



# Respuesta a la aplicación de partículas de Caolinita en café – Revisión y avances de una tecnología emergente.

**Carlos Andres Unigarro Muñoz**  
Disciplina de Fisiología Vegetal - Cenicafé.  
Manizales - Caldas.



id



# Equipo de trabajo



## **Fisiología vegetal**

Claudia Marcela Mora Agudelo.  
Claudia Patricia Valencia Vera.  
Marta Bibiana Escobar Pulgarín.  
Natalia Catalina Flechas Bejarano.  
Aristófeles Ortiz.  
José Ricardo Acuña Zornosa.  
Mario Franco Arcila.

## **Biometría**

Luis Carlos Imbachi.

## **Experimentación**

Myriam Cañón Hernández.

## **Personal en campo**

# CONTENIDO

La temperatura y el cultivo del café - Un breve contexto.

Películas de partículas antitranspirantes - Características.

Partículas caolinita - Funcionamiento y Acción.

Partículas de caolinita en café – casos de estudio.







# La temperatura y el cultivo del café

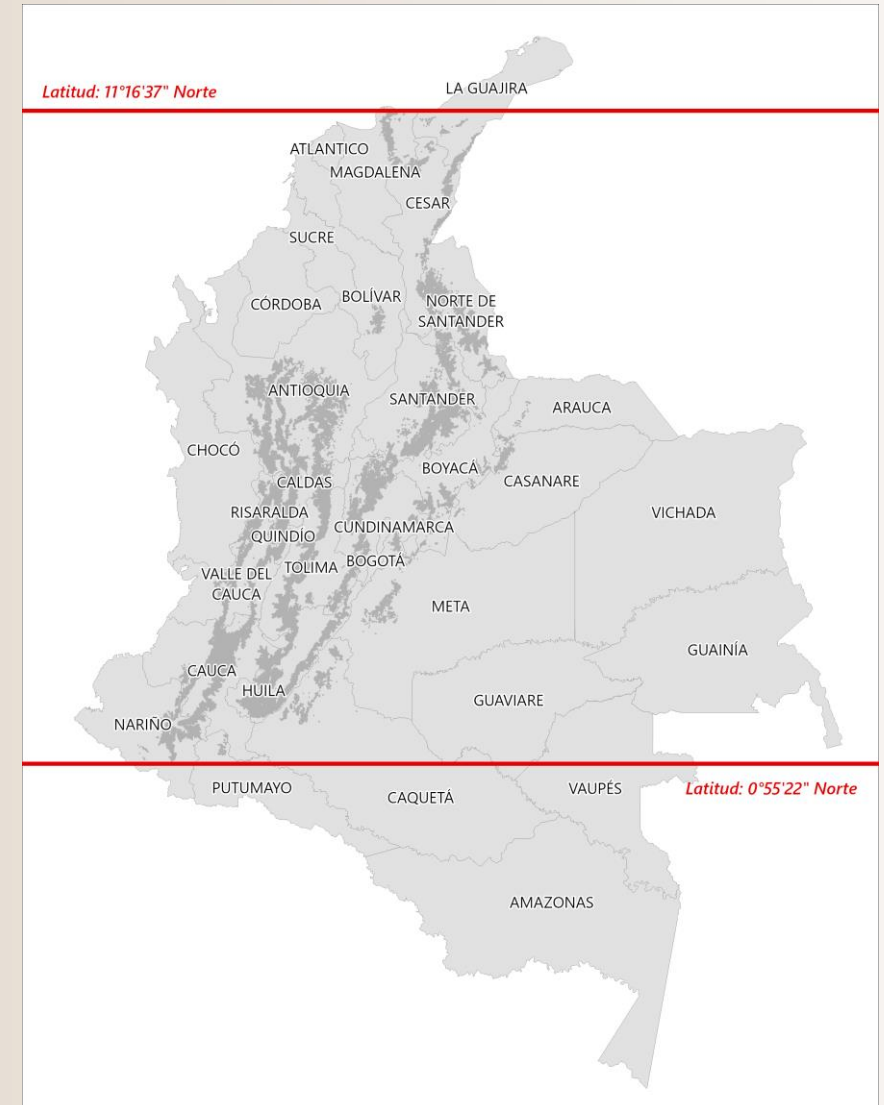
Un breve contexto.

# La producción de café (*Coffea arabica* L.) en Colombia

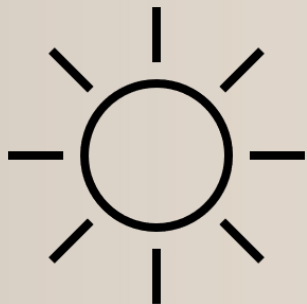


## En Colombia a 2022:

- Los cultivos se ubican entre los **0° y 11° latitud Norte**.
- Esta sembrado en 842.420 hectáreas
- Producción fue de 11'084.000 sacos de 60 kg de café verde.



# Condiciones ambientales para *C. arabica* L.



## Brillo solar

1500 a 2100 horas año<sup>-1</sup>



## Lluvia

1,550 mm y 2,000 mm  
año<sup>-1</sup>



## Temperatura

Optimo  
18 a 23 °C

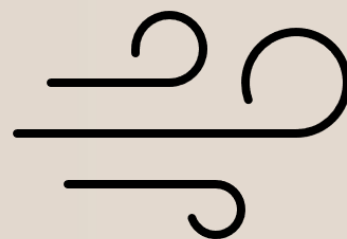
Min. y Max.  
10 °C y 32 °C

El IPCC del 2019 advierte un incremento en la temperatura del planeta de 1.5 °C entre 2030-2050.



## Altitud

1500 a 2000 m



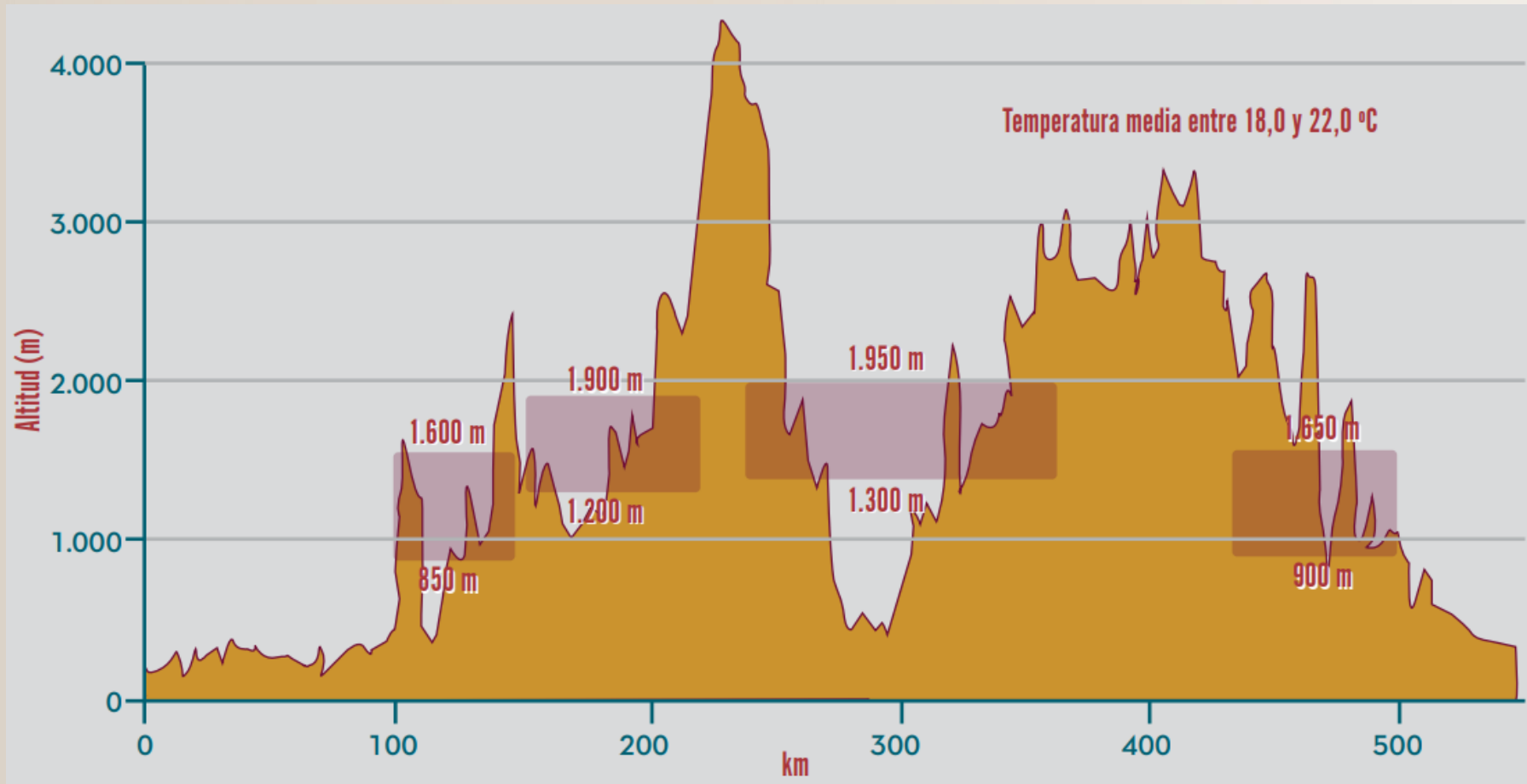
## Viento

1 y 2 m s<sup>-1</sup>

# La temperatura y el cultivo del café



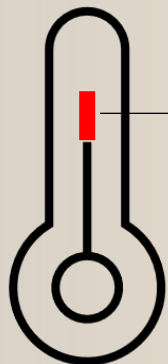
Altitud y temperatura media anual para el cultivo de café en Colombia.



