



# INTERCAMBIO GASEOSO Y FLUORESCENCIA DE CLOROFILA DEL FRÍJOL CAUPÍ [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.] BAJO SEQUÍA

*Cardona Villadiego*<sup>1</sup>; *Carlos Peñate Pacheco*<sup>2</sup>, *Carlos Cardona Ayala*<sup>3</sup>;  
*Hermes Araméndiz tatis*<sup>4</sup>; *Miguel Espitia Camacho*<sup>5</sup>




64 Reunión Anual  
**PCCMCA**  
Honduras 2019


Tela Atlántida, Honduras, 29 de abril al 3 de mayo de 2019




# CONTENIDO

- 
- **Introducción**
  - **Objetivos**
  - **Materiales y métodos**
  - **Resultados y discusión**
  - **Conclusiones**

# INTRODUCCIÓN

- 
- **Frijol caupí leguminosa más importante (Fabaceae), después de la soya y el frijol común.**
  - **Origen: sudeste de África.**
  - **Mayor producción: Níger, Nigeria, India, Brasil.**
  - **Introducción a América: colonización española.**
  - **Mas de 12.6 millones de ha en el mundo (FOSTAT, 2017).**

# IMPORTANCIA

- 
- **Aprovechamiento:** raíces, tallos verdes, hojas, vainas y granos. Fuente de ingresos.
  - **Restaura la fertilidad del suelo:** aporte de nitrógeno, abono verde.
  - **Rotación de cultivos y Excelente forraje.**
  - **Contenido de proteínas > 25%** granos y hojas. **Nutrición:** vitaminas, minerales, fibras.

# OBJETIVOS

## Objetivo general

- Analizar el intercambio gaseoso y la fluorescencia de clorofila en nueve genotipos de frijol caupí bajo condición de sequía, en condiciones controladas.

## Objetivos específicos

- Evaluar el intercambio gaseoso del frijol caupí bajo sequía progresiva.
- Evaluar la fluorescencia de clorofila condiciones de sequía y riego, en invernadero.



# MATERIALES Y MÉTODOS

## LOCALIZACIÓN:

- Invernadero: cubierta de polietileno, malla antiáfidos. Campus Universidad de Córdoba, Montería, Colombia (8° 48' N, 78 ° 53' W).
- Clasificación climatológica: bosque seco tropical, temperatura media 27,4 °C, precipitación 1346 mm/año, humedad relativa de 85%, brillo solar anual de 2108 horas = 5,8 h/d.

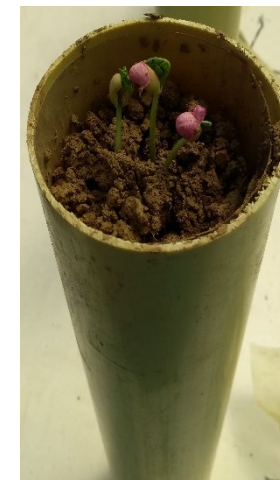


# MATERIALES Y MÉTODOS



## DISEÑO EXPERIMENTAL:

- Estructura de tratamientos: nueve (9) genotipos: LC-00616, LC-02916, LC-03616, LC-02116, LC-000516, LC-00916, LC-01416, LC-00216 y, como testigo comercial, Caupicor 50.
- Estructura de diseño: D.C.A., cuatro repeticiones. Riego (todo el ciclo) y sequía ( a partir de 21 dds).
- Unidad experimental: cilíndricos de acetato transparente (120 cm de altura, 7,5cm de diámetro cubiertos por tubos de PVC. Distancia: 60 cm x 30 cm).



# MATERIALES Y MÉTODOS



## VARIABLES DE RESPUESTA:

### ➤ Intercambio gaseoso:

- Fotosíntesis neta ( $A$ ).
- Conductancia estomática ( $g_s$ ).
- Transpiración ( $E$ ).
- Eficiencia intrínseca en el uso del agua ( $A/g_s$ ).
- Eficiencia en el uso del agua ( $A/E$ ).
- Regulación estomática de la fotosíntesis.

### ➤ Fluorescencia de clorofila:

- Rendimiento cuántico del fotosistema II ( $\Phi_{PSII}$ ).
- Rendimiento cuántico no fotoquímico ( $\Phi_{NPQ}$ ).
- Contenido relativo de clorofila a.

MultispeQ v2.0  
(Michigan State University, USA)

IRGA, LICOR 6400



# MATERIALES Y MÉTODOS



## MÉTODOS ESTADÍSTICOS:

- Análisis de varianza.
- Prueba de comparación de medias: Tukey ( $\alpha=0,05$ ).
- Prueba t : comparación de medias, según prueba F para varianzas homogéneas o heterogéneas.
- Regresión lineal y no lineal.
- Análisis de componentes principales (ACP) y gráfico biplot.



# RESULTADOS Y DISCUSIÓN



Fotosíntesis ( $A$ ), conductancia estomática ( $g_s$ ), transpiración ( $E$ ), eficiencia intrínseca en el uso del agua ( $A/g_s$ ) y eficiencia en el uso del agua ( $A/E$ ) bajo sequía.

