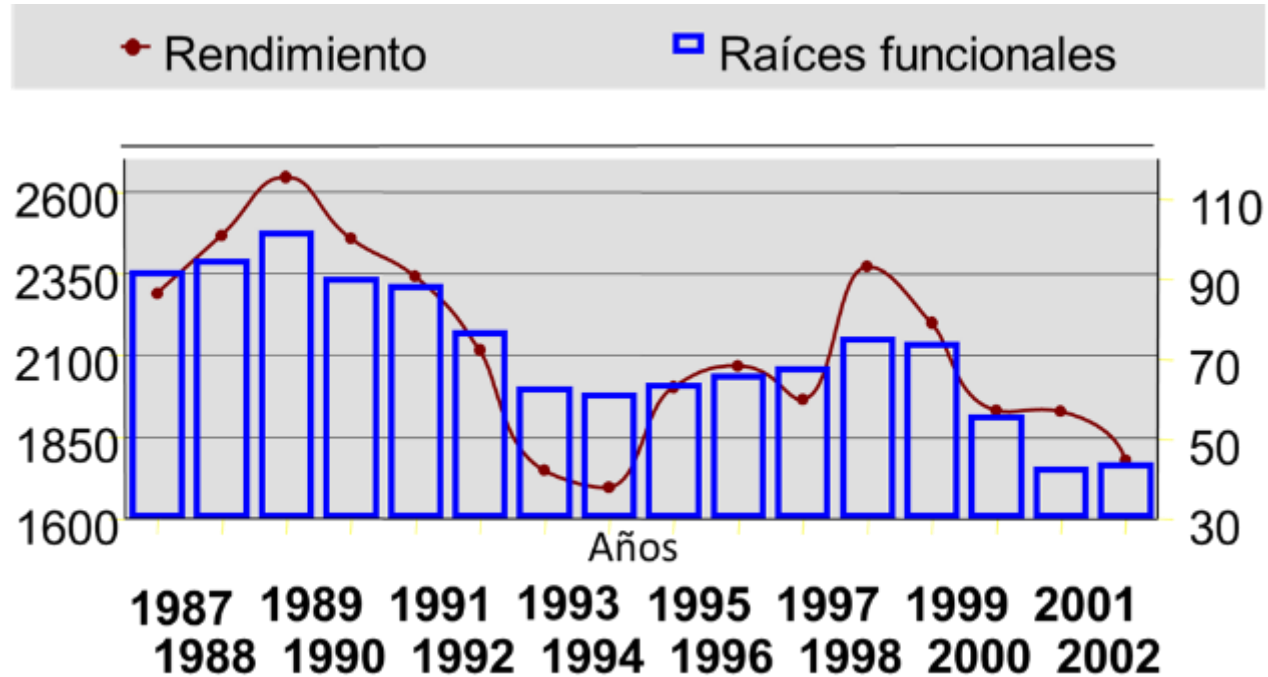
Turner, D. Factors Affecting the Physiology of Banana Roots, 2003



biológicos

Cortesía Dr. Ricardo Campos, RCN Consultoria

Relación raíz/rendimiento en banano

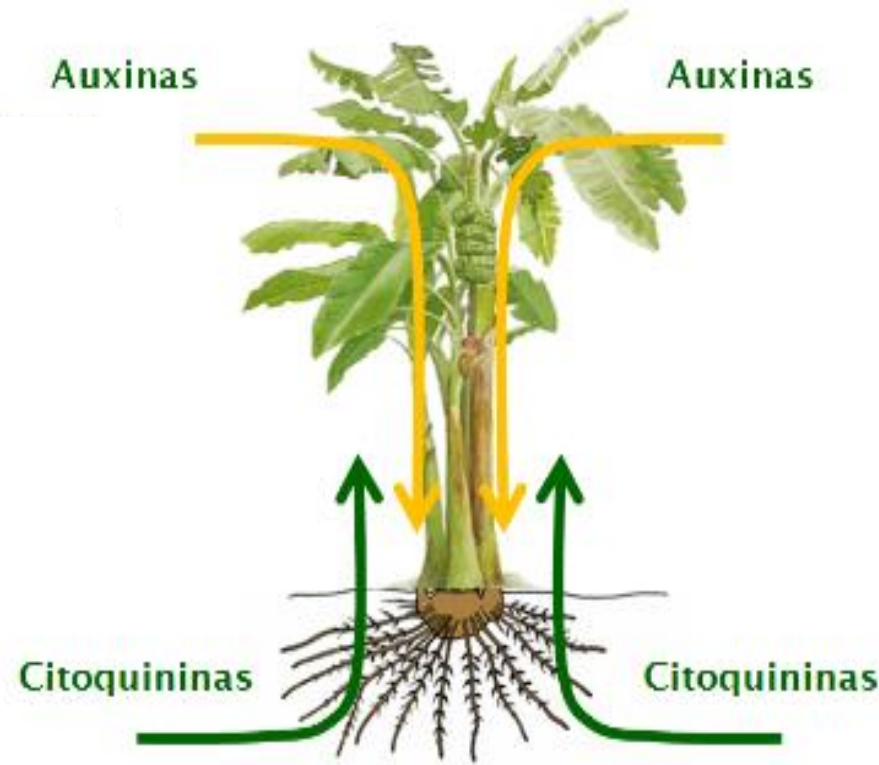
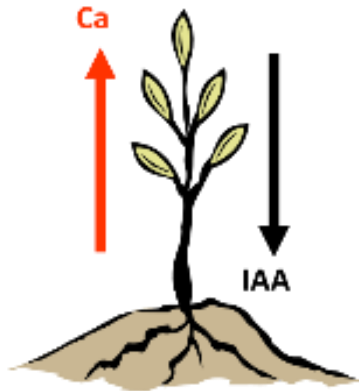


Raíces funcionales (g)

Corbana, Costa Rica

Calcio como mensajero secundario

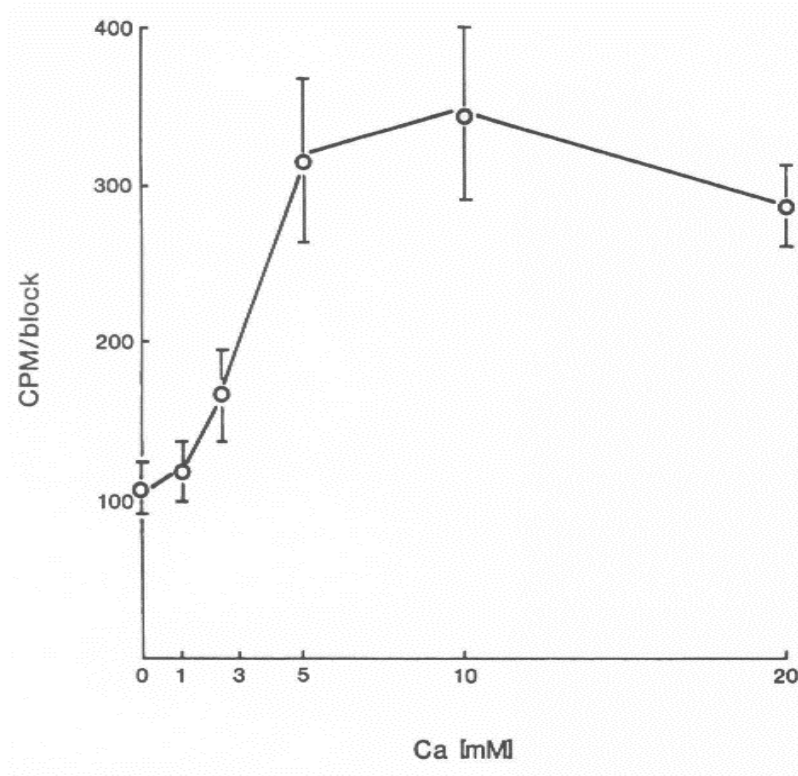
**Calcio
(Ca⁺⁺)**



**Boro
(B)**

- Reduce AIA
- oxidasa.