# La temperatura y el cultivo del café



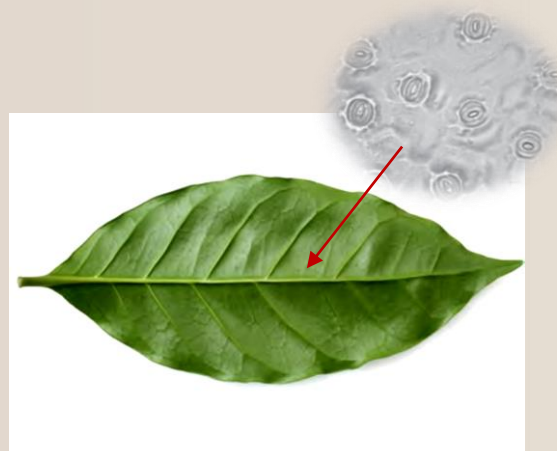
Un nuevo contexto.



## Temperatura

Óptimo  
18 a 23 °C

Min. y Max.  
10 °C y 30 °C



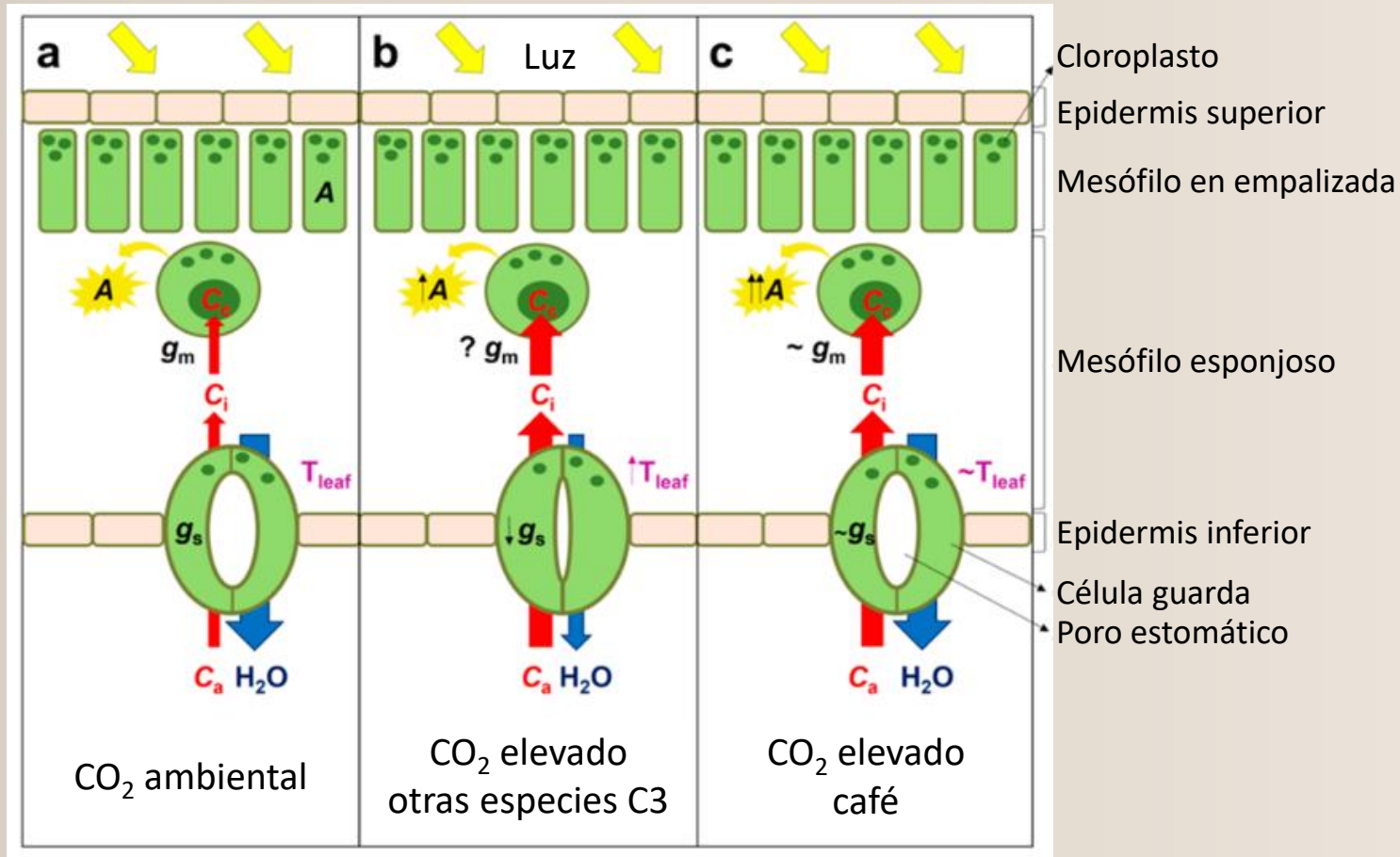
Variedades de *C. arabica* procedentes principalmente de introgresiones con *C. canaphora*, crecen y producen bien en ambientes con temperaturas entre 24-25° C.

La tasa fotosintética puede llegar a aumentar entre los 30-35 °C, si la conductancia estomática ( $g_s$ ) se mantiene en respuesta al DPV.

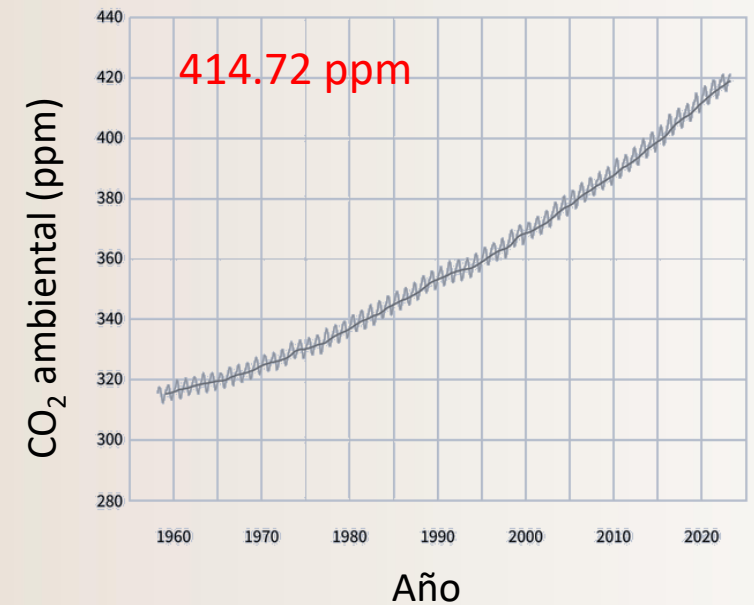


# La temperatura y el cultivo del café

## Efecto fisiológico del CO<sub>2</sub> en café.

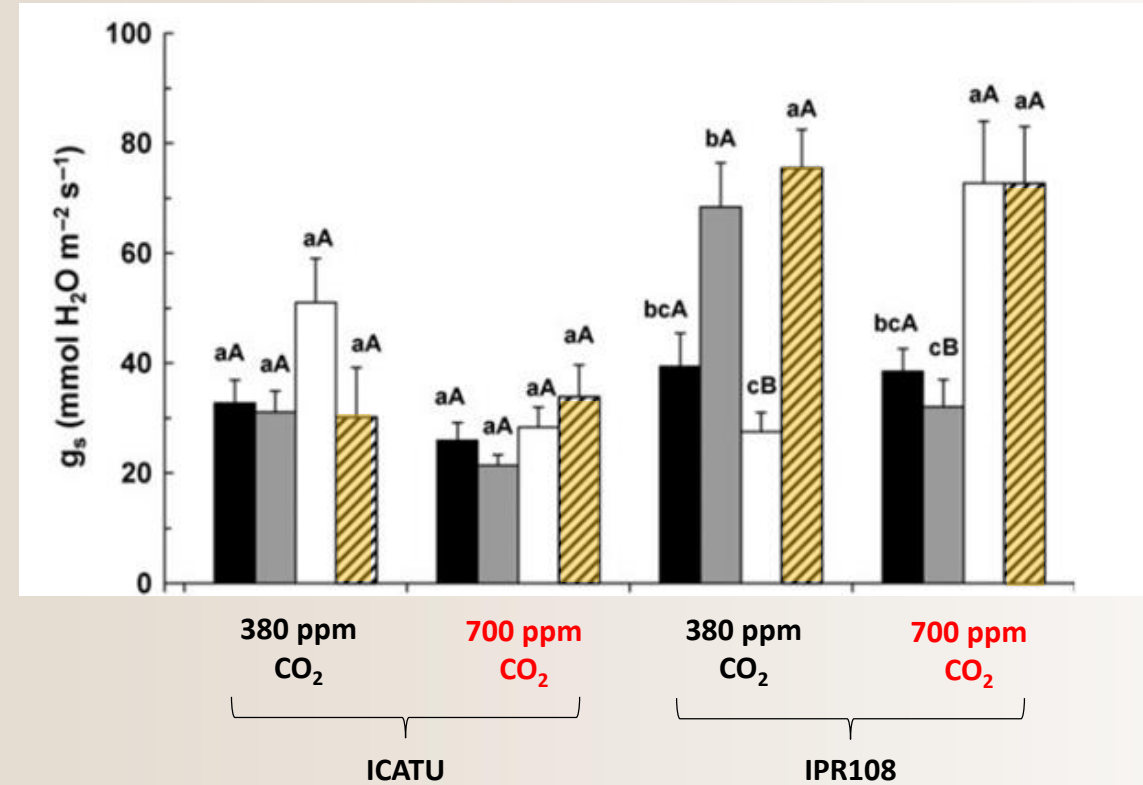
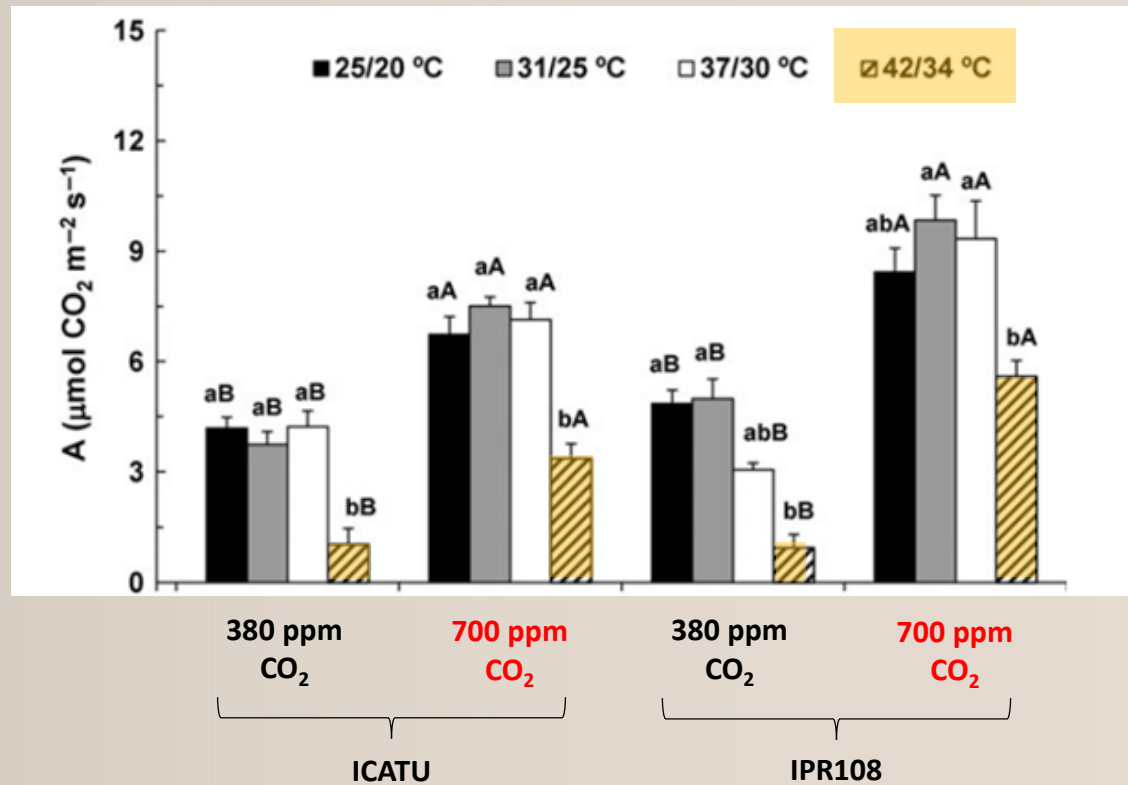