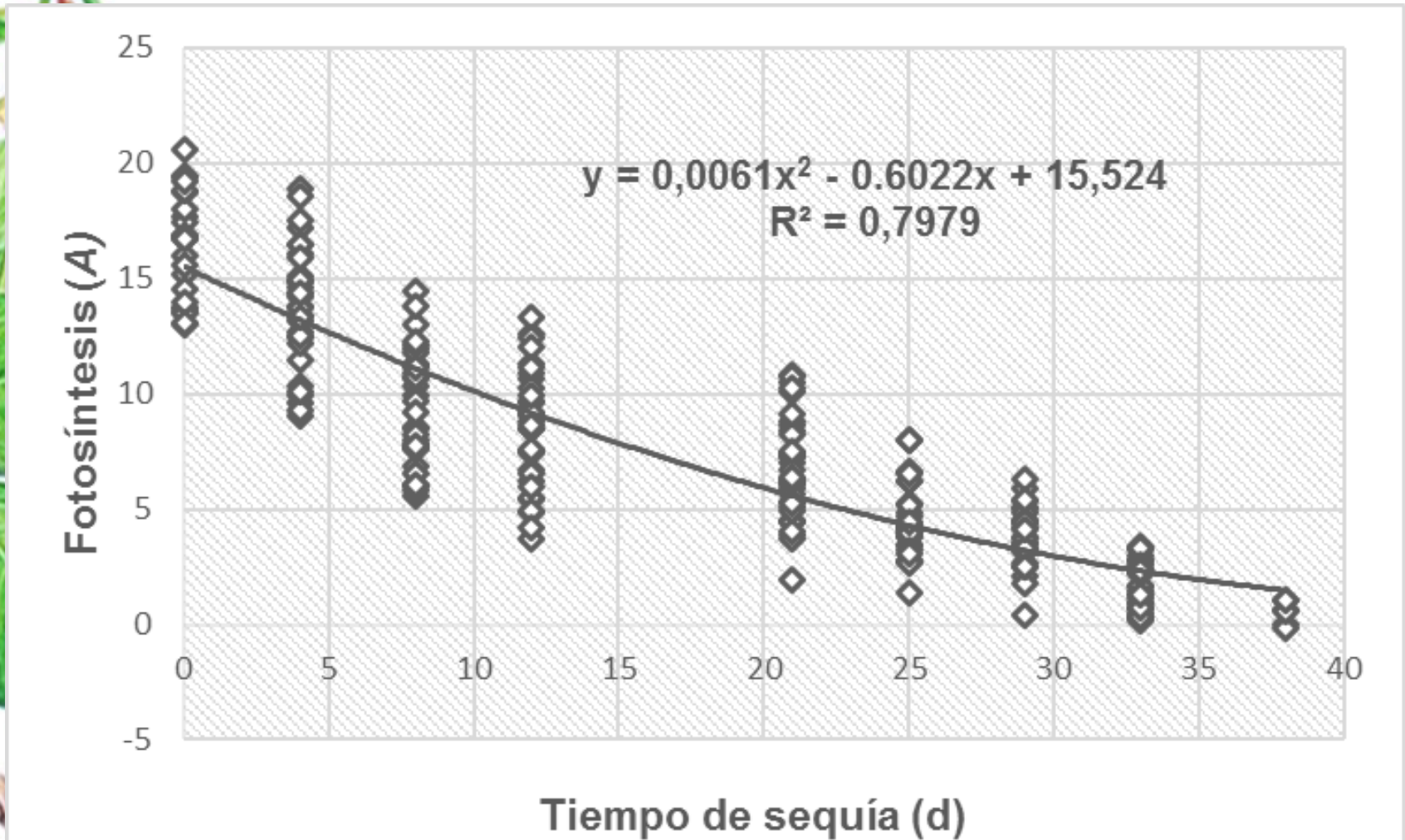
GENOTIPOS	$A$		$g_s$		$E$		$A/g_s$		$A/E$	
	Sequía	Riego	Sequía	Riego	Sequía	Riego	Sequía	Riego	Sequía	Riego
Caupicor 50	5,47 <sup>a</sup>	21,11 <sup>a</sup>	0,021 <sup>a</sup>	0,638 <sup>a</sup>	0,66 <sup>a</sup>	9,70 <sup>a</sup>	319,6 <sup>a</sup>	35,3 <sup>a</sup>	9,03 <sup>a</sup>	2,18 <sup>ab</sup>
LC-002-016	7,73 <sup>a</sup>	19,54 <sup>a</sup>	0,041 <sup>a</sup>	0,507 <sup>a</sup>	1,31 <sup>a</sup>	8,85 <sup>a</sup>	197,0 <sup>a</sup>	42,3 <sup>a</sup>	6,16 <sup>a</sup>	2,22 <sup>ab</sup>
LC-005-016	7,49 <sup>a</sup>	21,42 <sup>a</sup>	0,038 <sup>a</sup>	0,740 <sup>a</sup>	1,32 <sup>a</sup>	10,17 <sup>a</sup>	242,7 <sup>a</sup>	29,0 <sup>a</sup>	6,77 <sup>a</sup>	2,11 <sup>b</sup>
LC-006-016	6,48 <sup>a</sup>	19,21 <sup>a</sup>	0,044 <sup>a</sup>	0,512 <sup>a</sup>	1,25 <sup>a</sup>	9,11 <sup>a</sup>	154,0 <sup>a</sup>	37,7 <sup>a</sup>	5,54 <sup>a</sup>	2,11 <sup>b</sup>
LC-009-016	7,80 <sup>a</sup>	17,16 <sup>a</sup>	0,045 <sup>a</sup>	0,364 <sup>a</sup>	1,31 <sup>a</sup>	6,69 <sup>a</sup>	194,4 <sup>a</sup>	71,9 <sup>a</sup>	6,22 <sup>a</sup>	2,75 <sup>a</sup>
LC-014-016	7,24 <sup>a</sup>	20,04 <sup>a</sup>	0,039 <sup>a</sup>	0,663 <sup>a</sup>	1,31 <sup>a</sup>	9,54 <sup>a</sup>	200,8 <sup>a</sup>	35,6 <sup>a</sup>	6,25 <sup>a</sup>	2,13 <sup>b</sup>
LC-021-016	7,05 <sup>a</sup>	21,65 <sup>a</sup>	0,035 <sup>a</sup>	0,636 <sup>a</sup>	1,13 <sup>a</sup>	9,71 <sup>a</sup>	273,7 <sup>a</sup>	37,5 <sup>a</sup>	7,54 <sup>a</sup>	2,24 <sup>ab</sup>
LC-029-016	6,14 <sup>a</sup>	18,50 <sup>a</sup>	0,048 <sup>a</sup>	0,640 <sup>a</sup>	0,88 <sup>a</sup>	8,64 <sup>a</sup>	308,1 <sup>a</sup>	40,6 <sup>a</sup>	8,76 <sup>a</sup>	2,16 <sup>ab</sup>
LC-036-016	7,50 <sup>a</sup>	20,46 <sup>a</sup>	1,61 <sup>a</sup>	0,613 <sup>a</sup>	1,52 <sup>a</sup>	9,07 <sup>a</sup>	175,4 <sup>a</sup>	36,1 <sup>a</sup>	5,93 <sup>a</sup>	2,27 <sup>ab</sup>
Media	6,99	19,76	0,037	0,583	1,18	8,98	233,76	41,28	6,99	2,25
CV(%)	31,39	12,07	54,42	49,69	58,34	17,80	50,16	40,74	33,24	10,99
P>F	0,824 <sup>ns</sup>	0,267 <sup>ns</sup>	0,681 <sup>ns</sup>	0,807 <sup>ns</sup>	0,792 <sup>ns</sup>	0,219 <sup>ns</sup>	0,497 <sup>ns</sup>	0,083 <sup>ns</sup>	0,398 <sup>ns</sup>	0,034 <sup>*</sup>

Medias con la misma o mismas letras no difieren estadísticamente según la prueba de Tukey ( $\alpha=0,05$ ). CV=coeficiente de variación. P = Valor-P (significancia estadística del análisis de varianza): <sup>ns</sup>= no significativo ( $p \geq 0,05$ ), <sup>\*</sup>=significativo ( $p \geq 0,05$ ).