Calcium enhances auxin transport



Lee J S and Evans M L 1985 Plant Physiol 77:824-827

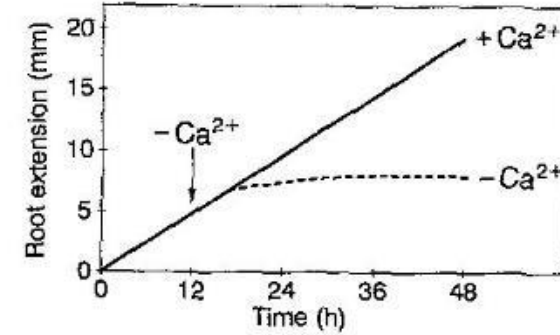
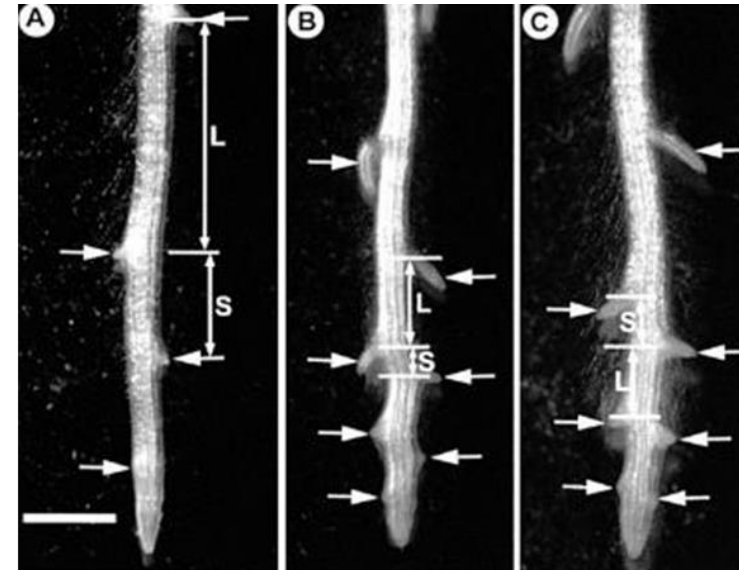


Fig. 8.27 Relationship between the extension of primary roots of bean and the calcium concentration (± 2 mM) in the nutrient solution. (Based on Marschner and Richter, 1974.)