CO<sub>2</sub> atmosférico a nivel global



# La temperatura y el cultivo del café

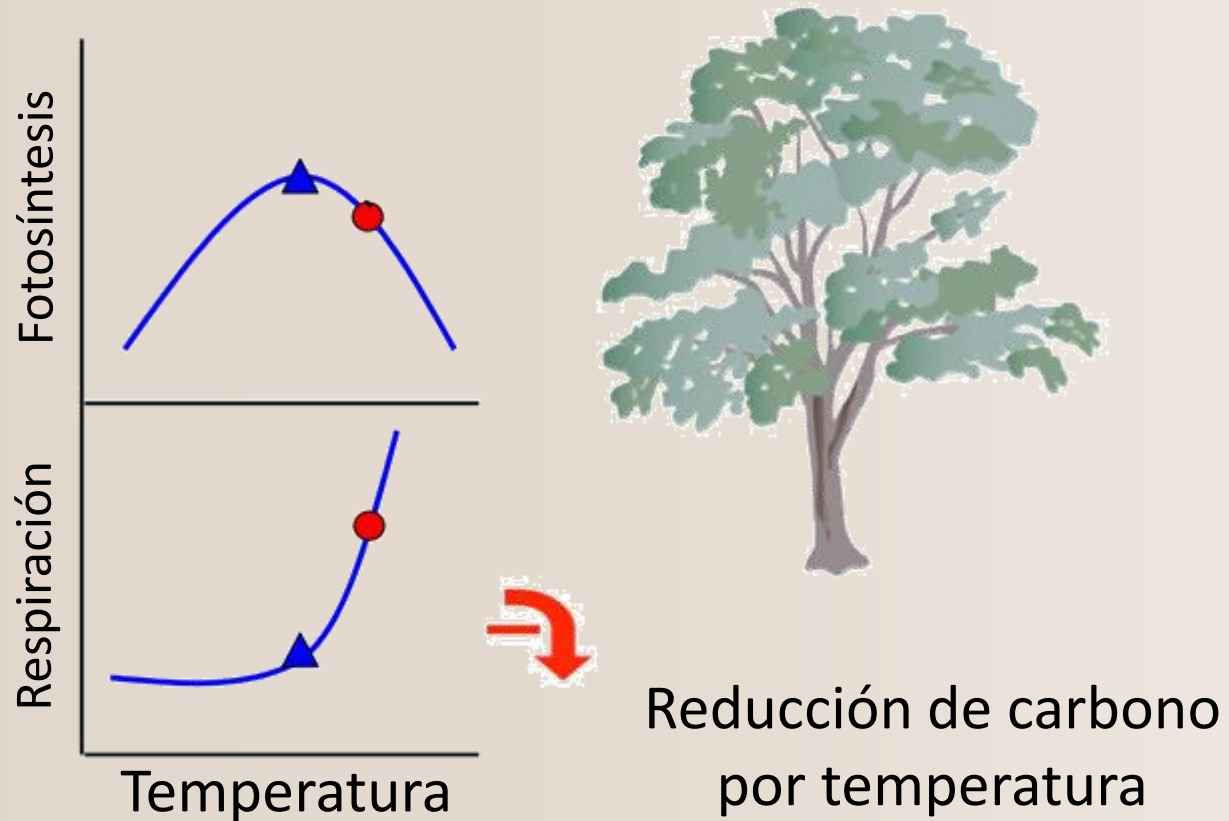
## Efecto fisiológico del CO<sub>2</sub> en café.



A pesar de las disminuciones significativas en A en 42/34 °C (en relación con 25/20 °C), los valores de A fueron 2.5 veces más altos en C<sub>a</sub> elevada que en el nivel ambiente.

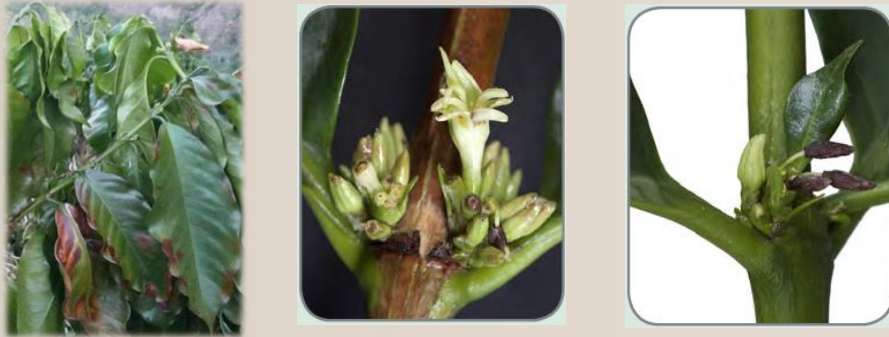
# Efectos de la temperatura

Plantas limitadas o sin aclimatación térmica.