# RESULTADOS Y DISCUSIÓN



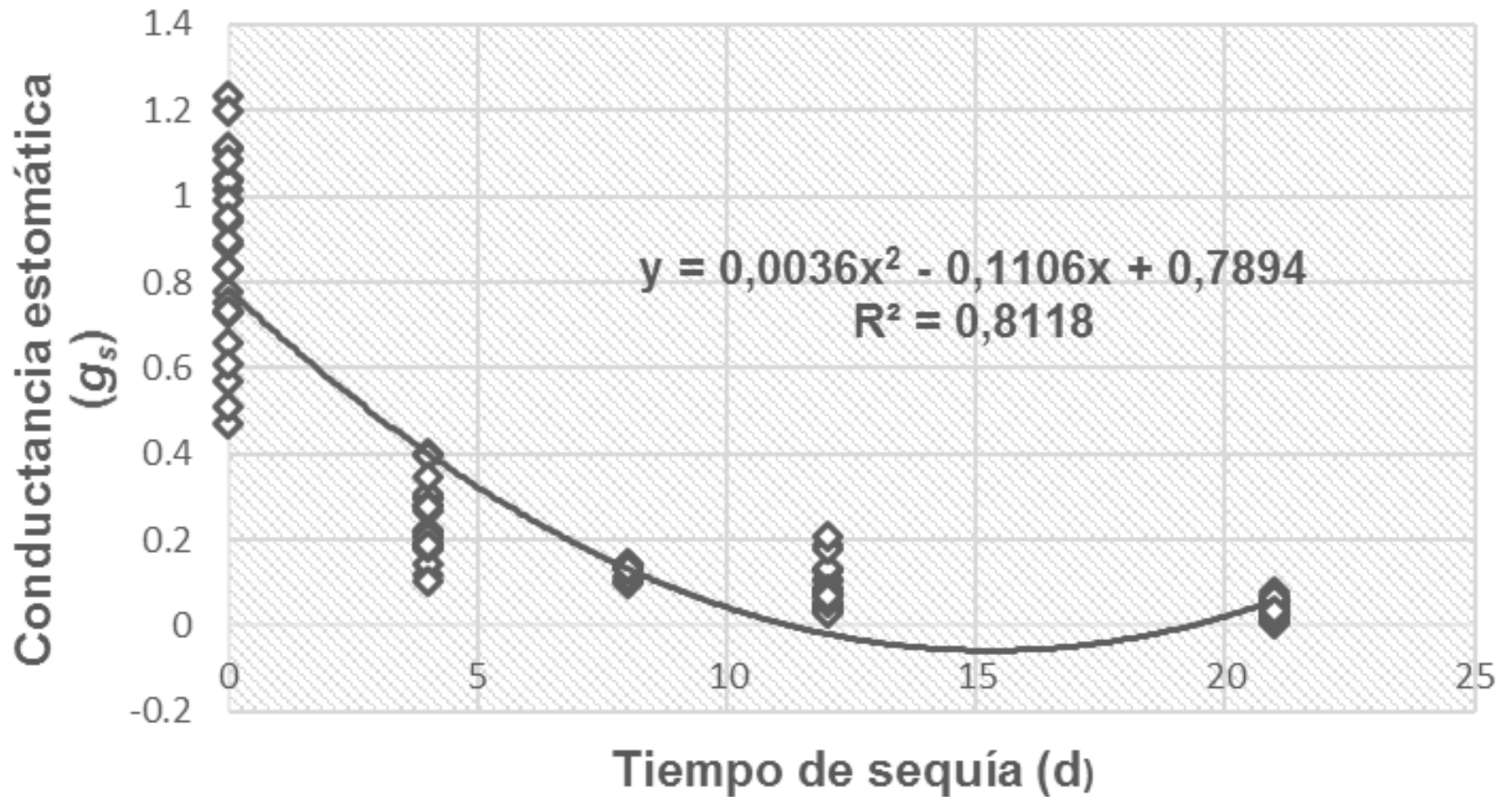
## FOTOSÍNTESIS NETA BAJO SEQUÍA



# RESULTADOS Y DISCUSIÓN



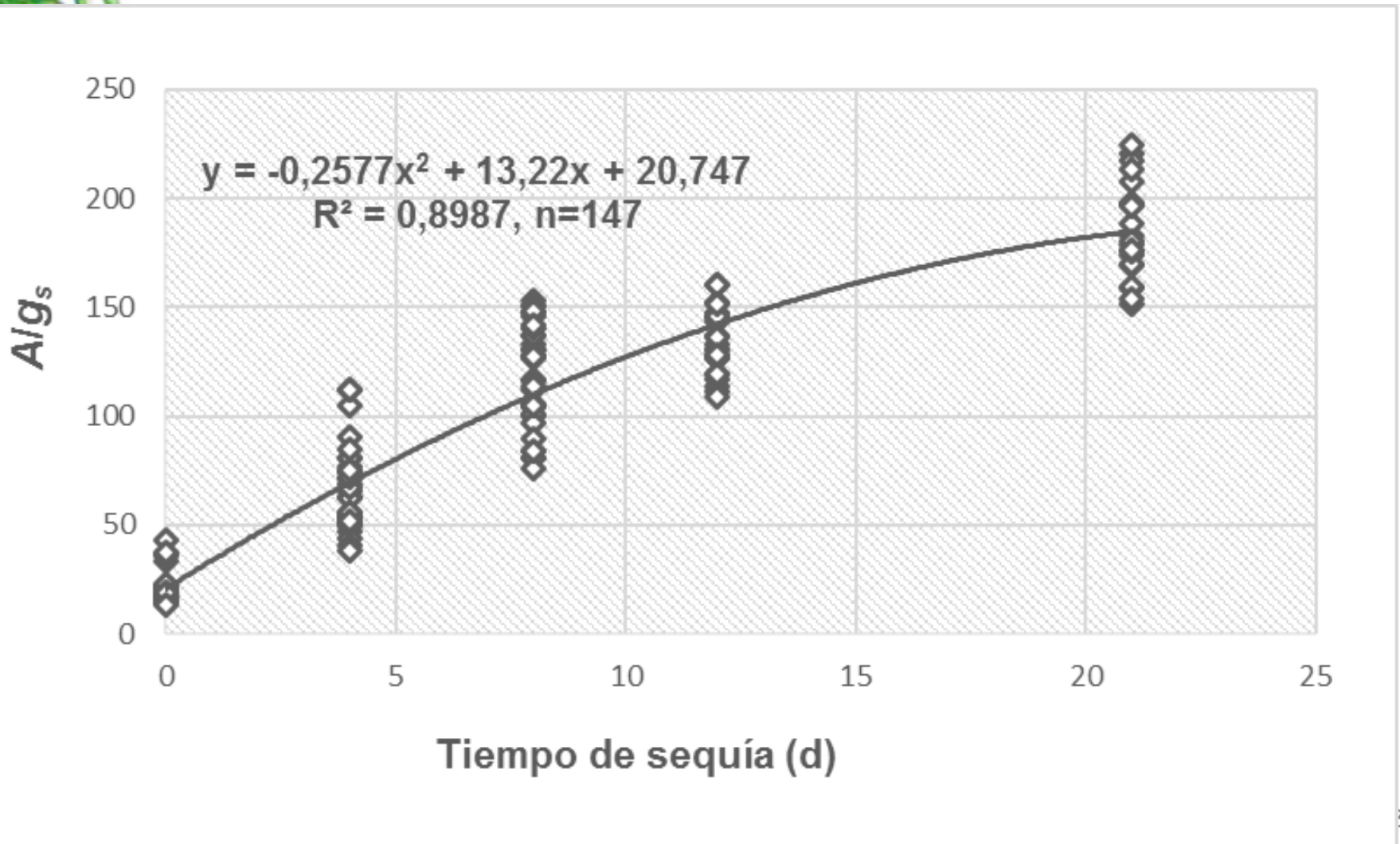
## CONDUCTANCIA ESTOMÁTICA BAJO SEQUÍA



# RESULTADOS Y DISCUSIÓN