↓ AIA

↑ AIA

Root Feed®

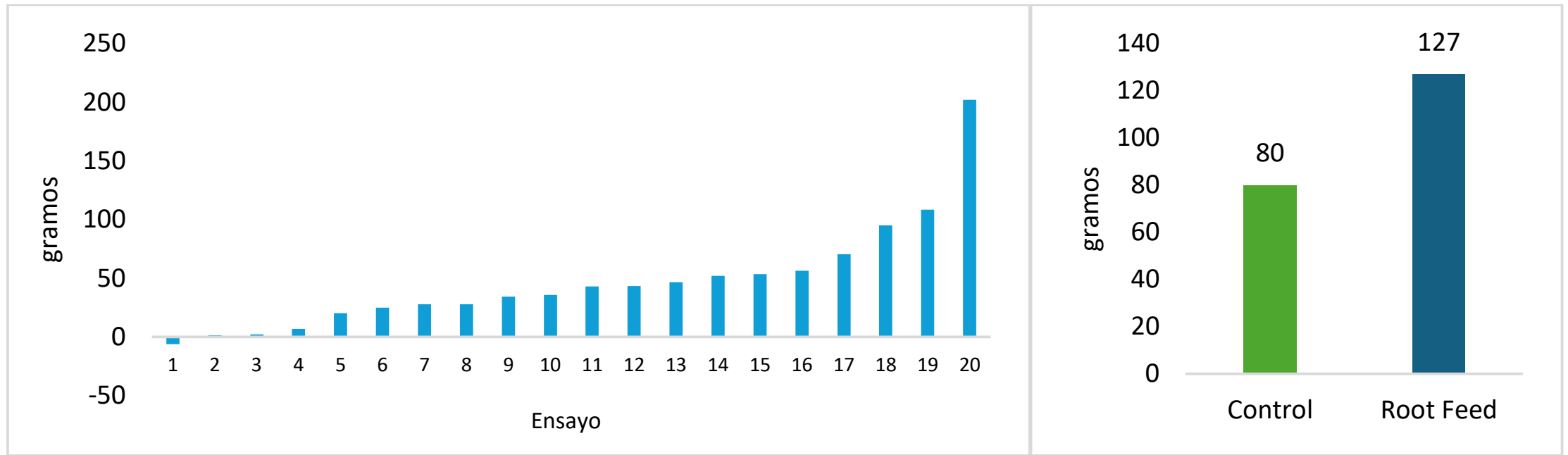
TESTIGO



Root Feed®

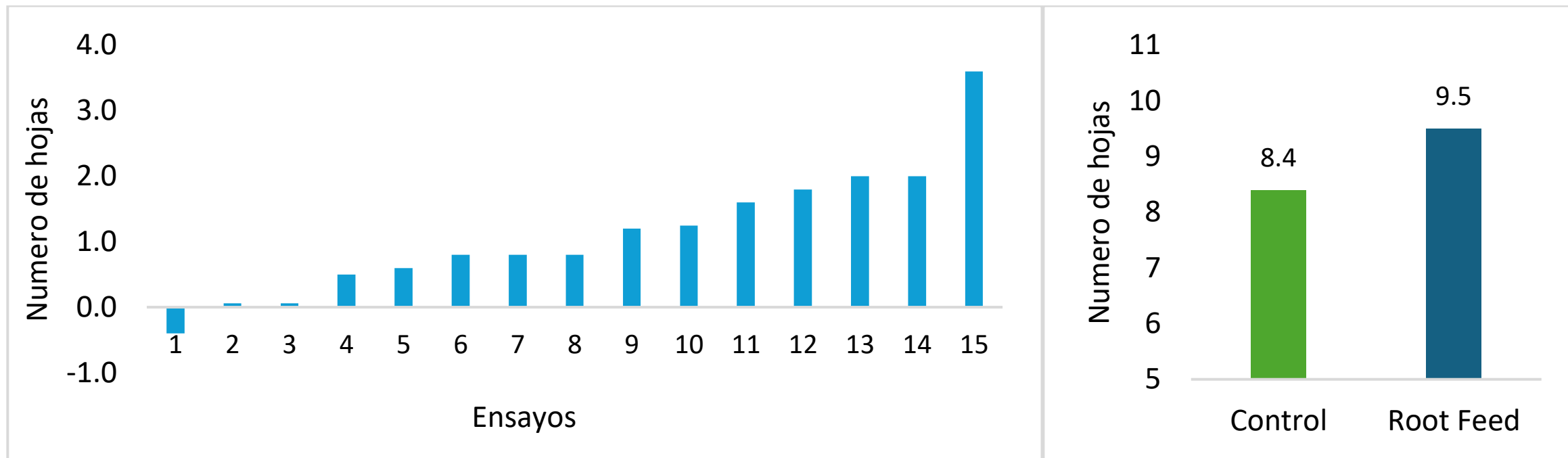


Resultados: Raíces funcionales



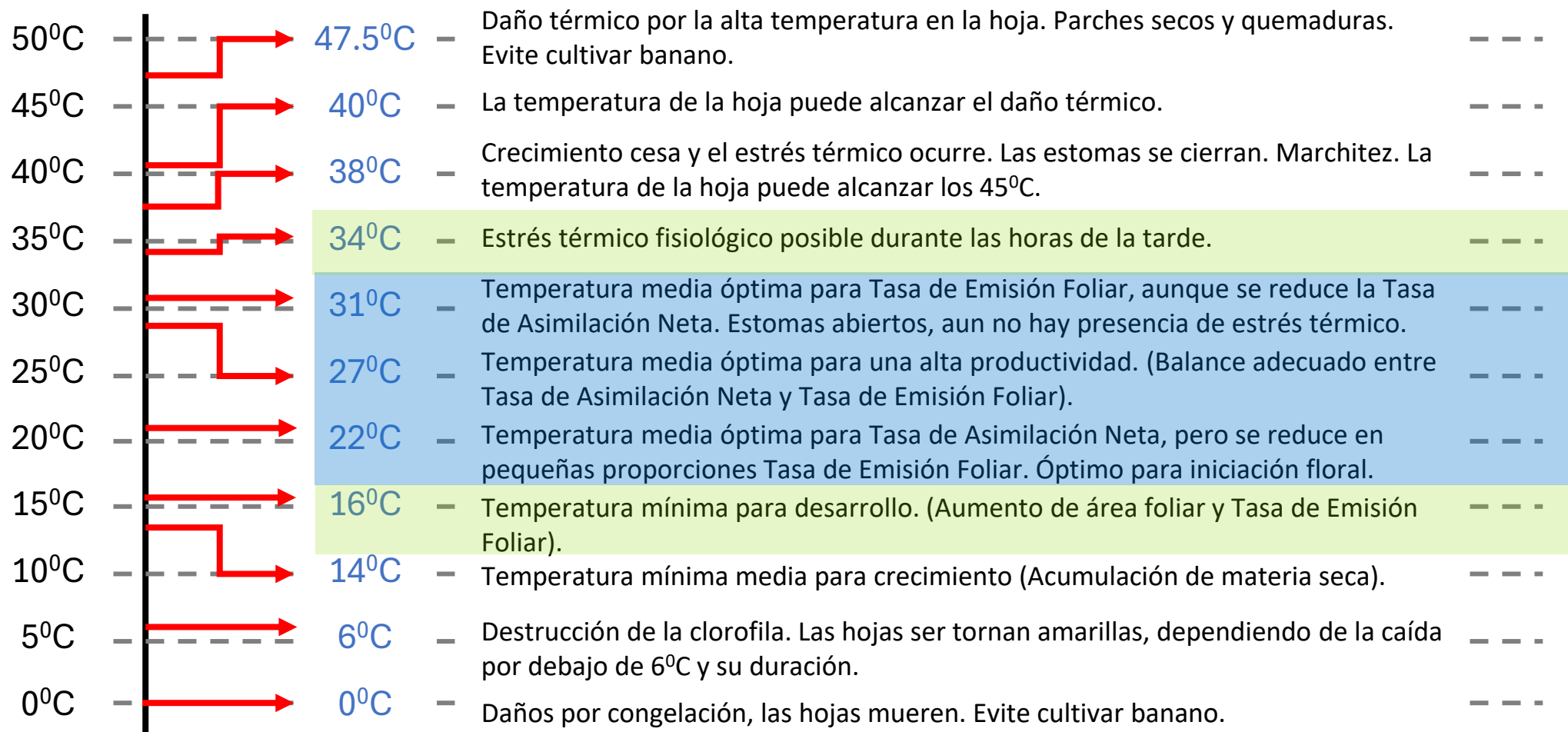
Diferencia en el peso de raíces activas en el tratamiento con Root Feed en relación con el Control, en 20 ensayos (izq). Peso promedio de raíces activas en el Control y con Root Feed (der).

Resultados: Emisión Foliar



Diferencia en el número de hojas en el tratamiento con Root Feed en relación con el Control, en 15 ensayos (izq). Numero de hojas en el Control y con Root Feed (der).

Umbrales de temperatura para el Desarrollo de la planta de banano



Elaboración propia, tomado de: **Robinson, J.C. (1996)** Bananas and Plantains. CAB International, Wallingford, 172-174.

Tabla 7. Pérdida en actividad fotosintética de hojas de bananas Cavendish en verano debido a una reducida PAR a causa de tiempo nublado y sombreado de hojas (Eckstein y Robinson, 1995a).

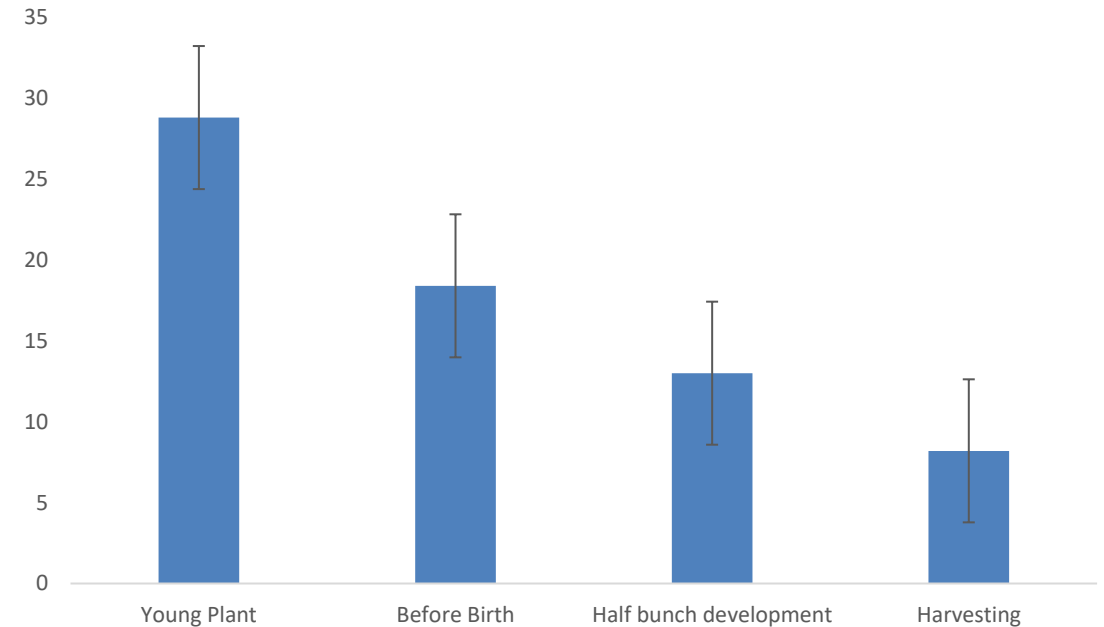
Exposición (hoja 3,4 o 5)	PAR recibido ($\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{sec}$)	Fs ($\mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2/\text{sec}$)
Día soleado	1974	17,2
Día nublado	477	11,4
Hoja 3 a pleno sol	1652	20,9
Hoja 4 sombreada	80	6,8

Tabla 8. Relación entre potencial de agua en el suelo (PAS) en (kPa) y tasa fotosintética (Fs) en ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$) (Eckstein y Robinson, 1996).

PAS (Otoño)	Fs	REDUCCIÓN (%)
a) Plantas no estresadas	26,4	8,3
Estresadas durante 4 días (-12 k Pa)	24,2	
b) Plantas no estresadas	22,6	17,7
Estresadas durante 6 días (-25 k Pa)	18,6	
c) Plantas no estresadas	20,8	43,8
Estresadas durante 9 días (-53 k Pa)	11,7	
d) Plantas no estresadas	18,0	81,6
Estresadas durante 12 días (-70 k Pa)	3,3	

Galan, V; Robinson, J. Fisiología, Clima y Producción de banano, Acorbat 2013

Estado Fenológico	Fs ($\mu\text{molCO}_2\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$)
Planta joven	28.8
Antes de parición	18.4
Mitad desarrollo racimo	13.0
Cosecha	8.2

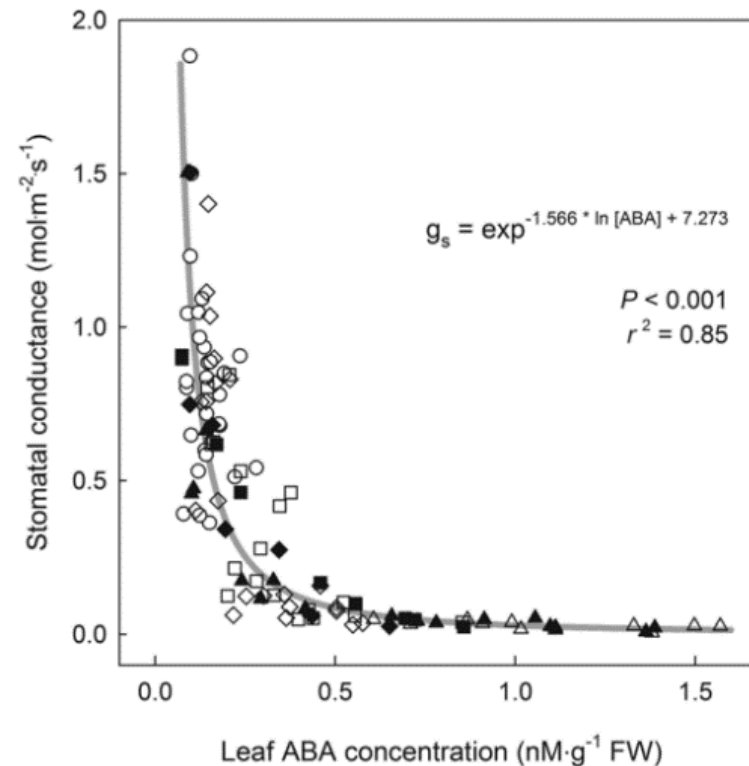


Senescencia

(Eckstein and Robinson, 1995)