# Efectos de la temperatura

## Disturbios fisiológicos (golpe de sol, flores estrella y secamiento)



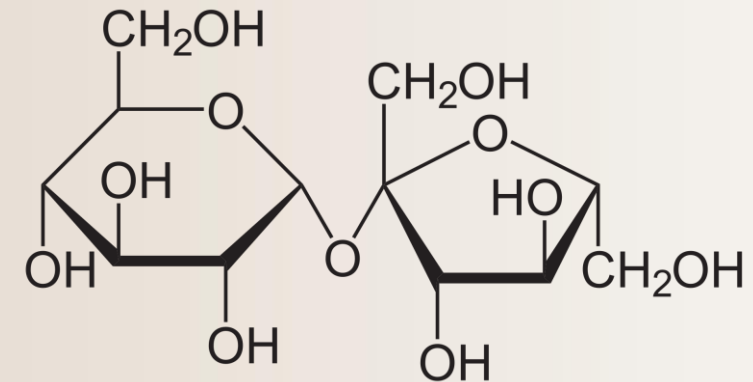
### Llenado del grano incompleto



## Proceso de maduración acelerado en el pericarpio (pulpa)



### Reducción de la sacarosa en los granos





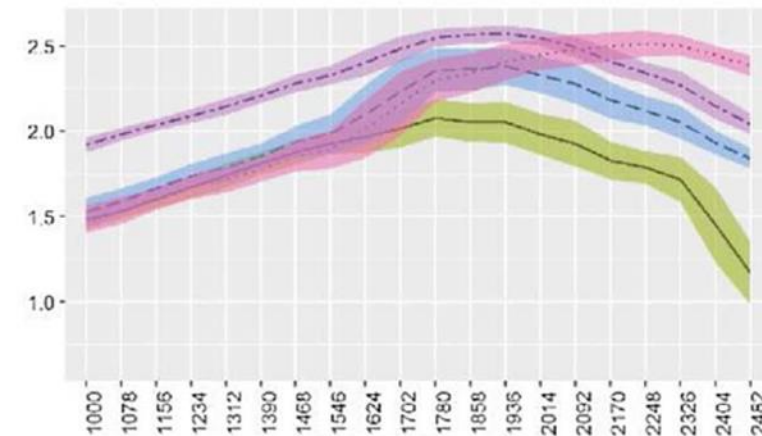
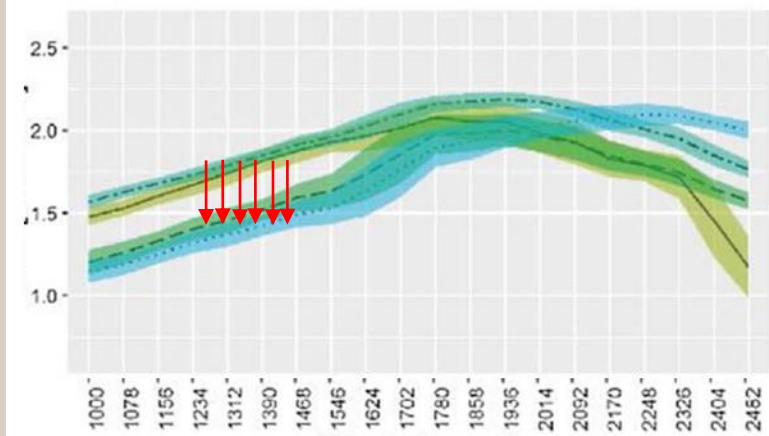
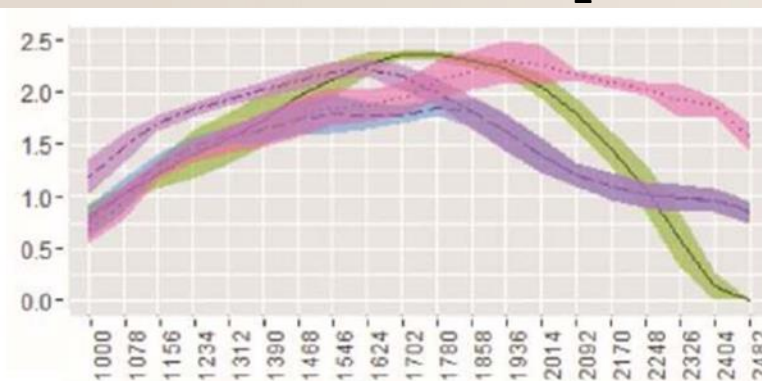
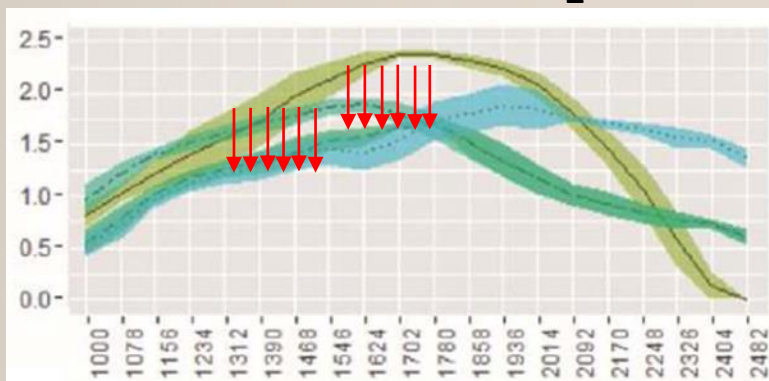
# Efectos de la temperatura



Producción de café (t DM ha<sup>-1</sup>)

380 ppm CO<sub>2</sub>

478 ppm CO<sub>2</sub>



Altura (m. s. n. m)

Seca y Cálida



Húmeda y Cálida



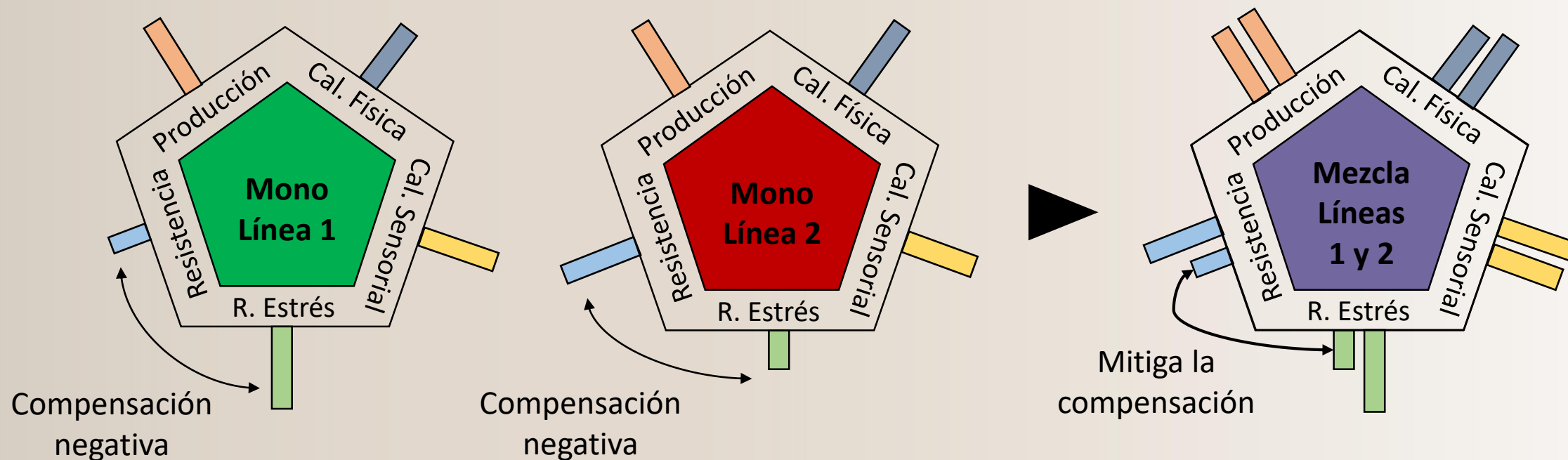
Escenarios de producción de café

- Actual al Sol
- Futuro A al Sol
- Futuro B al Sol



# Estrategias para mitigar la temperatura

- Variedades con tolerancia al estrés térmico.



- Sombrío mediante sistemas agroforestales.
- Películas de partículas antitranspirantes (Caolinita).

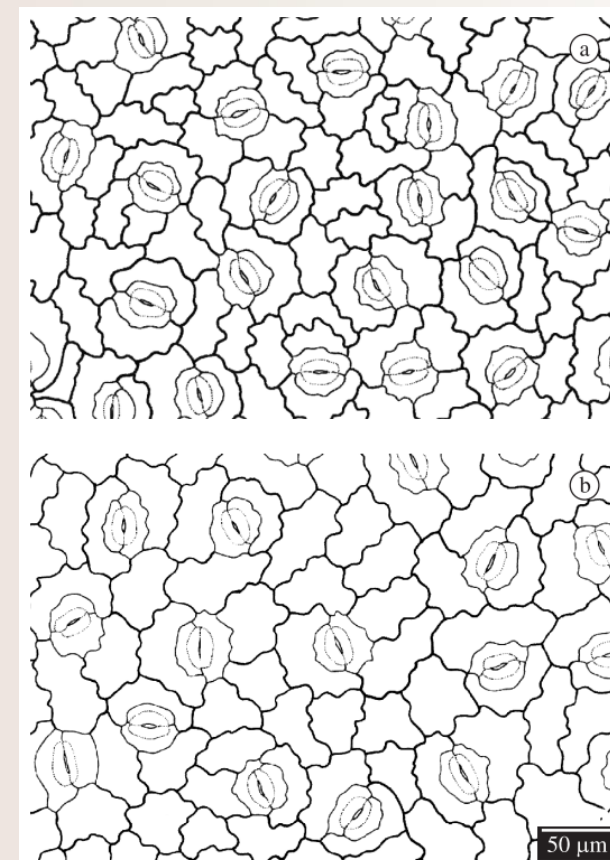
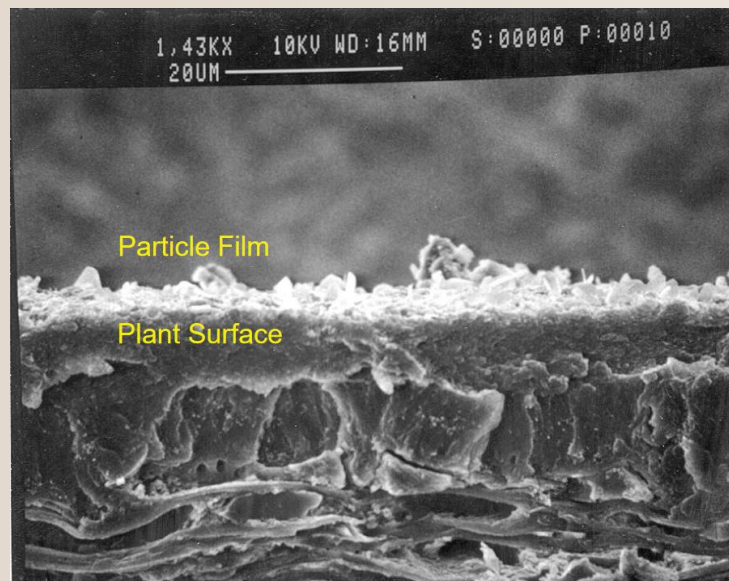


# Películas de partículas antitranspirantes

Características.

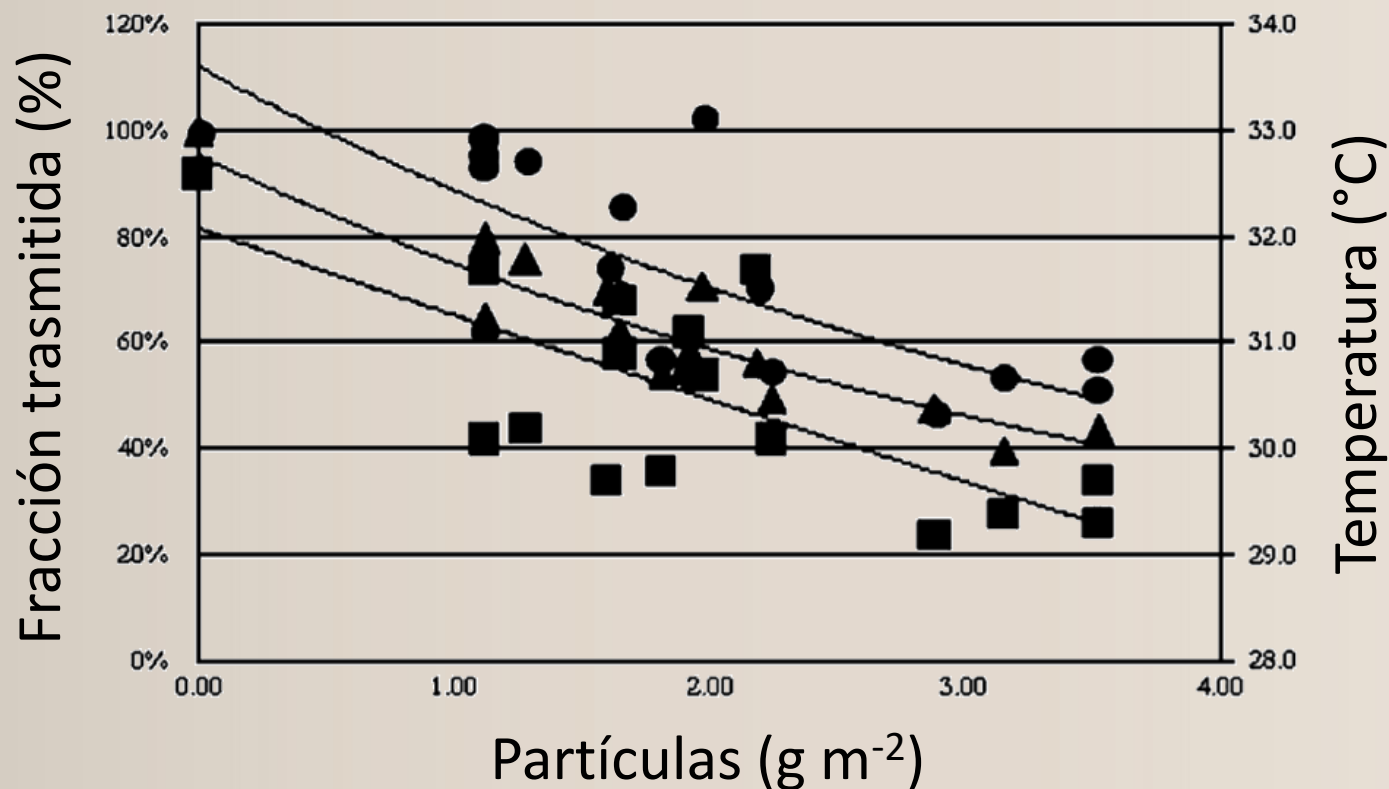
# Características de una película de partículas