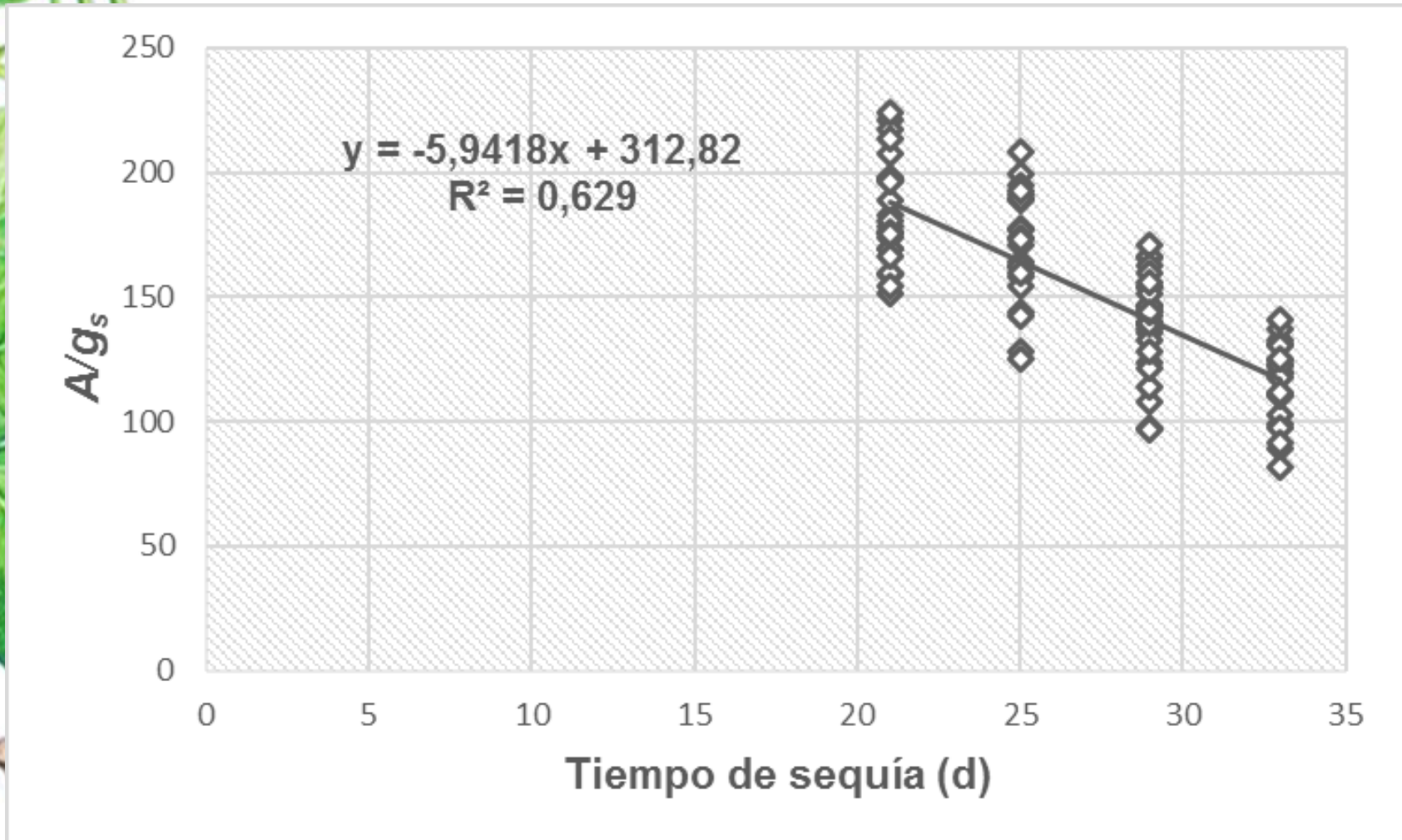
## EFICIENCIA INTRÍNSECA EN EL USO DEL AGUA BAJO SEQUÍA (0-21d)



# RESULTADOS Y DISCUSIÓN



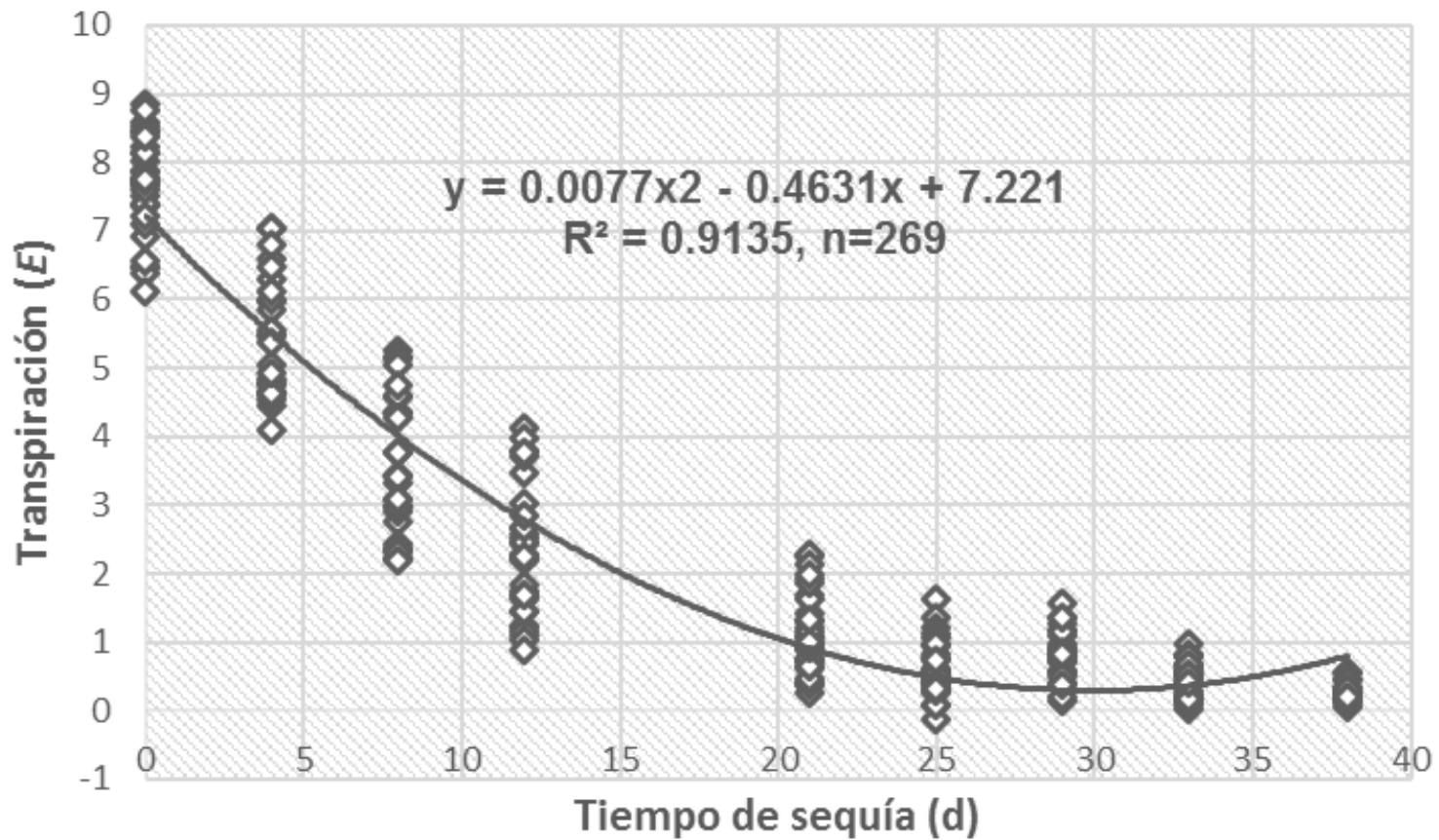
## EFICIENCIA INTRÍNSECA EN EL USO DEL AGUA BAJO SEQUÍA (21-33d)