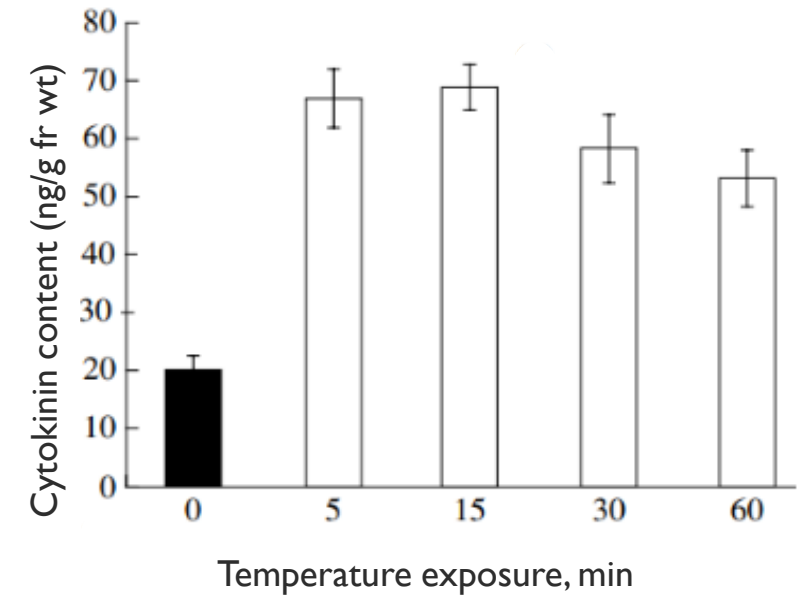
La fotosíntesis está controlada hormonalmente

Ácido abscísico en las hojas



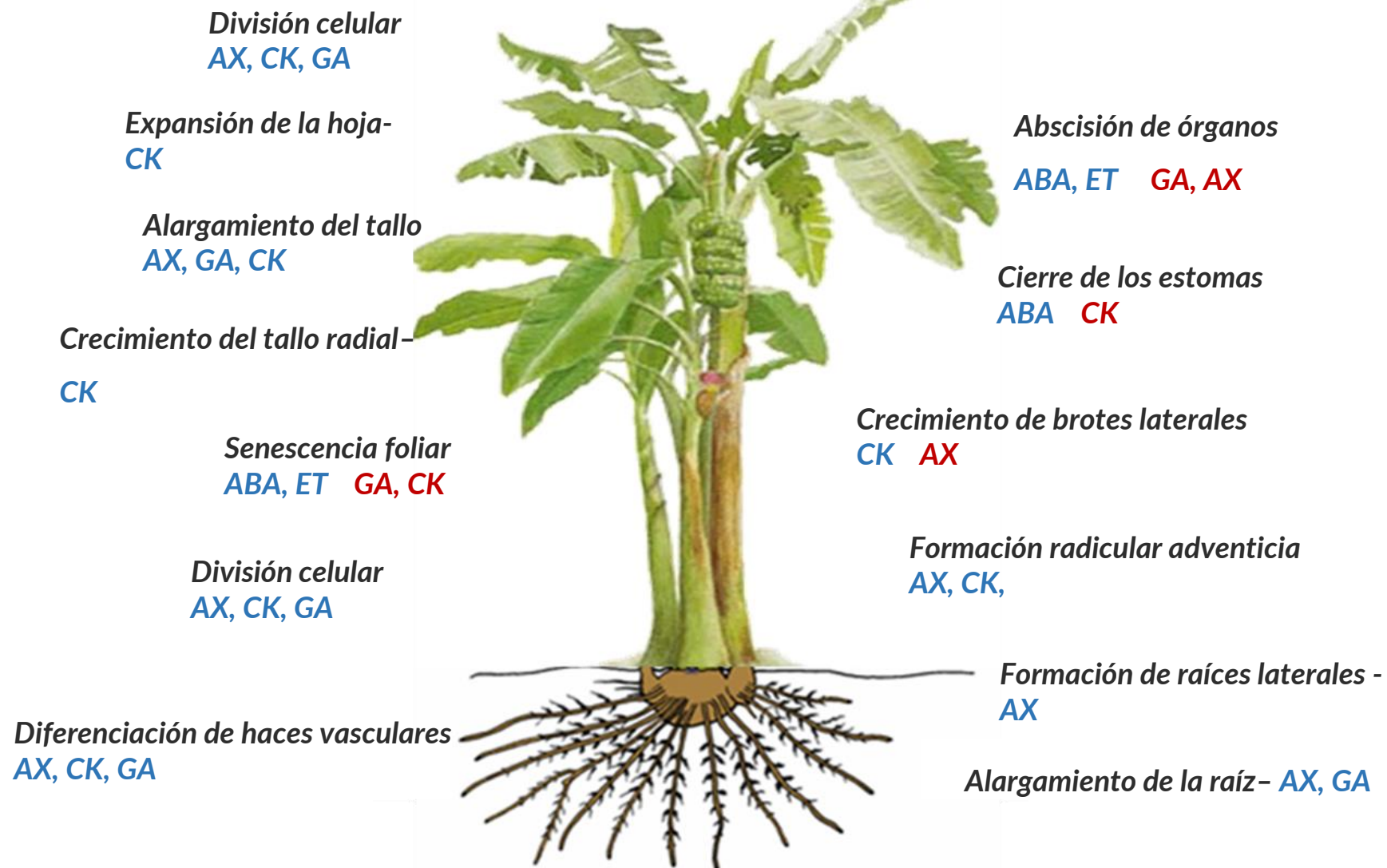
Kim, J et al. 2012. Physiological and molecular responses to drought in Petunia: The importance of stress severity. Journal of Experimental Botany. 63. 6335-6345.

Citoquininas en las hojas



Veselova, S.V.. et al. 2006. Role of Cytokinins in the Regulation of Stomatal Conductance of Wheat Seedlings under Conditions of Rapidly Changing Local Temperature. Russian Journal of Plant Physiology, 53. 857-862.

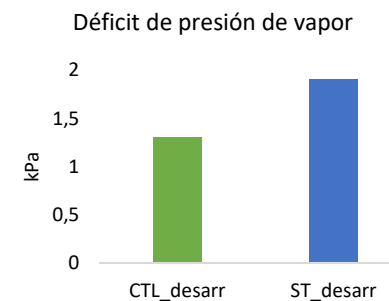
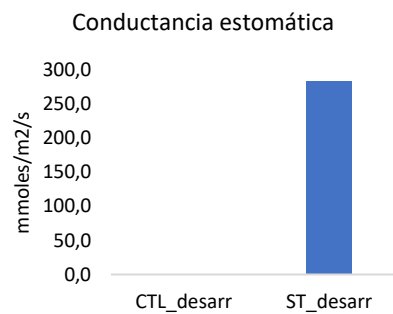
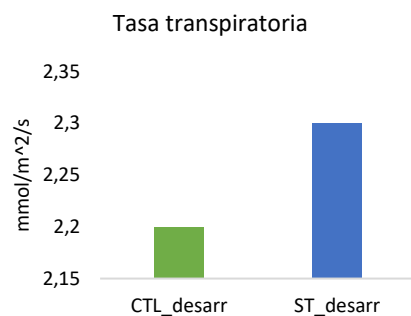
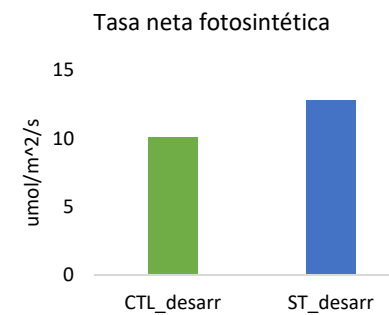
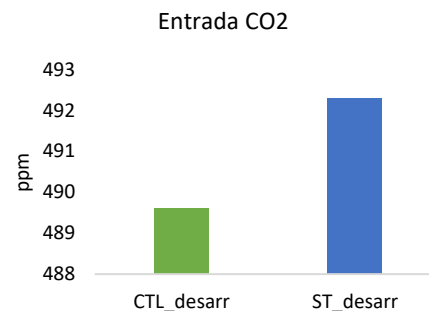
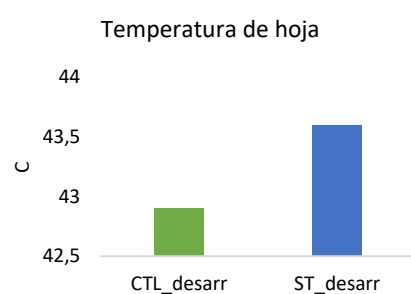
Las hormonas intervienen en el desarrollo de toda la planta