- Partícula mineral químicamente inerte con un  $\varnothing < 2 \mu\text{m}$ .
- Capacidad para crear una película uniforme y porosa, que no interfiera en el intercambio de gases.



Epidermis abaxial en *C. arabica*  
(Estomas: Ancho  $26.8 \mu\text{m}$ , Largo  $17.85 \mu\text{m}$ )

# Características de una película de partículas



PAR ▼ 56% (497 a 217  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ).

UV ▼ 48% (47.5 a 24.9  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ).

Temperatura ▼ 10% (32.6 a 29.4 °C).

- Capacidad de transmitir radiación fotosintéticamente activa (PAR), pero excluir en cierta medida la radiación ultravioleta (UV) e infrarroja (IR).
- Capacidad de removerse fácilmente de los productos cosechados.



# Partículas caolinita

Funcionamiento y Acción.



# Película de partículas de caolinita calcinada



## Caolín Natural:

39.50% óxido de aluminio.

46.54% dióxido de silicio.

13.96% agua.

Óxido de hierro ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ).

Dióxido de titanio ( $\text{TiO}_2$ ).

## Caolinita calcinada y purificada:

$\text{Al}_4 \text{Si}_4 \text{O}_{14}$  [ $\varnothing \sim 1 \mu\text{m}$ ].

# Película de partículas de caolinita calcinada



- Químicamente inerte
- Textura suave
- Alta capacidad higroscópica
- Amplio rango de pH
- Color blanco
- No sufre dilatación
- No es abrasivo
- Tiene bajas conductividades térmicas y eléctricas.

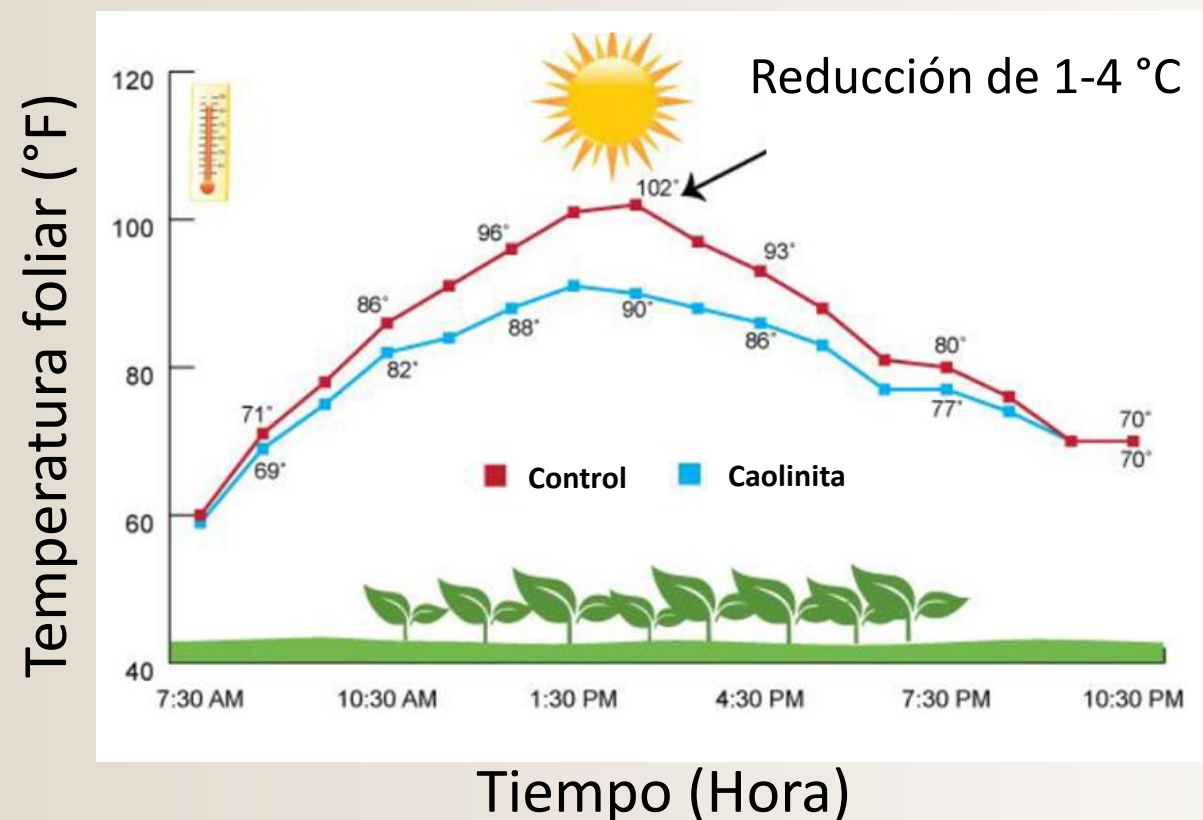
Organic Materials  
Review Institute





# ¿Cómo trabaja la caolinita?

Refracta parte de la radiación (UV, PAR, IR) y reduce la temperatura foliar.

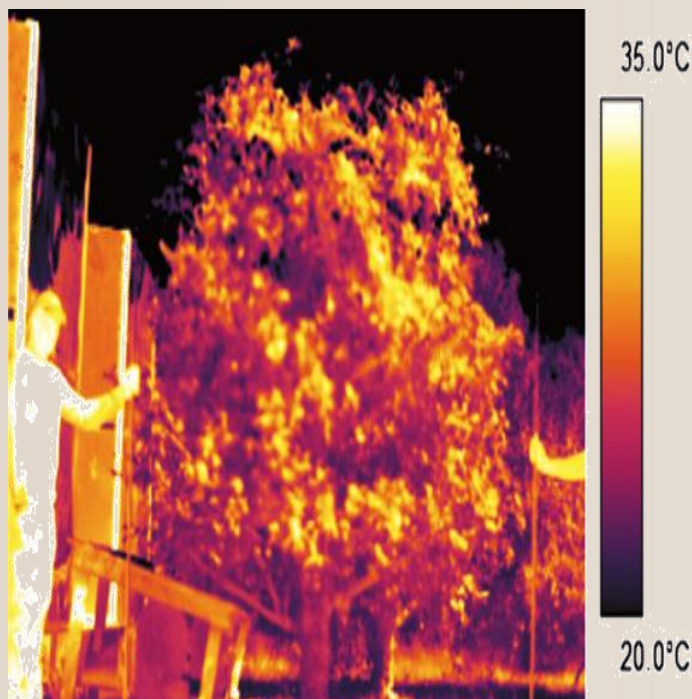


# ¿Cómo trabaja la caolinita?

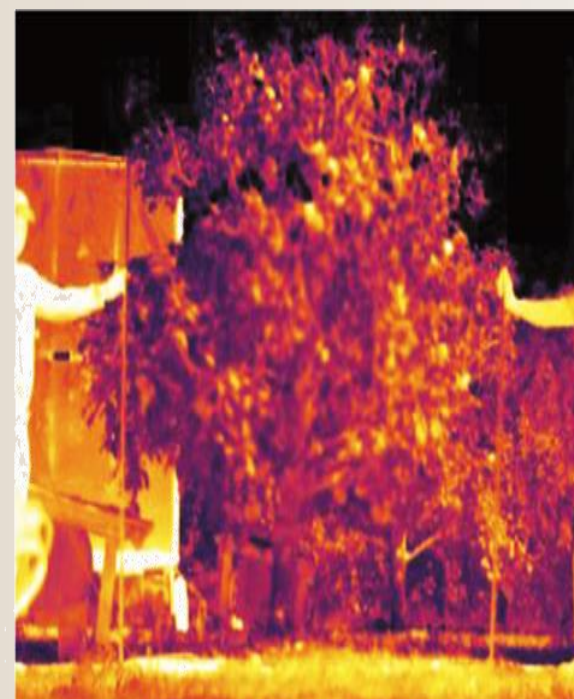


Reducción de la temperatura foliar (Imagen infrarroja de manzana 'Empire').