# RESULTADOS Y DISCUSIÓN



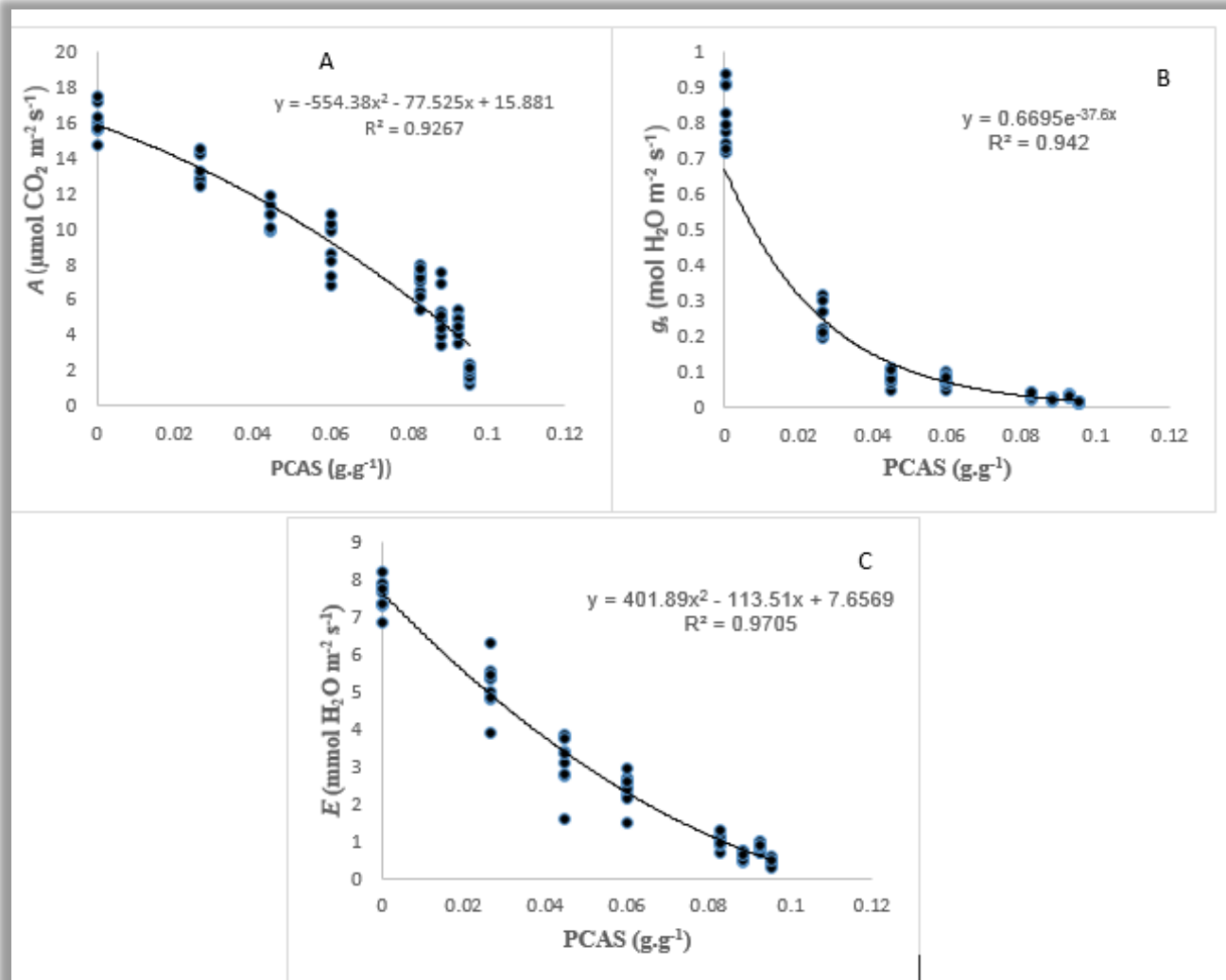
## TRANSPIRACIÓN BAJO SEQUÍA



# RESULTADOS Y DISCUSIÓN



Relación entre la pérdida de contenido de agua del suelo (PCAS) y (A) fotosíntesis neta ( $A$ ), (B) conductancia estomática ( $g_s$ ) y (C) transpiración ( $E$ ) para nueve genotipos de caupí.

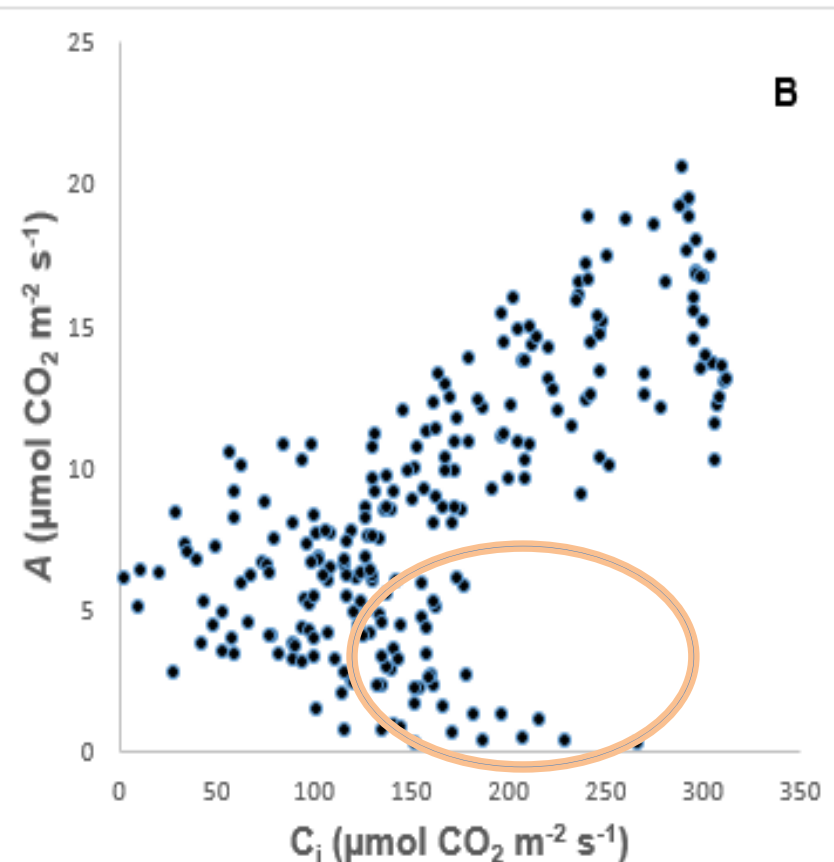
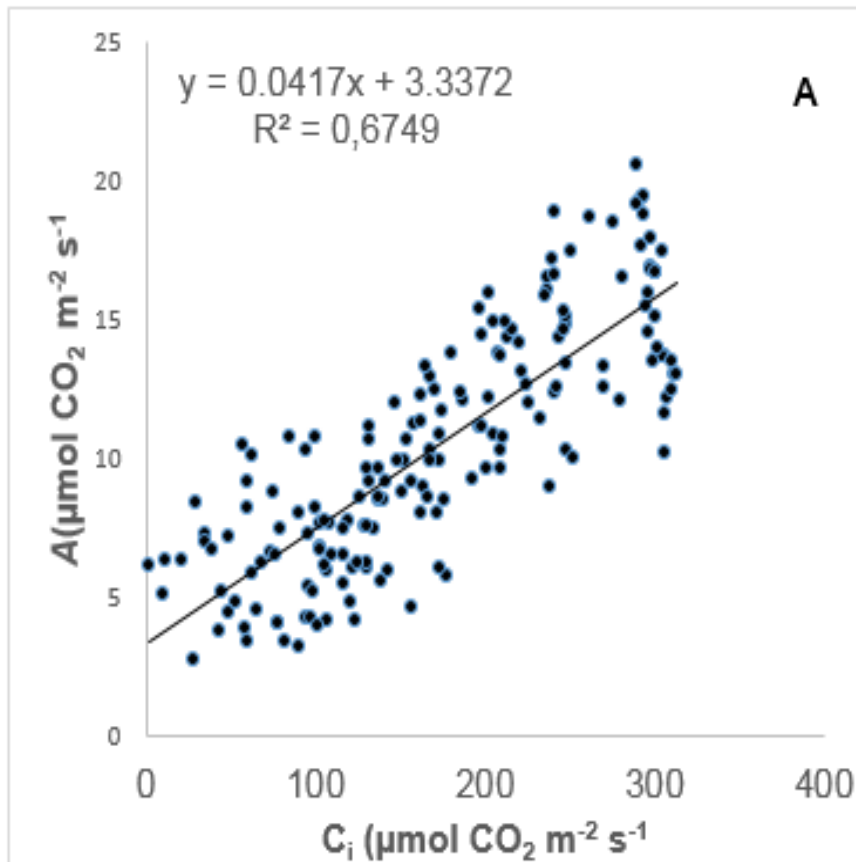