Azul: Promoción/ **Rojo:** Inhibición

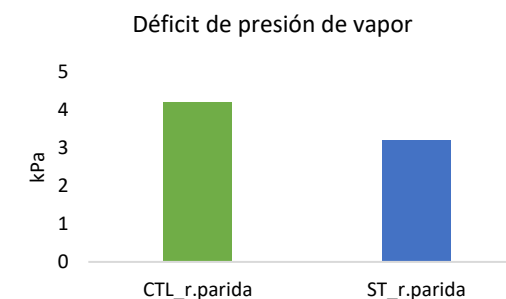
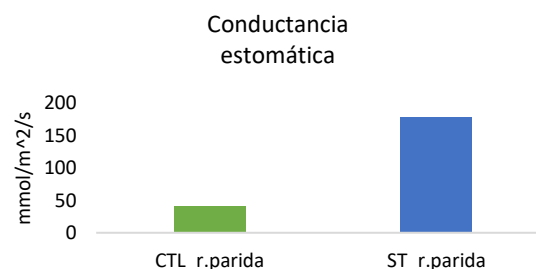
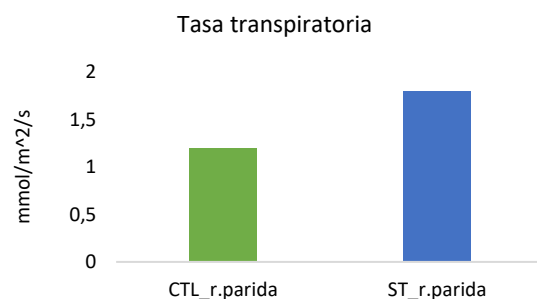
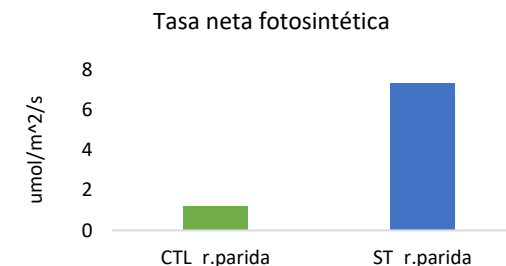
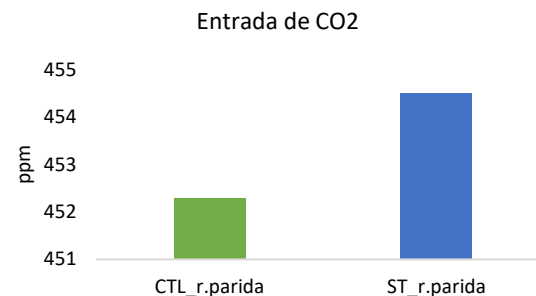
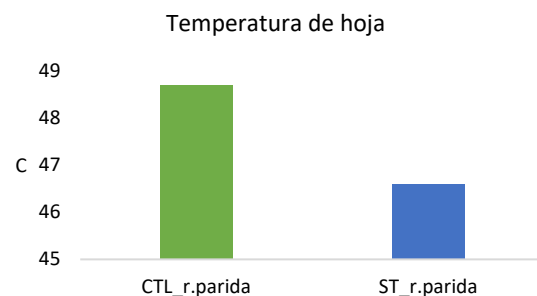
Plantas banano en desarrollo vegetativo.

	Temperatura en la hoja	CO2 de entrada	Tasa neta de fotosíntesis	Tasa de transpiración	Conductancia estomática (apertura)	Déficit de presión de vapor
	°C	ppm	umol/m ² /s	mmol/m ² /s	mmol/m ² /s	kPa
CONTROL	42.9	489.6	10.1	2.2	1.0	1.3
STIMULATE	43.6	492.3	12.8	2.3	1.0	1.9

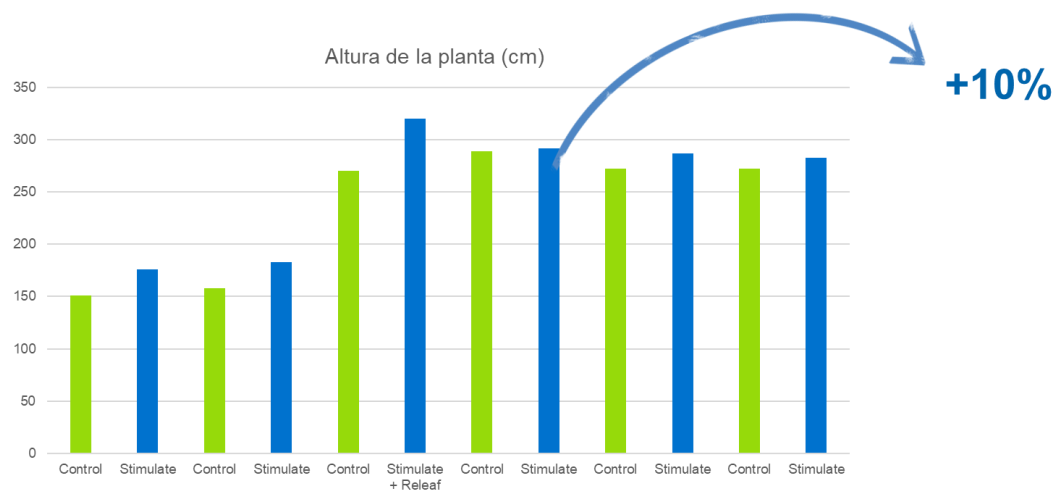


Plantas banano recién paridas.

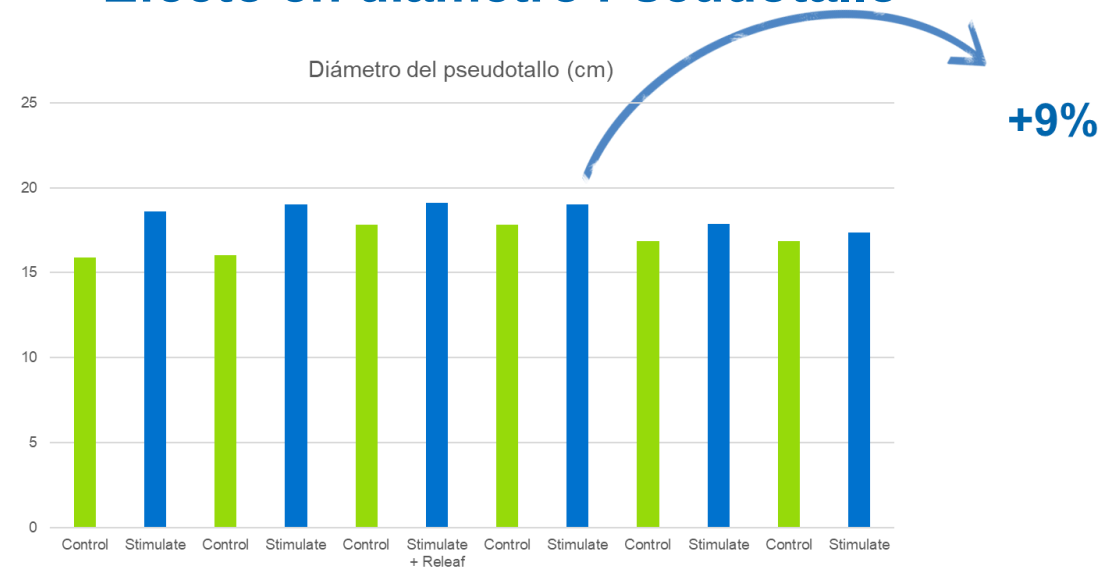
	Temperature in the leaf	Entrance CO2	Net rate of photosynthesis	Transpiration rate	Stomatal conductance (opening)	Vapor Pressure Deficit
	°C	Ppm	umol/m^2/s	mmol/m^2/s	mmol/m^2/s	kPa
CONTROL	48.7	452.3	1.2	1.2	40.8	4.2
STIMULATE	46.6	454.5	7.3	1.8	178.6	3.2