Control

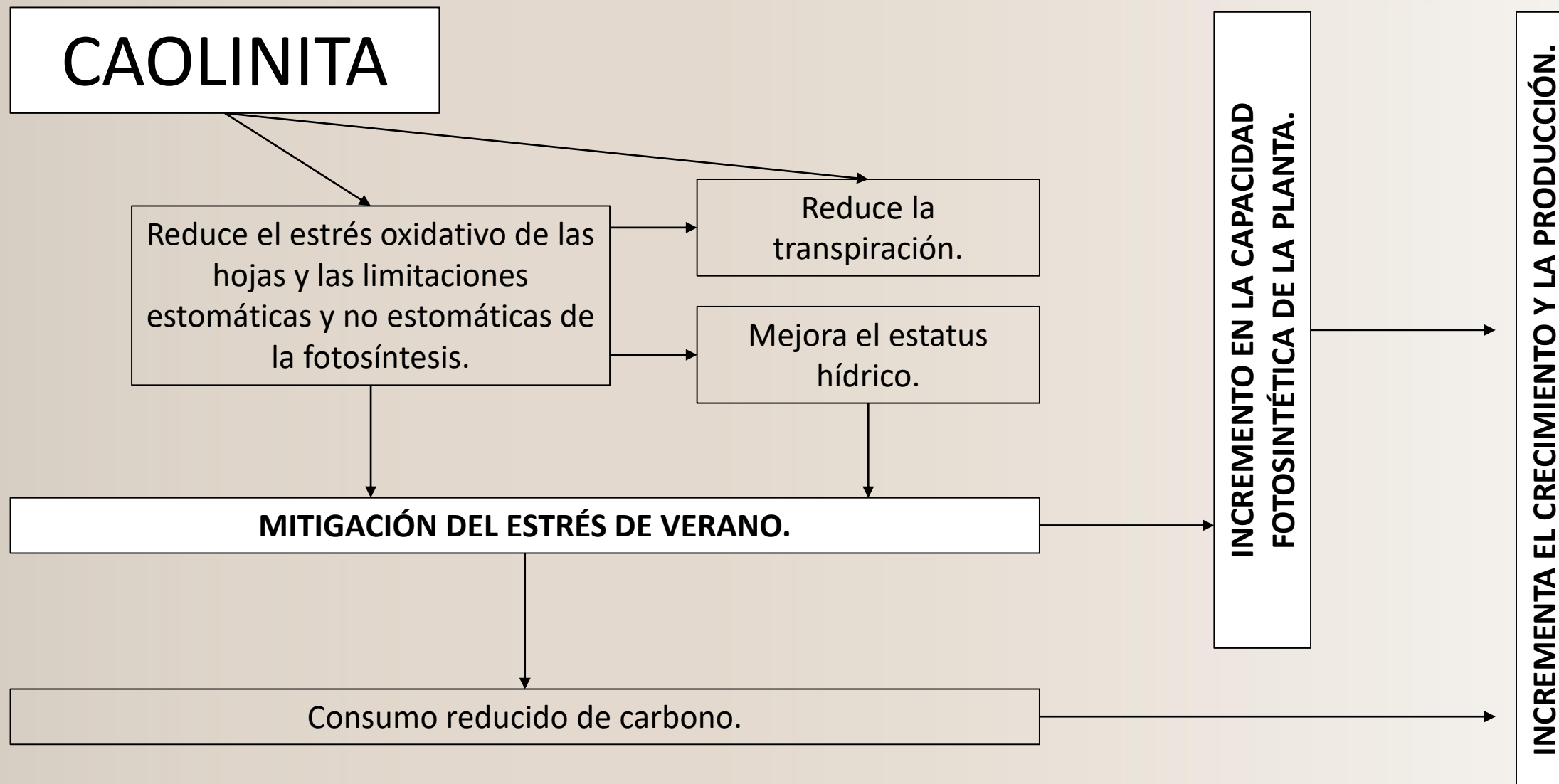


Caolinita





# Esquema de acción de la caolinita







# Partículas de caolinita en café

Casos de estudio.

# Caolinita en café



Mediciones fisiológicas en plantas de café “Tipica” (1m x 5m - 2000 planta ha<sup>-1</sup>) y producción.

Trait	Kaolin	Sun	Significant at $P < 0.05$
Specific leaf area (cm <sup>2</sup> ·g <sup>-1</sup> )	133.4	136.3	No
Leaf temp (°C)	33.7	37.1	Yes
Nodes per branch	13	12	No
$A$ (μmol·m <sup>-2</sup> ·s <sup>-1</sup> CO <sub>2</sub> )	14.2	8.3	Yes
WUE (A·G <sub>s</sub> <sup>-1</sup> )	0.44	0.12	No
<sup>13</sup> C (‰)	-25.3	-25.9	No
Yield (kg·ha <sup>-1</sup> green)			
2005	1581	1381	No
2006	3031	1520	Yes

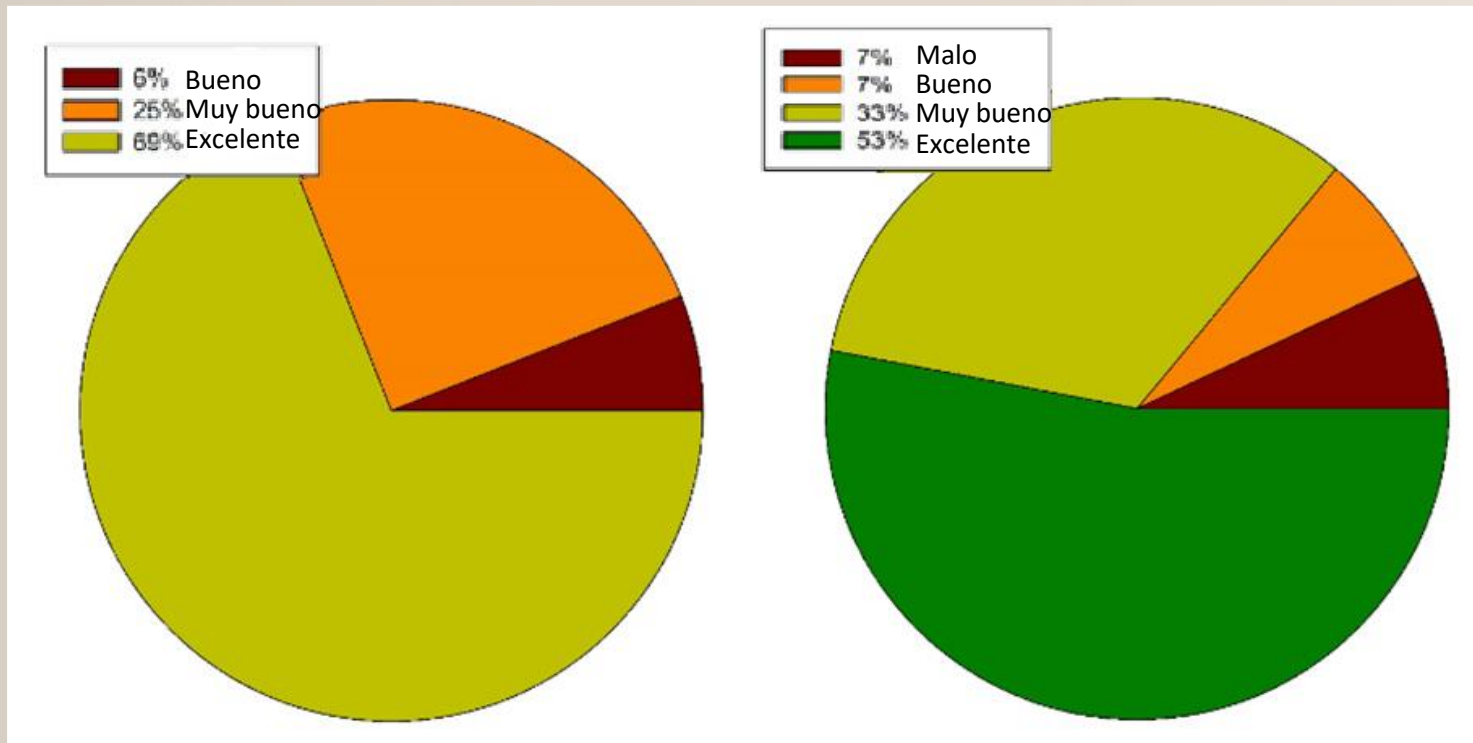
$A$  = assimilation; WUE = water use efficiency.



Shawn Steiman, café “Tipica”, Hawaii

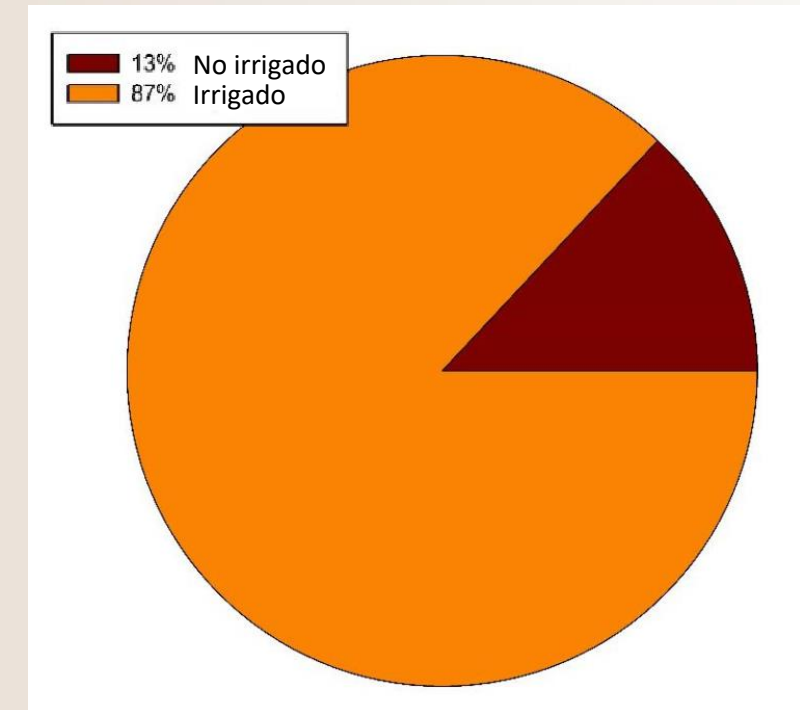
# Caolinita en café

## Percepción sobre la caolinita por caficultores en Brasil



Caolinita como protector de hojas a una temperatura atmosférica media superior a 30 °C.