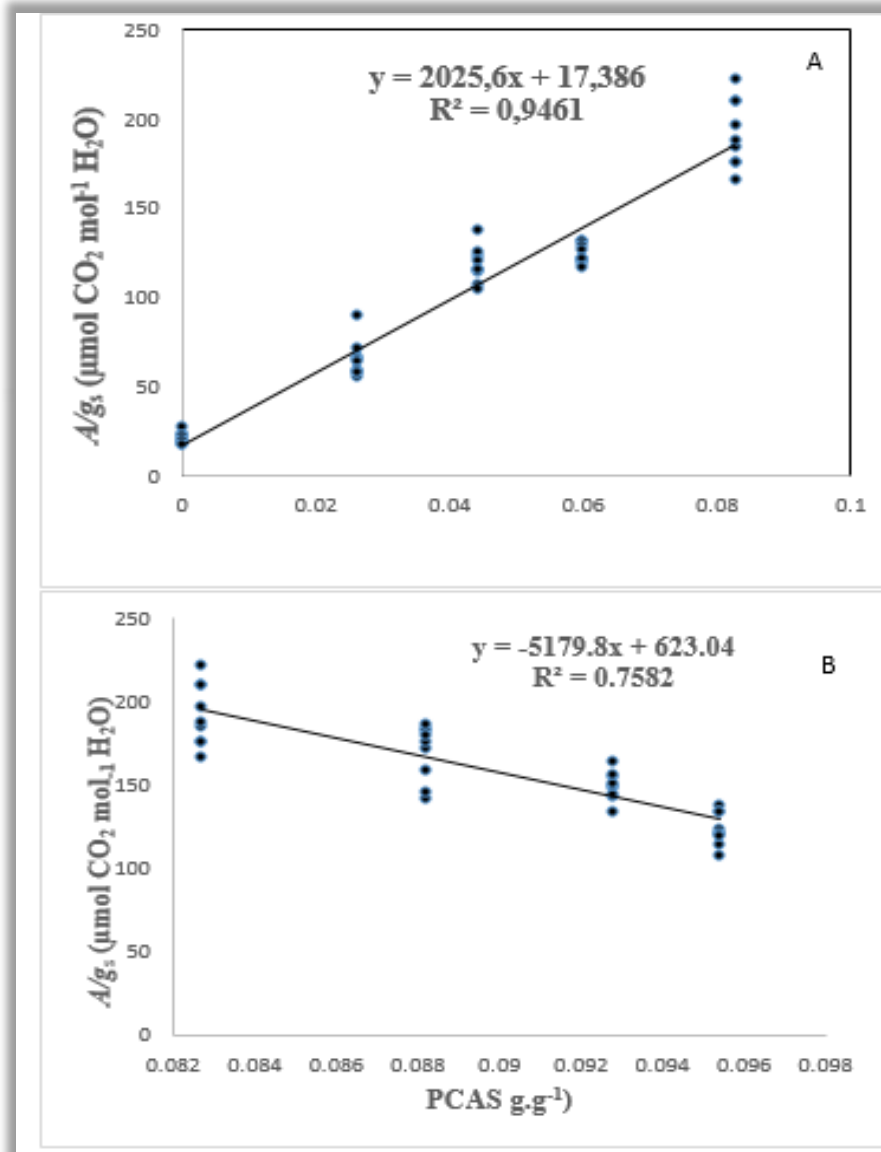
# RESULTADOS Y DISCUSIÓN



A: fotosíntesis neta (A) vs  $C_i$  hasta una PCAS de  $0,0882 \text{ g.g}^{-1}$  y B: entre una PCAS de  $0,0882 \text{ g.g}^{-1}$  y  $0,0954 \text{ g.g}^{-1}$ .



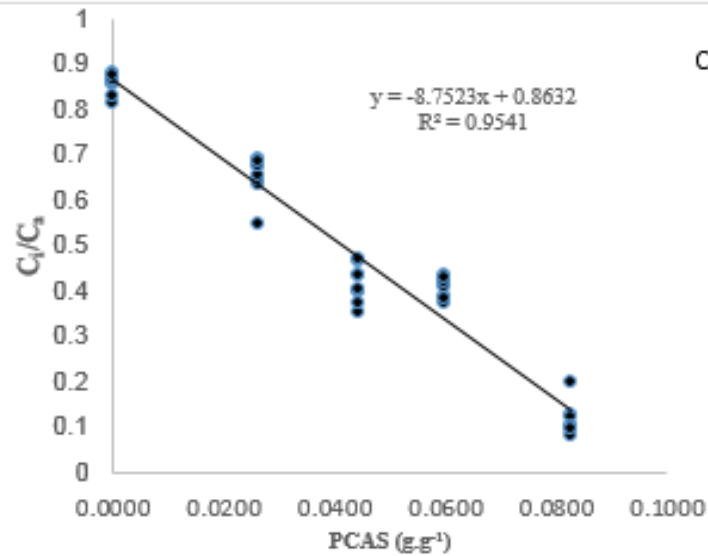
# RESULTADOS Y DISCUSIÓN



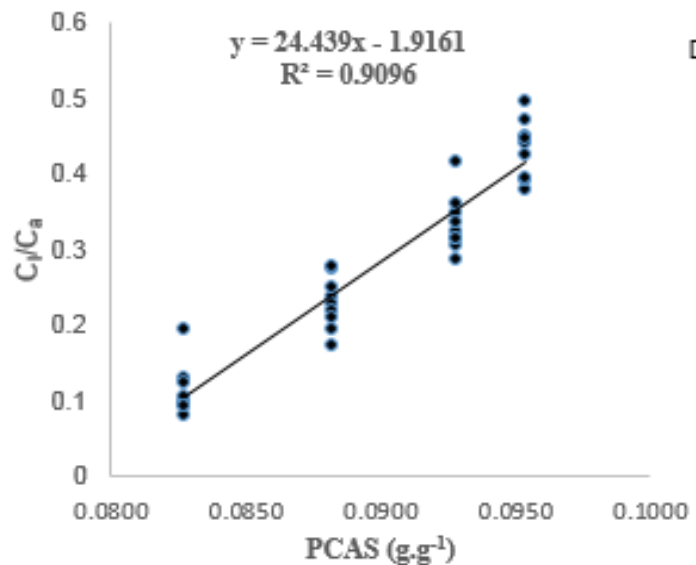
$A/g_s$  vs CAS :  $0,0 \text{ g} \cdot \text{g}^{-1}$   
hasta  $0,0882 \text{ g} \cdot \text{g}^{-1}$

$A/g$  vs PCAS:  $0,0882 \text{ g} \cdot \text{g}^{-1}$   
hasta  $0,0954 \text{ g} \cdot \text{g}^{-1}$