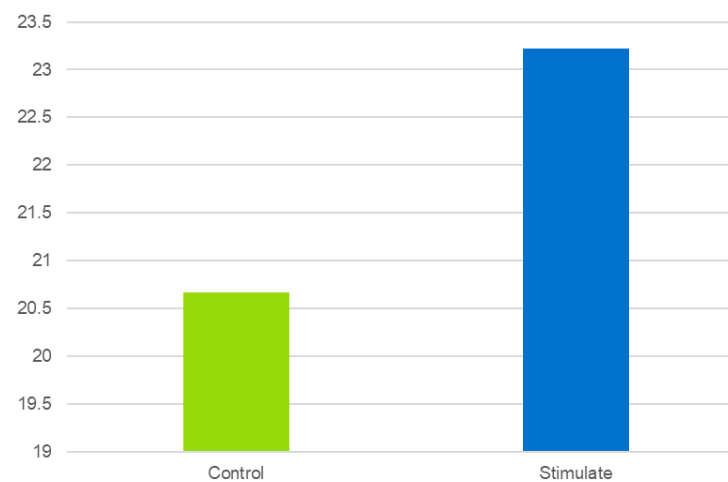
Altura de planta



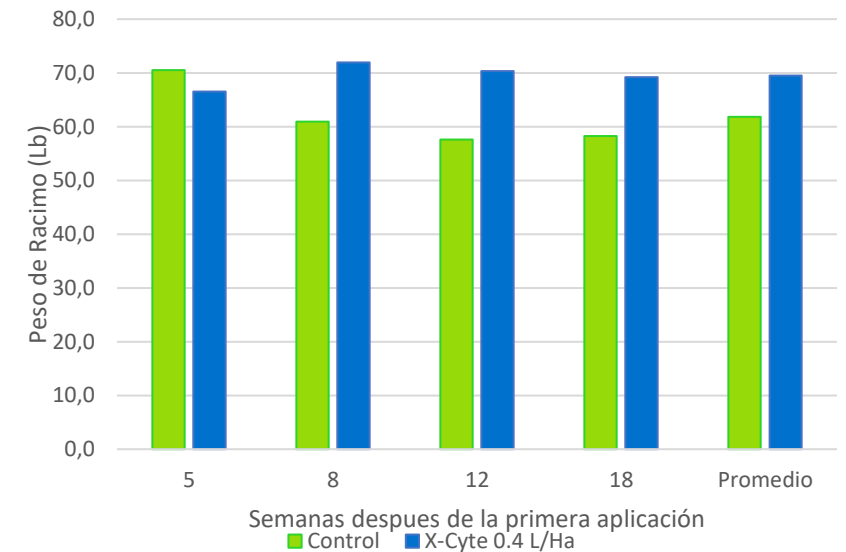
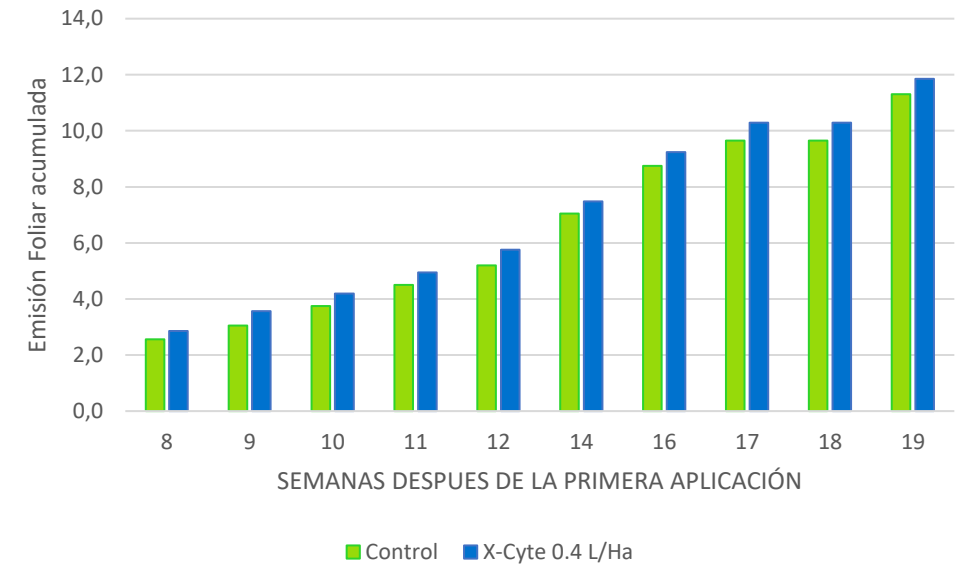
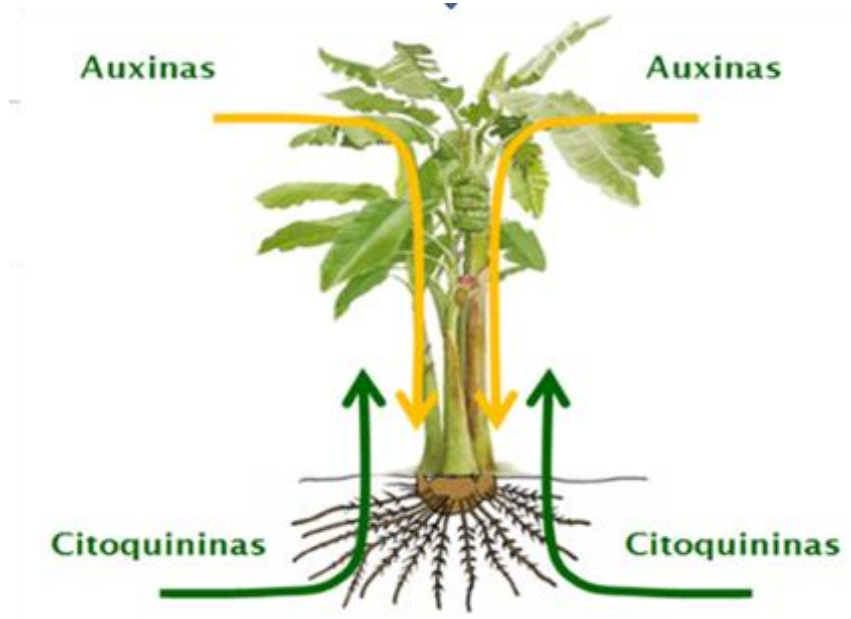
Efecto en diámetro Pseudotallo



Peso del racimo



Stimulate™



Co-factores enzimáticos

Nutrientes que actúan como mensajeros secundarios

Zn

Zinc
Síntesis de auxinas

Calcio
Movimiento de auxinas

Ca

Fe

Hierro
Ferroxidina, fotosíntesis

N

Nitrógeno
Ácido Giberélico

Co

Cobalto
Control de Etileno

Magnesio

Clorofila

Mg

Responsable del desarrollo radicular, junto con las citoquininas

Controla la permeabilidad de las membranas celulares junto con los fosfolípidos

Esta involucrado y sus niveles son cruciales para la división celular

Su contenido en los tejidos de las plantas, regulan y mejoran la retención de frutos



FORMAS del Nitrógeno



Nitrógeno molecular:
constituye el 78% de la
atmosfera y se
encuentra en forma de
gas



Nitrato – fuente de
nitrógeno de mayor
demanda por las
plantas, asociado a
una mayor división
celular y producción
de clorofila



Amonio – fuente de
nitrogênio
asimilable por la
planta, incrementa
la división celular

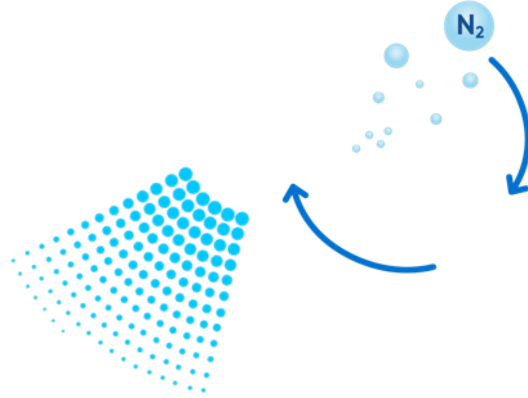


Radical amino/amidas –
Grupo amino
constituyente de los
aminoácidos, estos a su
vez forman todas las
proteínas.