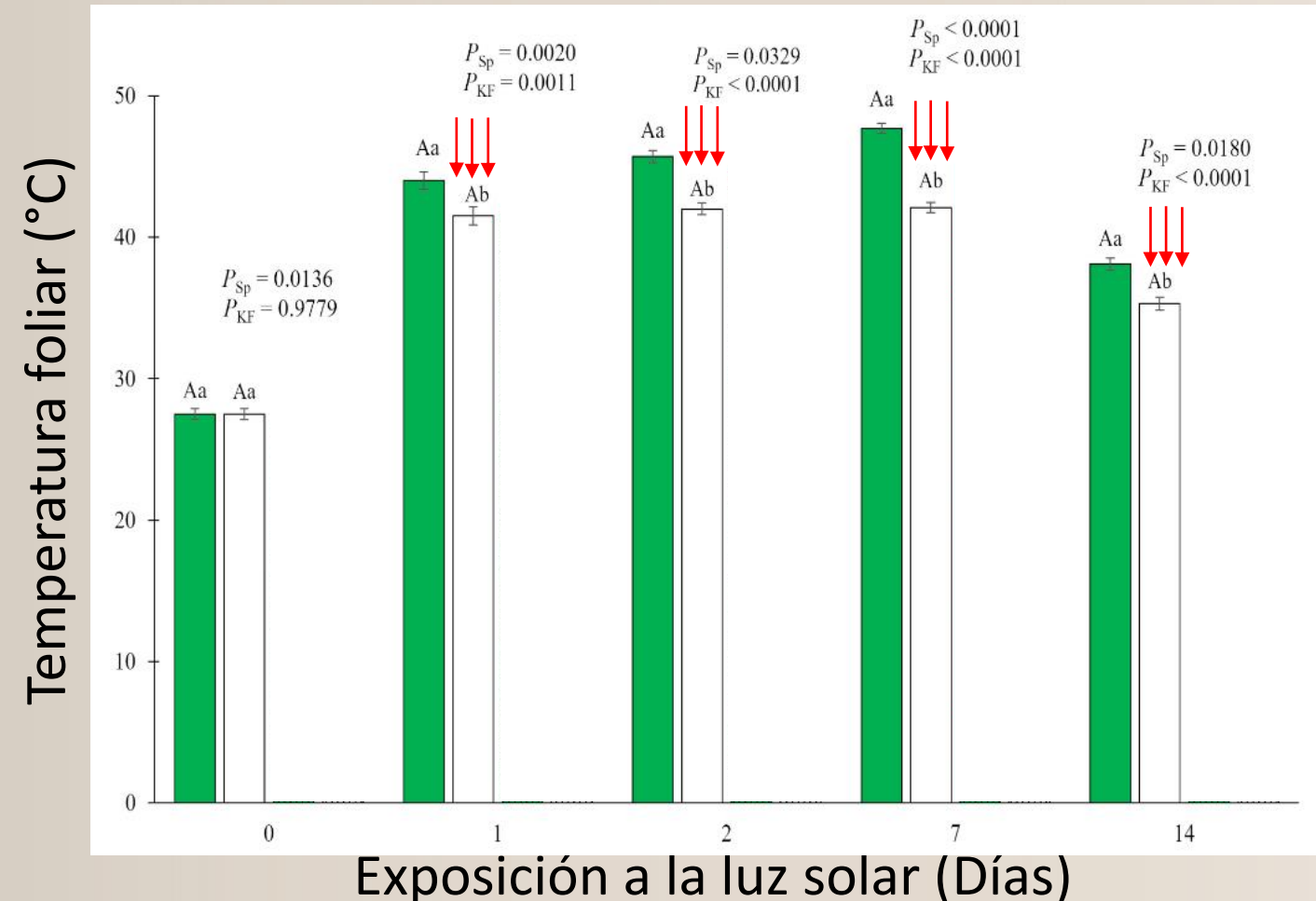
Caolinita como protector de frutos a una temperatura atmosférica media superior a 30 °C.



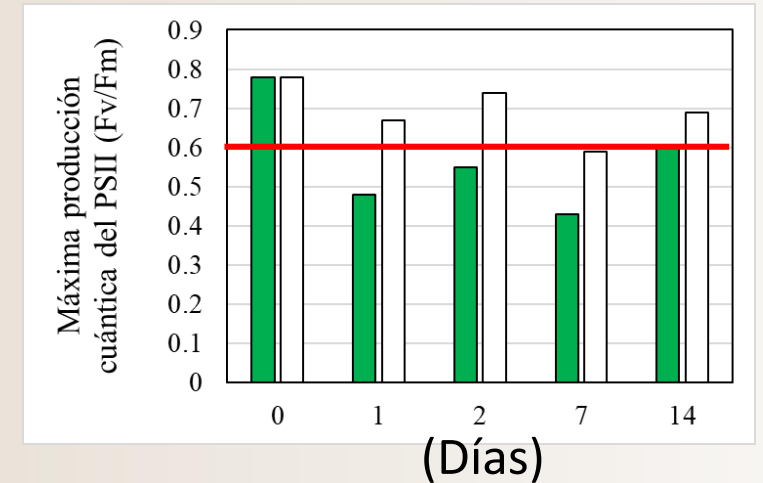
Tipo de gestión en la producción de café.

# Caolinita en café

*C. arabica* L. cv. Catuaí Vermelho IAC 44 – Trasplante a campo (simulado).



■ Sin Caolinita    □ Con Caolinita



La Caolinita minimizo los posibles daños del aparato fotoquímico, evitando el cierre estomático y permitiendo una mayor asimilación neta de CO<sub>2</sub>.



# Caolinita en café

Café variedad Cenicafé 1 en almacigo.



Sombra

Sol



Tratamientos

Diseño

Caolinita  
30 gL<sup>-1</sup>

Caolinita  
60 gL<sup>-1</sup>

SOL

SOMBRA

Factorial simple en bloques completos generalizados y al azar con los almacigos en dos tiempos actuando de bloques y los tratamientos como los efectos de grupo.



# Caolinita en café



Café variedad Cenicafé 1 en almacigo (análisis de crecimiento).

## Biomasa seca total

Tratamiento	Valor
Caolinita 30 gL <sup>-1</sup>	3.01 ± 1.54 (2.93) <sup>AB</sup>
Caolinita 60 gL <sup>-1</sup>	3.47 ± 1.51 (3.43) <sup>A</sup>
SOL	3.50 ± 1.38 (3.38) <sup>A</sup>
SOMBRA	2.76 ± 1.00 (2.89) <sup>B</sup>
WJ=8.245; p= 0.0001	

## Área foliar total

Tratamiento	Valor
Caolinita 30 gL <sup>-1</sup>	204 ± 82.4 (198) <sup>B</sup>
Caolinita 60 gL <sup>-1</sup>	209 ± 85.5 (206) <sup>B</sup>
SOL	243 ± 89.5 (220) <sup>AB</sup>
SOMBRA	274 ± 80.7 (266) <sup>A</sup>
WJ=14.487; p= <0.0001	

## Área foliar específica

Tratamiento	Valor
Caolinita 30 gL <sup>-1</sup>	12.7 ± 5.9 (10.4) <sup>AB</sup>
Caolinita 60 gL <sup>-1</sup>	11.5 ± 3.7 (10.6) <sup>C</sup>
SOL	12.4 ± 3.0 (12.1) <sup>B</sup>
SOMBRA	16.3 ± 3.2 (15.7) <sup>A</sup>
WJ=101.406; p=<0.0001	

## Relación MS Raíz / Área foliar total

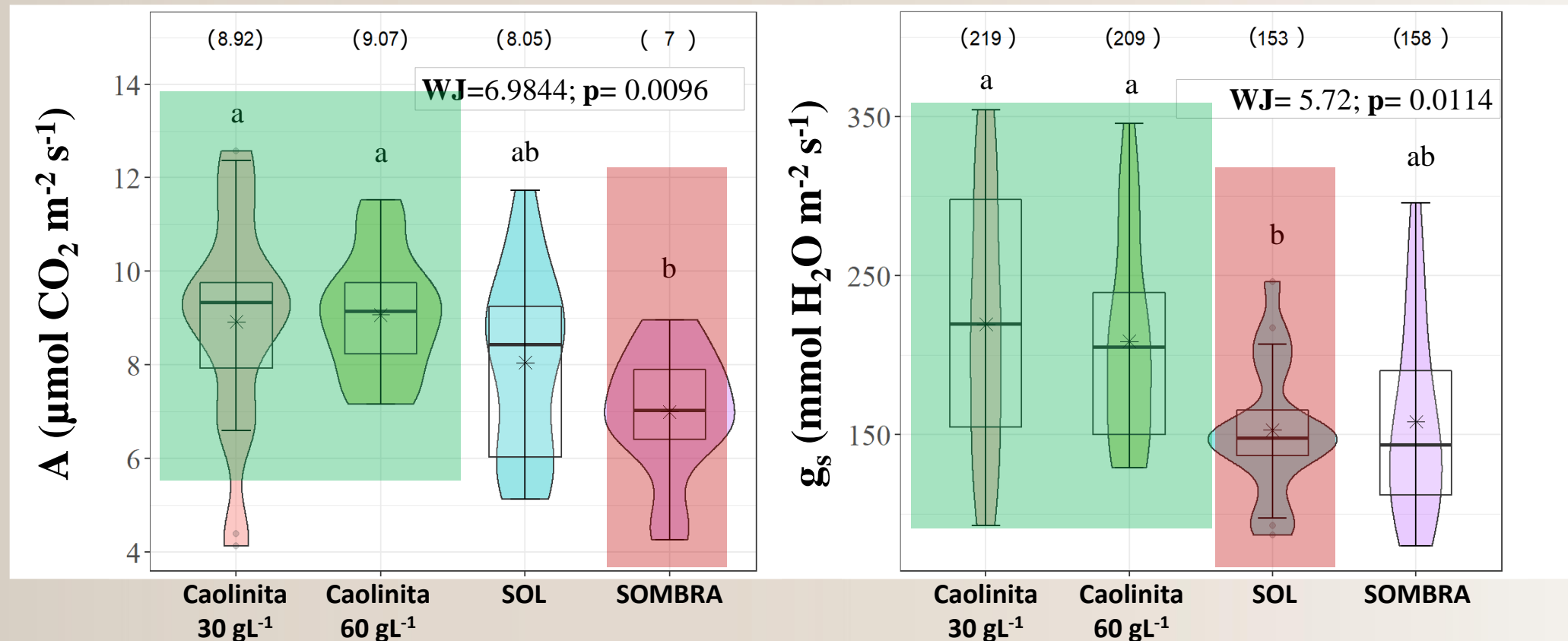
Tratamiento	Valor
Caolinita 30 gL <sup>-1</sup>	31.1 ± 11.9 (29.2) <sup>B</sup>
Caolinita 60 gL <sup>-1</sup>	36.7 ± 13.4 (35.1) <sup>A</sup>
SOL	28.5 ± 11.7 (27.3) <sup>B</sup>
SOMBRA	19.5 ± 6.26 (18.5) <sup>C</sup>
WJ=72.82; p=<0.0001	