# RESULTADOS Y DISCUSIÓN



**$C_j/C_a$  vs PCAS :**  
**0,0 g.g<sup>-1</sup> hasta 0,0882 g.g<sup>-1</sup>**



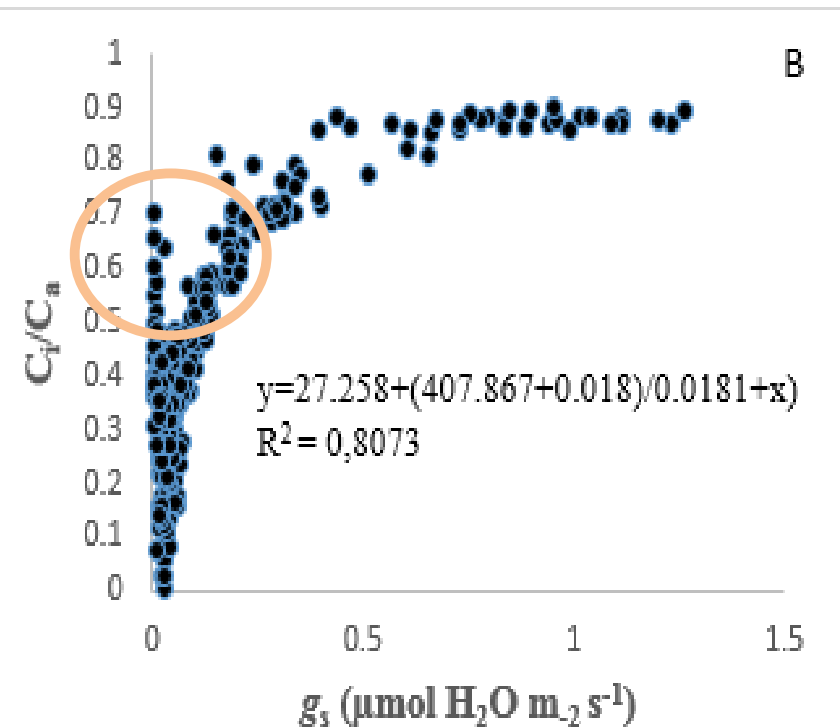
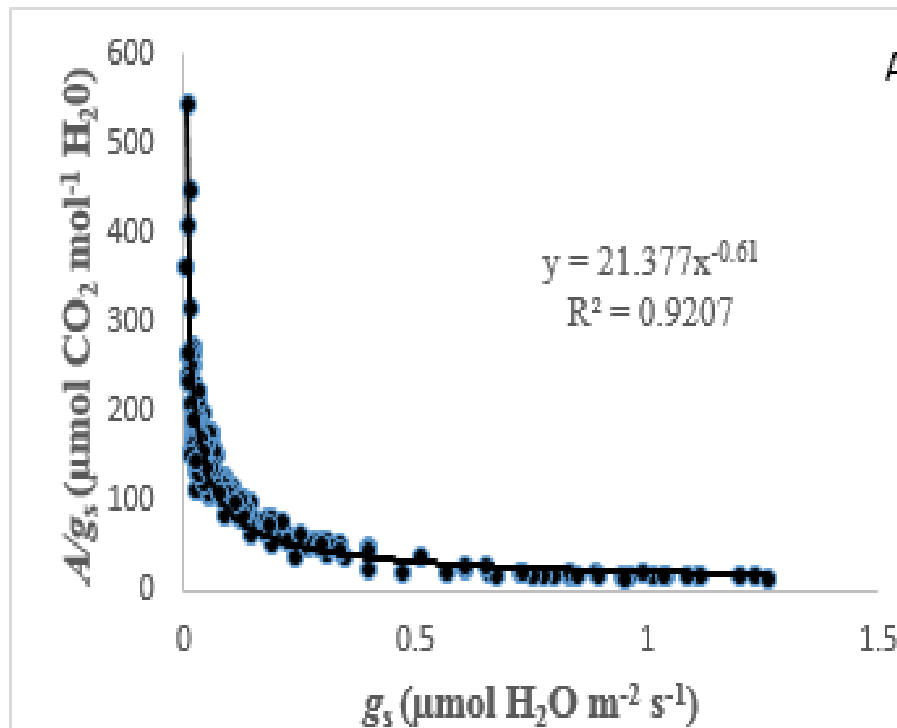
**$C_j/C_a$  vs PCAS :**  
**0,0882 g.g<sup>-1</sup> hasta 0,0954 g.g<sup>-1</sup>**