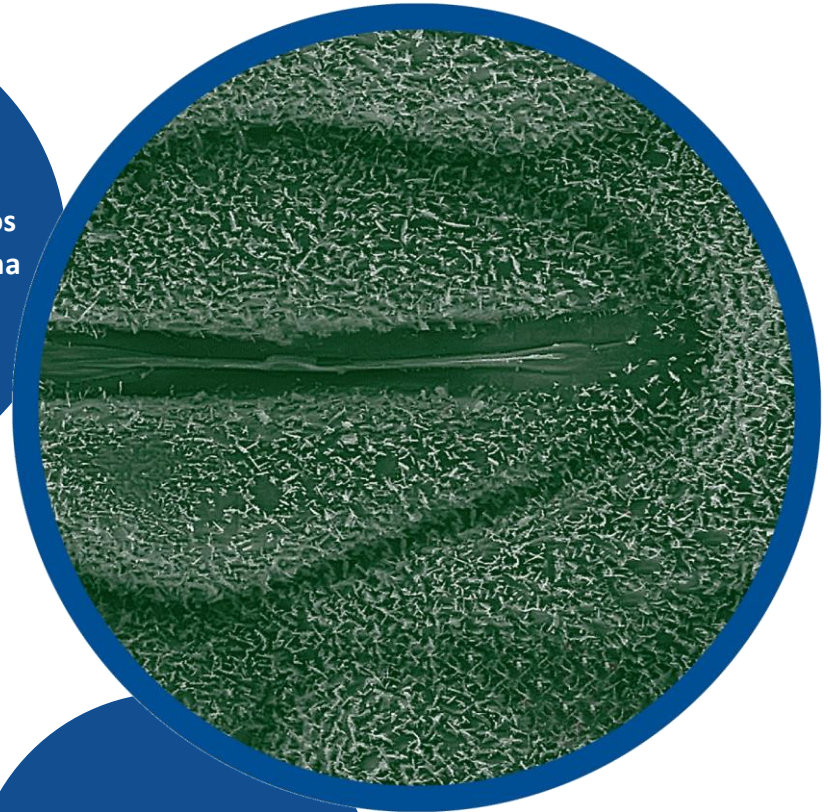
Methylobacterium symbioticum SB0023/3^T

biologicals

Entra en la planta a través de los estomas de las hojas, penetrando hasta el interior de las células fotosintéticas.



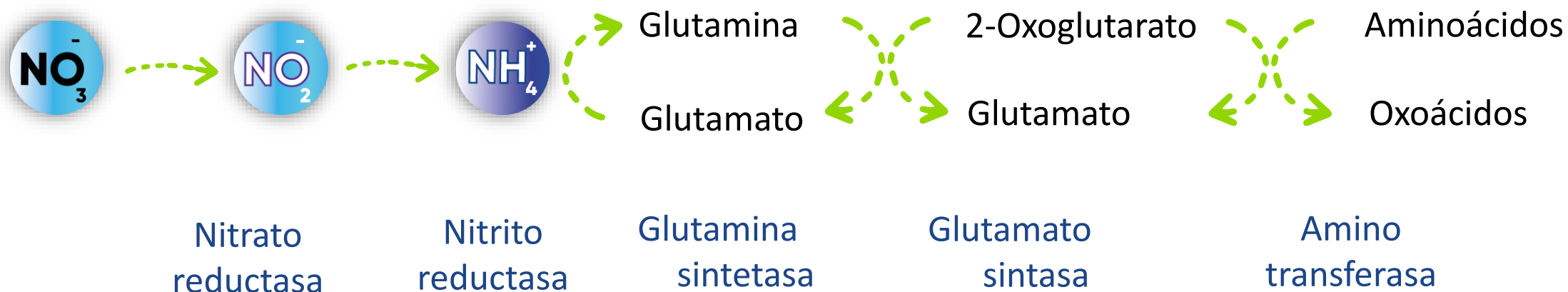
Se establece en áreas del citoplasma más cerca de los cloroplastos, donde hay una mayor concentración de nutrientes



Ejemplo de M.S colonizando una hoja de café y migrando hacia los estomas para entrar dentro de la planta



Coste energético de la ruta metabólica del nitrógeno

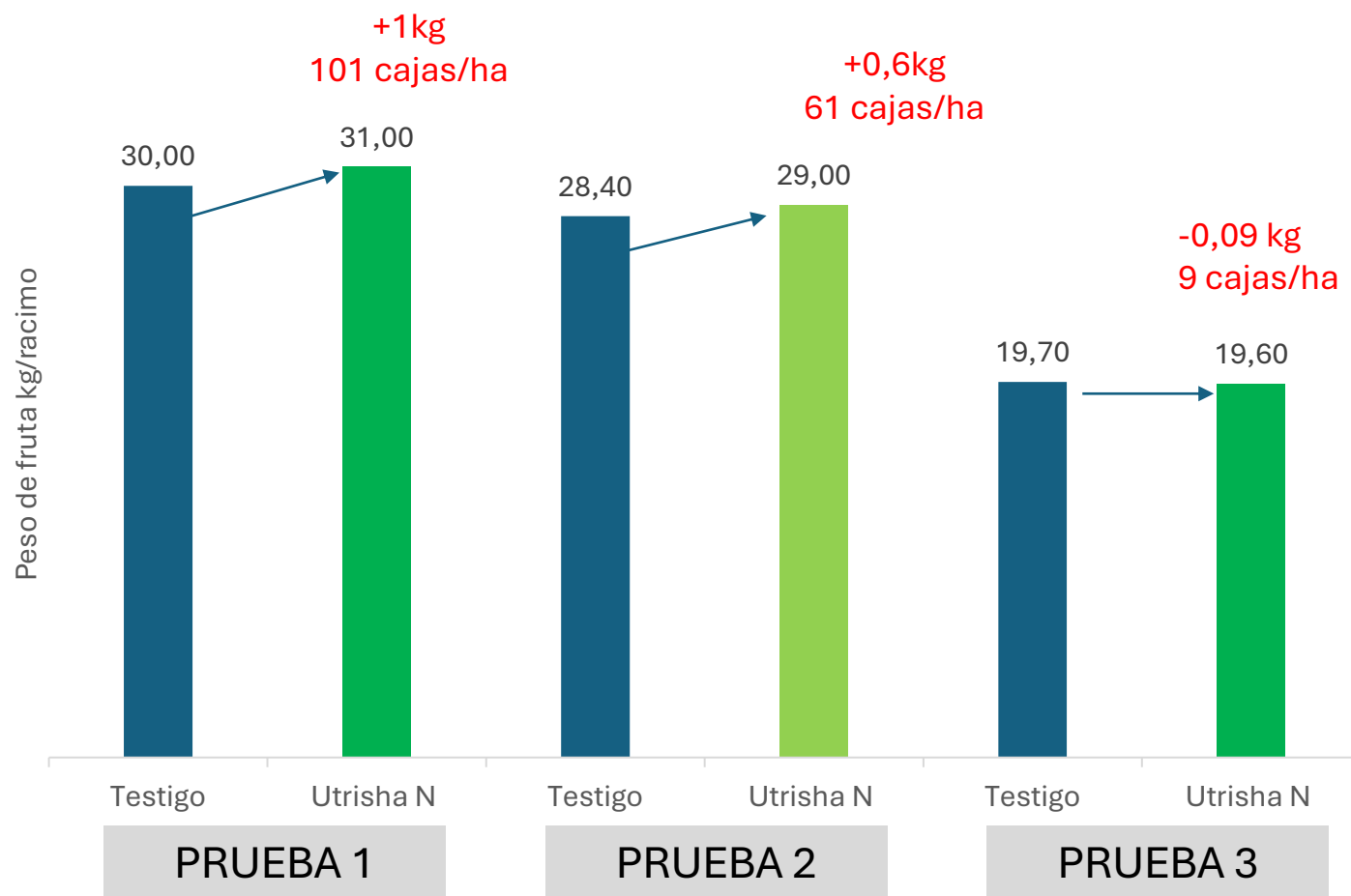


Consumo elevado de energía

Ruta metabólica del Nitrógeno.

La reducción del NO_3^- a NH_4^+ y posterior asimilación de este último consumen gran cantidad de poder reductor (**NADH**) Y **ATP** generados en la fotosíntesis con elevado coste energético.

Resultados peso de racimo, 3 ensayos experimentales. Costa Rica, 2022-2024



Estación Experimental de Banano
(Guápiles), Costa Rica

- Dosis aplicada 333 g/ha
- Ensayos experimentales DBCA
- Promedio de UFN:
198,5-283,5 kg N/ha
- Diferencias positivas también en
diámetro del pseudotallo, tamaño
de hoja .