## Tasa de unidad de hoja

Tratamiento	Valor
Caolinita 30 gL <sup>-1</sup>	2.44 ± 0.67 (2.54) <sup>A</sup>
Caolinita 60 gL <sup>-1</sup>	2.49 ± 0.61 (2.50) <sup>A</sup>
SOL	2.78 ± 0.75 (2.76) <sup>A</sup>
SOMBRA	1.56 ± 0.32 (1.47) <sup>B</sup>
WJ=186.72; p=<0.0001	

# Caolinita en café

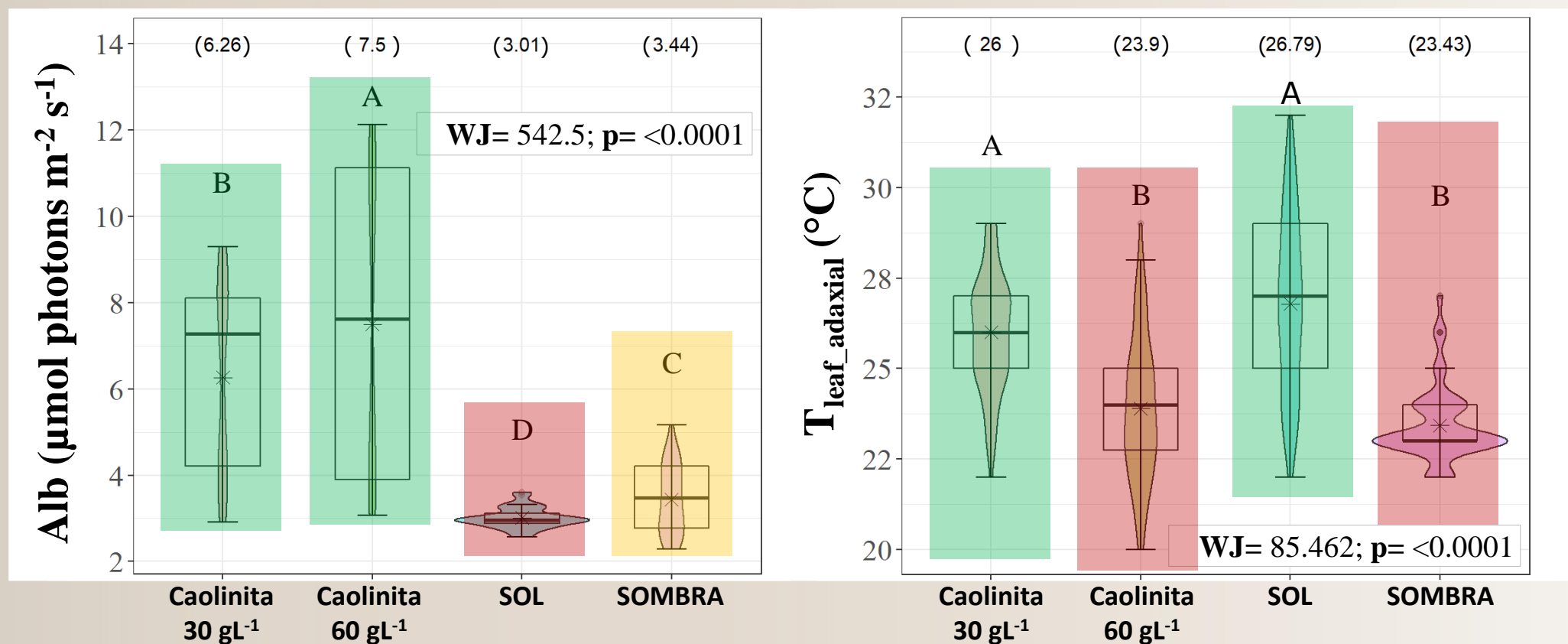
Café variedad Cenicafé 1 en almacigo: Tasa de fotosíntesis neta (A) y conductancia estomática ( $g_s$ ) a 30°C.



# Caolinita en café



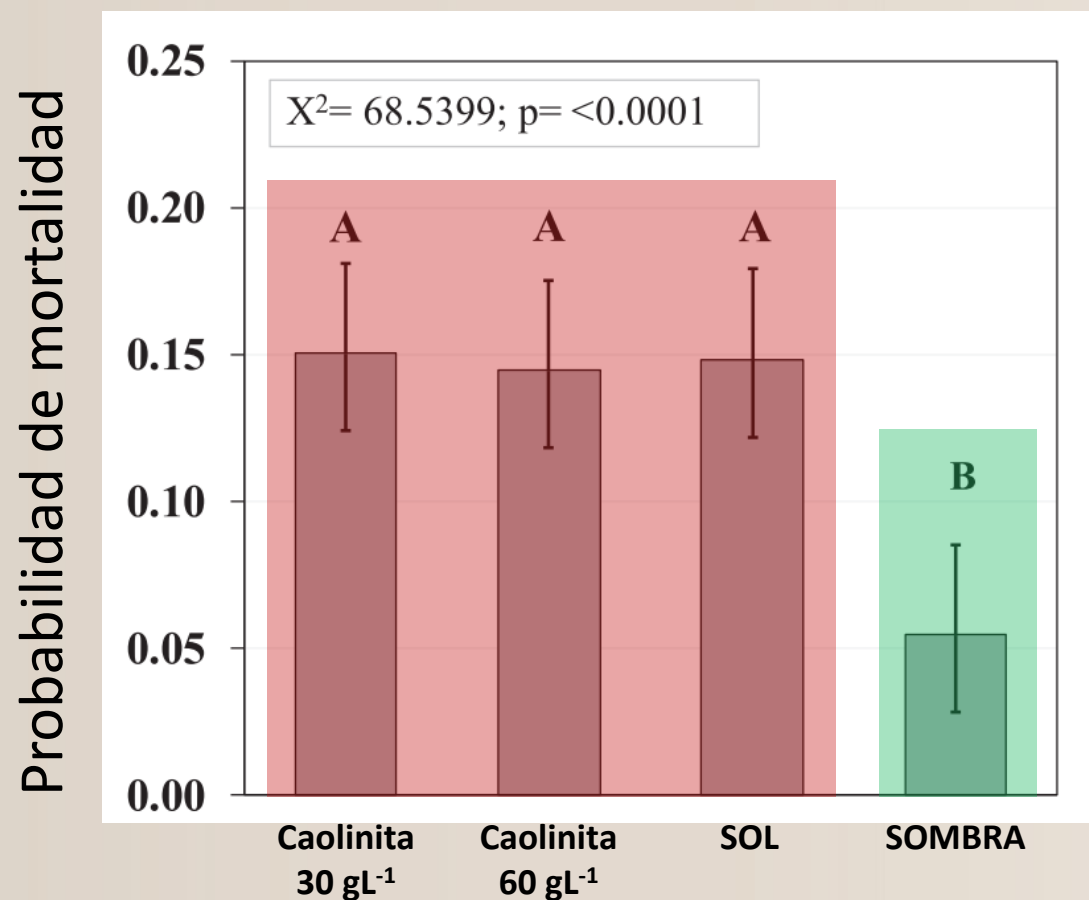
## Albedo (Alb) y Temperatura adaxial de hoja ( $T_{\text{leaf\_adaxial}}$ )



# Caolinita en café



Probabilidad de mortalidad (MP).



- 1.2 kg de Caolinita en 20 L de agua (60 g L<sup>-1</sup>) puede proteger 1.300 m<sup>2</sup> de almacigo.

- 0.07 g / plántula de café.


# Caolinita en café



Valores de referencia para plántulas al sol, sombra y con caolinita en almacigo.


HOSTED BY

Contents lists available at [ScienceDirect](#)

 ELSEVIER

Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences

journal homepage: [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)



Full length article

Response to applying kaolinite particles in coffee variety Cenicafé 1 seedlings during the nursery stage

Carlos Andres Unigarro <sup>a,\*</sup>, Luis Carlos Imbachi Quinchua <sup>b</sup>, Myriam Cañon Hernandez <sup>c</sup>, José Ricardo Acuña Zornosa <sup>d</sup>



## Conclusión y perspectiva



En esta primera fase de almacigo, se logró demostrar que las partículas de caolinita tienen un efecto positivo en la tasa de fotosíntesis neta y en la conductancia estomática de las hojas del café (Cenicafé 1), mediante la reducción de la temperatura foliar y el aumento de la refracción de la radiación. Sin embargo, para llegar a una recomendación práctica aún se necesita investigar más a fondo en otras fases del cultivo.

Futuros estudios deben enfocarse en evaluar el efecto de las aplicaciones de caolinita sobre la población de plantas después del trasplante a campo, y en la mitigación del impacto térmico sobre la producción, especialmente durante la condición climática de “El Niño”.



# Gracias

cenicafe@cafedecolombia.com 



[www.cenicafe.org](http://www.cenicafe.org)



[agroclima.cenicafe.org](http://agroclima.cenicafe.org)



[biblioteca.cenicafe.org](http://biblioteca.cenicafe.org)



Cenicafé FNC



@cenicafe



cenicafé



CenicaféFNC