# RESULTADOS Y DISCUSIÓN



$A/g_s$  vs  $g_s$

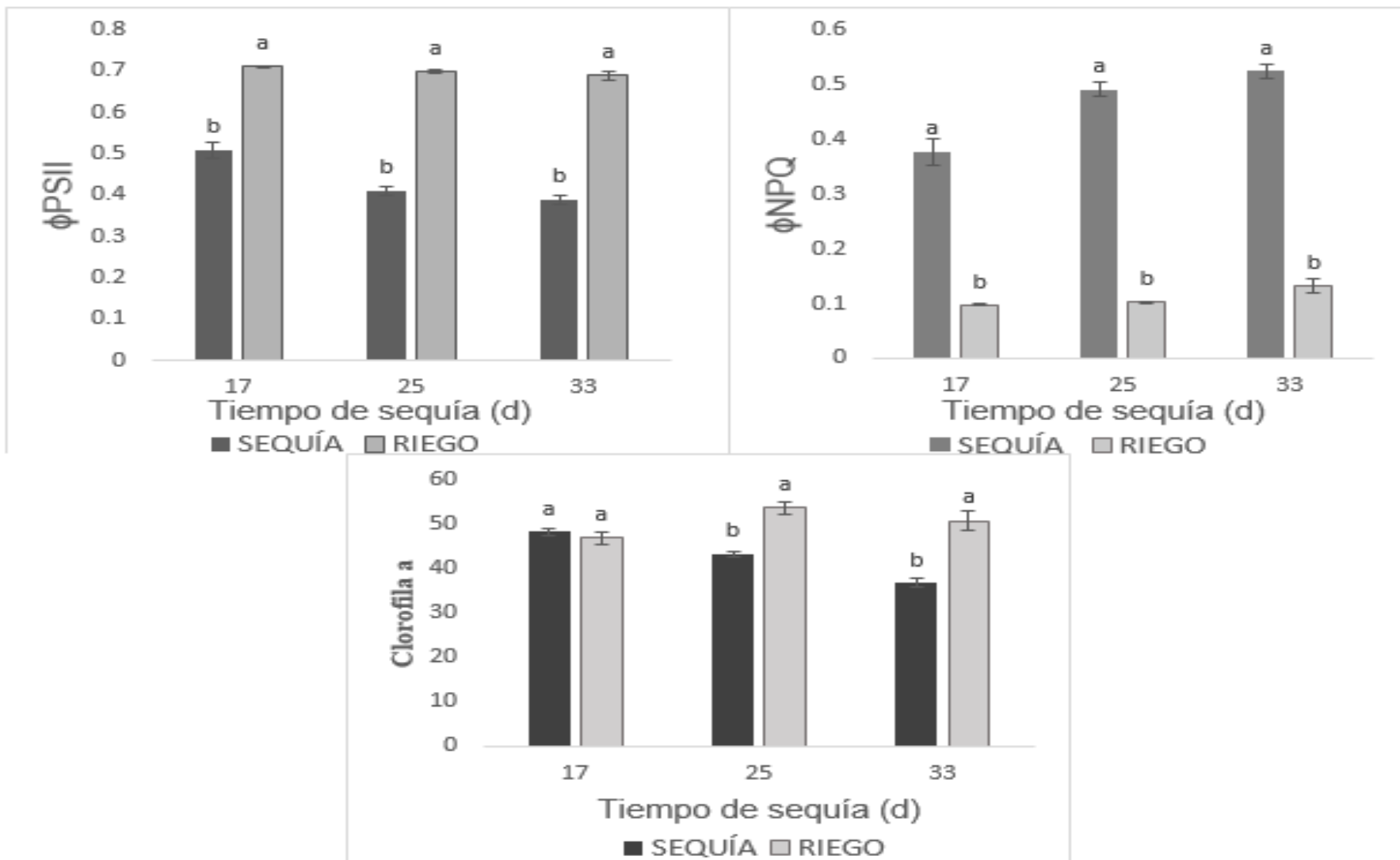
$C_i/C_a$  vs  $g_s$



# RESULTADOS Y DISCUSIÓN



$\phi_{PSII}$ ,  $\phi_{NPQ}$  y clorofila a, a los 17, 25 y 33 días de sequía



# RESULTADOS Y DISCUSIÓN

## ACP y coeficientes de correlación de Pearson

Var	CP1	CP2	BAT	BVEG	ALT	A	$g_s$	E	$A/g_s$
BAT	0,2421	<b>0,5038</b>							
BVEG	0,2354	<b>0,5594</b>	0,9060***						
ALT	0,2793	<b>0,4331</b>	0,7294*	0,8094***					
A	<b>-0,3297</b>	0,3428	-0,1421	-0,0691	-0,1441				
$g_s$	<b>-0,4308</b>	0,1453	-0,3725	-0,3337	-0,4483	0,8114***			
E	<b>-0,3932</b>	0,2930	-0,1480)	-0,0899	-0,3054	0,8685***	0,9514***		
$A/g_s$	<b>0,4218</b>	-0,0696	0,3739	0,4473	0,4839	-0,6403*	-0,9398***	-0,8553***	
A/E	<b>0,4255</b>	-0,1280	0,3200	0,3733	0,4574	-0,7291*	-0,9536***	-0,9088***	0,9827***

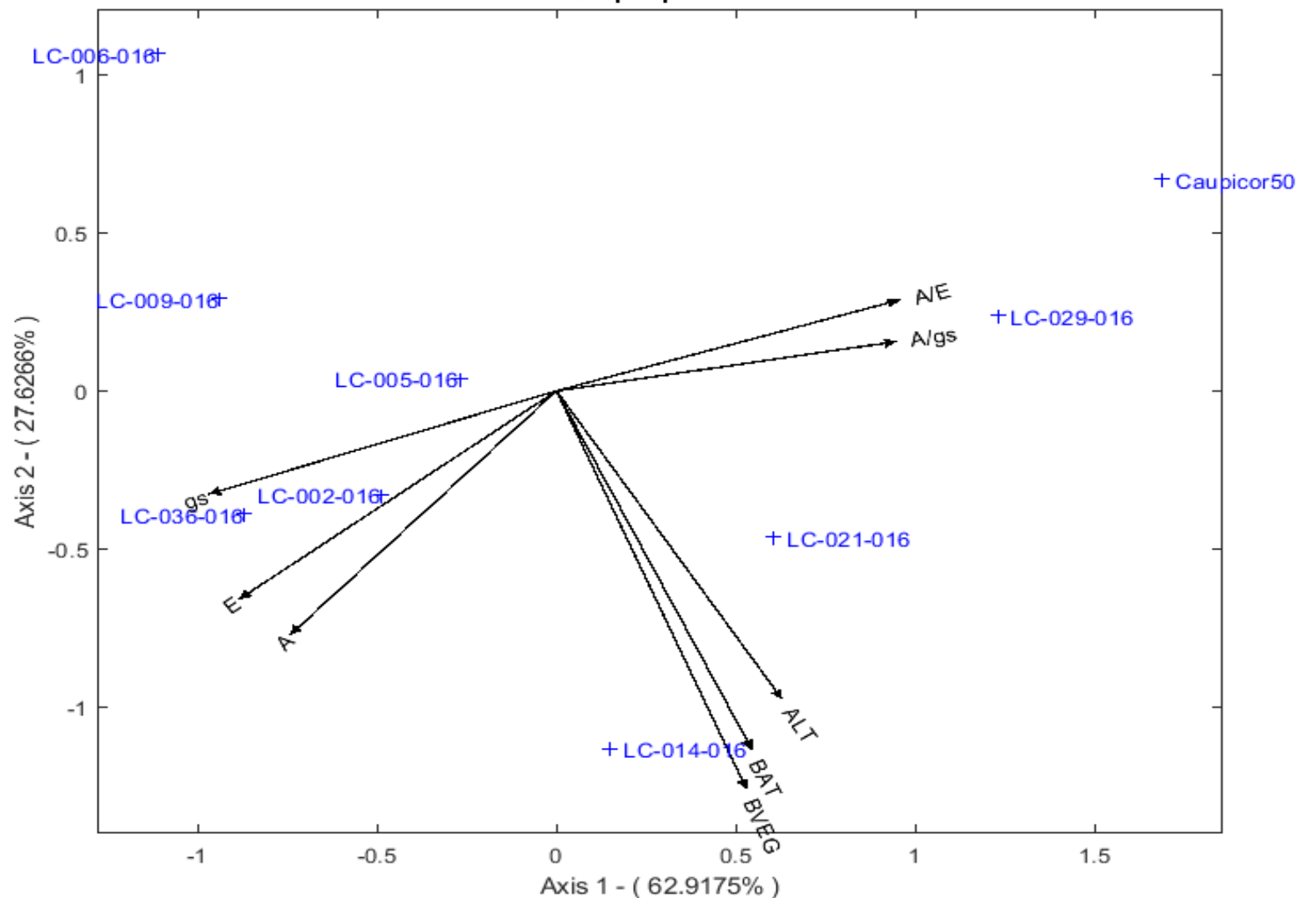
La significancia estadística de cada coeficiente de correlación se interpreta como: \*( $P < 0,05$ ), \*\*( $P < 0,01$ ) y \*\*\*( $P < 0,001$ ).

CP1: Primera componente principal; CP2: Segunda componente principal; BAT: biomasa aérea total; BVEG: biomasa vegetativa; ALT: altura de planta a los 21 días de sequía; A=fotosíntesis neta;  $g_s$ : Conductancia estomática; E=transpiración;  $A/g_s$ : eficiencia intrínseca en el uso del agua; A/E eficiencia en el uso del agua. ALT, A,  $g_s$ , E,  $A/g_s$ , A/E evaluadas a los 21 días de sequía; BAT y BVEG evaluadas al final del ensayo, 38 días de sequía.

# RESULTADOS Y DISCUSIÓN



## ACP - Biplot



# RESULTADOS Y DISCUSIÓN

- La fotosíntesis, conductancia estomática y la transpiración disminuyeron 64,6%, 93,1% y 86,9%, respectivamente, con respecto a las plantas con riego.
- La eficiencia intrínseca en el uso del agua ( $A/g_s$ ) aumentó casi seis veces, pero disminuyó con el incremento de la sequía desde una pérdida de humedad superior a  $0,0827 \text{ g g}^{-1}$  sugiriendo limitación no estomática de la fotosíntesis en concordancia con los aumentos de la proporción de las concentraciones de  $\text{CO}_2$  intercelular y ambiental ( $C_i/C_a$ ) a valores bajos de conductancia estomática ( $g_s$ ).
- El rendimiento cuántico de la fotosíntesis ( $\Phi_{\text{PSII}}$ ) disminuyó 28,4%, 40,3% y 43,5% a los 17, 25 y 33 días de sequía, respectivamente; la fotoprotección indicada por el rendimiento cuántico no fotoquímico ( $\Phi_{\text{NPQ}}$ ) fue 4-5 veces más alta que en las plantas con riego.
- El contenido relativo de clorofila a en unidades SPAD, disminuyó significativamente en la condición de sequía severa, cuando las pérdidas de humedad del suelo fueron mayores que  $0,0827 \text{ g g}^{-1}$ .
- El análisis de componentes principales y el biplot permitió clasificar: a) genotipos caracterizados por alta eficiencia en el uso del agua: LC-02916 y Caupicor-50, b) genotipos con mayor crecimiento y formación de biomasa: LC-2116 y LC-01416, y c) genotipos con mayor fotosíntesis, conductancia estomática y transpiración: LC-03616, LC-00216 y LC-00516.





**GRACIAS**