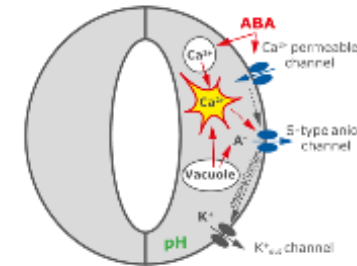
Utrisha[®] N



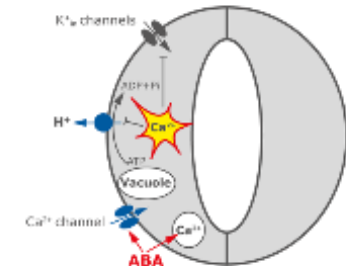
Acido Abscísico (ABA)

INDUCE CIERRE DE ESTOMAS.

ABA mediates stomatal closing



ABA inhibits stomatal opening



Genes Antioxidantes:

Bioforge induce la expresión de:

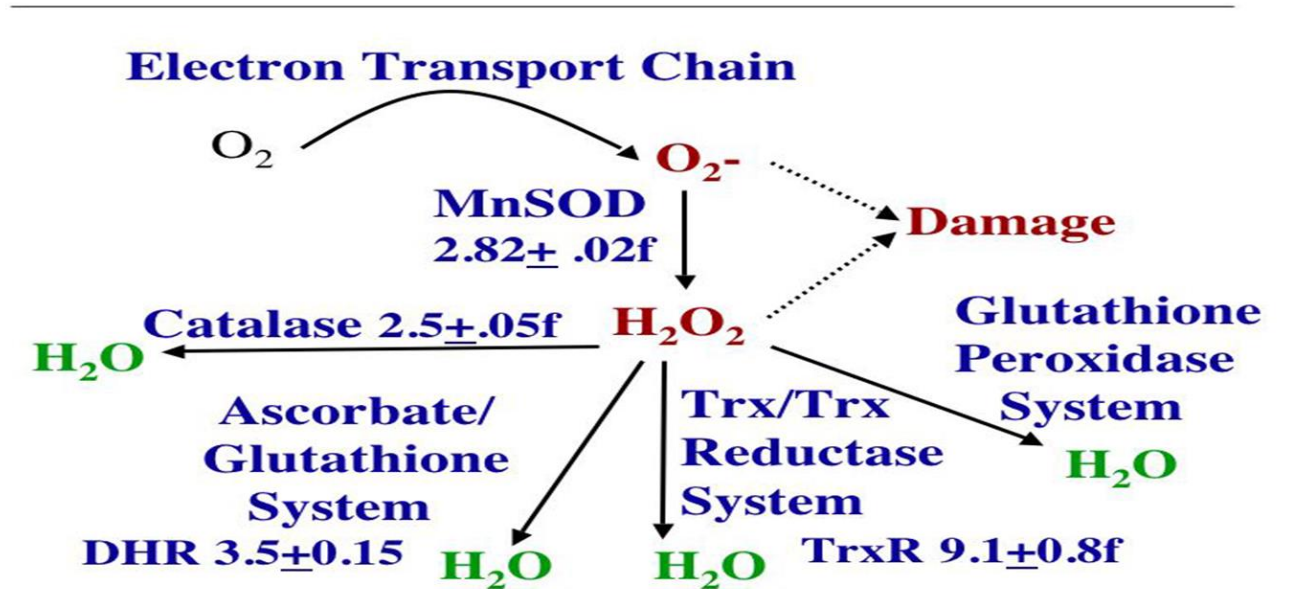
Catalasa (2.5f)

Dehidroascorbato reductasa (3.5f)

Thioredoxin (9.5f)

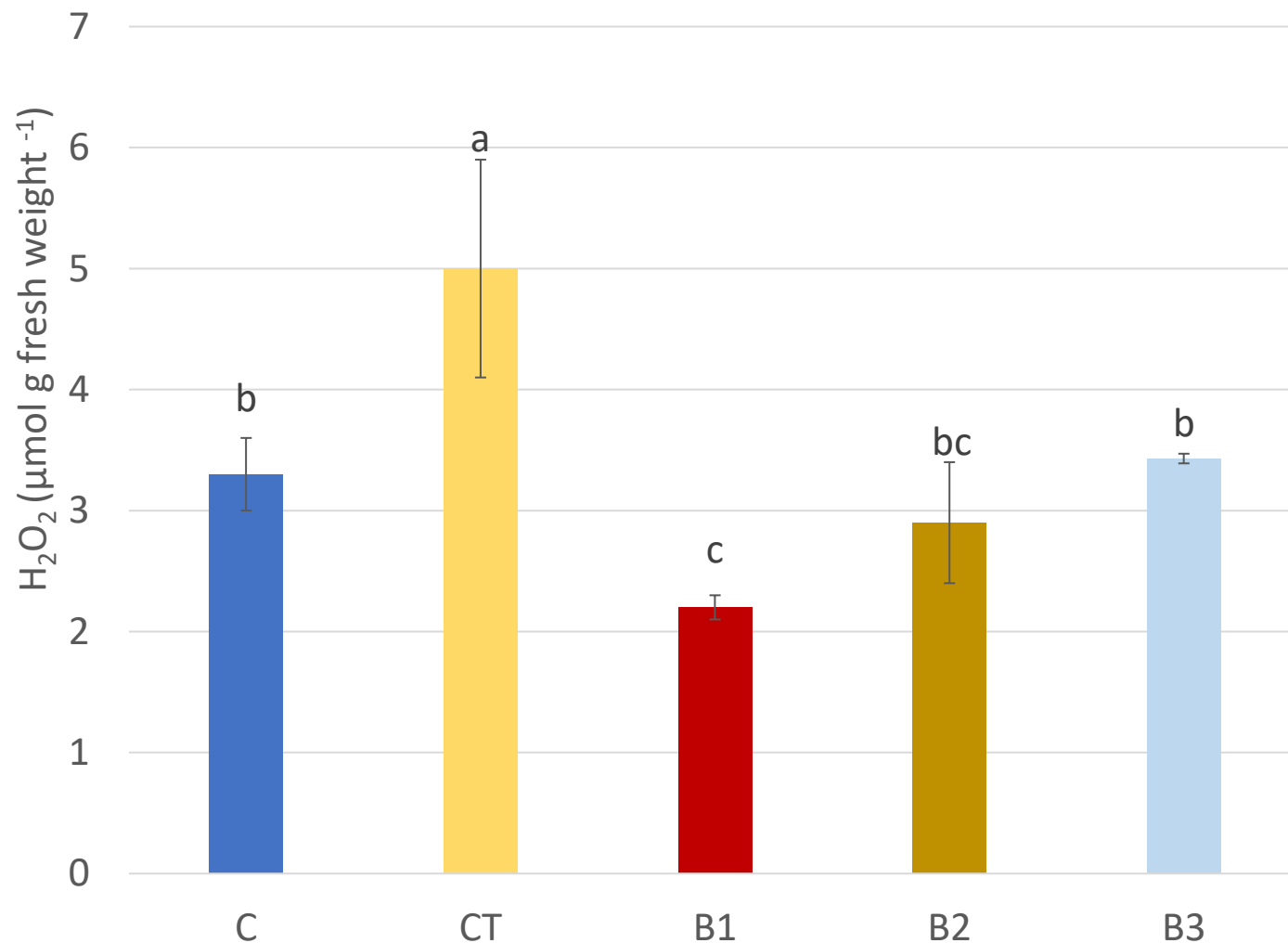
Reduce expresión de CuZn superóxido dismutasa (-4.6f) MnSOD

Esta expresión genética fue medida por: qRT-PCR



O_2^- y H_2O_2 son reconvertidos en agua. Genes se incrementaron en 2.5 to 9- veces por Bioforge.

CONCENTRACION PEROXIDO DE HIDROGENO



↓ H₂O₂ ↓ ROS

Reducción de estrés oxidativo



- ✻ Vivimos una crisis climática y hay que actuar
- ✻ En condiciones de alta Lluvia quien mas sufre es la raíz y hay que protegerla:
Calcio y Citoquininas inducen la renovación radicular.
- ✻ La productividad depende de la fotosíntesis y esta de la nutrición y las hormonas:
Nitrógeno disponible en las hojas fotosintéticamente activas.
Auxinas, citoquininas, acido giberelico aumentan fotosíntesis y producción.
- ✻ El estrés induce cierre estomático y por consiguiente oxidación:
Los antioxidantes ayudan a reducir los danos provocados por el estrés.

