

**RIGLOS, M. M. MERCAU, J. L.; MAYER, L. I.; HARO, R.J., SEVERINA, I., CIRILO, A.G.; OTEGUI, M.E. 2019. Eficiencia en el uso del agua del cultivo de soja a través de ambientes con productividad contrastante de Argentina. Congreso Mercosoja 2019. ACSoja, 4 y 5 de Septiembre de 2019, Rosario (S. Fe, Arg.). Resumen.**

## **EFICIENCIA EN EL USO DEL AGUA DEL CULTIVO DE SOJA A TRAVÉS DE AMBIENTES CON PRODUCTIVIDAD CONTRASTANTE DE ARGENTINA**

M.M. Riglos<sup>1</sup>; J.L. Mercou<sup>2</sup>; L.I. Mayer<sup>6</sup>; R.J. Haro<sup>3</sup>; I. Severina<sup>3</sup>; A.G. Cirilo<sup>4</sup>; M.E. Otegui<sup>5</sup>

<sup>1</sup>CONICET-INTA, EEA Villa Mercedes, San Luis. [maxi\\_riglos@hotmail.com](mailto:maxi_riglos@hotmail.com)

<sup>2</sup>INTA, AER San Luis.

<sup>3</sup>INTA, EEA Manfredi, Córdoba.

<sup>4</sup>INTA, EEA Pergamino, Buenos Aires.

<sup>5</sup>CONICET-INTA, EEA Pergamino. Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires.

<sup>6</sup>NIDERA sedes, Desarrollo de productos.

Palabras Clave: *Glycine max L. (Merr)* – Rendimiento en grano – Biomasa total - Eficiencia en el uso del agua – Déficit de presión de vapor

Keywords: *Glycine max L. (Merr)* – Grain yield – Biomass - Water use efficiency – Vapor pressure deficit

### **INTRODUCCION**

El incremento productivo de la Argentina de las últimas décadas respondió fuertemente al aumento en la superficie cultivada, principalmente hacia áreas consideradas marginales, y la sustitución de cultivos invernales por estivales (*estivalización*; Viglizzo et al., 2007). Consecuentemente, la agricultura de secano ha crecido en zonas como la Región Semiárida Central de Argentina (RSCA), donde la incidencia de factores abióticos que limitan o reducen la productividad de los cultivos, tales como el golpe de calor y la sequía, son más probables (Maddonni, 2012; Rattalino Edreira, 2013). Por otra parte, a lo largo de las últimas dos décadas es notoria la inestabilidad entre años de los rendimientos medios de soja en torno a su tendencia incremental (MinAgro, 2019). Dicha inestabilidad se asocia con la variabilidad climática, en gran parte determinada por anomalías en las precipitaciones (Magrin et al., 2005). Se prevé (IPCC, 2007) un incremento de la temperatura, de la frecuencia de eventos extremos y aumentos en el déficit de presión de vapor (DPV) que tendrían un impacto negativo en la producción de los principales cultivos extensivos (Lobell et al. 2014; Ort y Long 2014). En soja, con buena recarga hídrica, el aumento del DPV incrementará la transpiración a menos que se utilicen genotipos con menor aumento de la tasa transpiratoria (que incluso la estabilicen) ante aumentos del DPV por sobre un umbral (Sadok y Sinclair, 2009; Devi et al., 2014). Este rasgo fisiológico reduce la caída del rendimiento en ambientes con condiciones hídricas limitantes, al permitir mantener reservas hídricas para la etapa crítica de definición del rendimiento. La transpiración también se reduce cuando el contenido hídrico del suelo (CHS) cae por debajo de cierto umbral (Ray y Sinclair, 1997). Sin embargo, existe evidencia de un efecto negativo diferencial del déficit hídrico sobre la transpiración (mayor) y la fijación de CO<sub>2</sub> (menor) en ciertos rangos de CHS (Liu et al., 2005), que da lugar a aumentos en la eficiencia en el uso del agua (EUA) transpirada para producir biomasa (EUA<sub>BT,T</sub>). El objetivo del trabajo fue evaluar la variación en productividad y consumo de agua de cultivos de soja conducidos en fechas de siembra (temprana y tardía) y regiones agroclimáticas contrastantes de Argentina (RSCA y Región Subhúmeda) a fin de analizar los efectos del ambiente sobre la EUA.

### **MATERIALES Y METODOS**

Se realizaron ensayos a campo en doce ambientes generados por la combinación de dos campañas (AÑO 1: 2016/2017; AÑO 2: 2017/2018), tres sitios y dos fechas de siembra contrastantes. Los sitios fueron Pergamino bajo riego complementario (PG, Buenos Aires; 33° 56' S, 60° 33' O); Manfredi en secano (MF, Córdoba; 31° 49' S, 63° 46' O) y Villa Mercedes en secano (VM, San Luis; 33° 39' S, 65° 25' O). Las fechas de siembra fueron fin de octubre (FS1) y principios de diciembre (FS2). En cada sitio se utilizó un diseño en bloques con tres repeticiones y unidades experimentales de 60 m<sup>2</sup>. Se sembró siempre la variedad de soja NA 5009 a 25 pl m<sup>-2</sup> (MF y PG) y 20 pl m<sup>-2</sup> (VM).

Se midió: (i) CHS (en mm) hasta 2 m de profundidad a lo largo del ciclo, de forma gravimétrica (VM) o gravimétrica (0-30 cm) + sonda de neutrones (PG y MF); (ii) Evapotranspiración acumulada del cultivo (ETc, mm) por balance hídrico; (iii) Producción de biomasa aérea total acumulada (BT, en g m<sup>-2</sup>) a través de muestreos destructivos; (iv) Rendimiento en grano a madurez (RTO, en g m<sup>-2</sup>) por cosecha de 1 m<sup>2</sup> de una hilera central.

Se calculó: (i) la EUA evapotranspirada para producir BT (EUA<sub>BT,ETc</sub>, g m<sup>-2</sup> mm<sup>-1</sup>), como el cociente entre BT y ETc, (ii) la EUA transpirada para producir biomasa (EUA<sub>BT,T</sub>, g m<sup>-2</sup> mm<sup>-1</sup>), como la pendiente de la regresión lineal entre los valores acumulados de BT y ETc a lo largo del ciclo para condiciones de buena cobertura del suelo (Abbate et al., 2004), (iii) la evaporación del suelo (Es, mm), como la abscisa al origen a partir de la regresión anterior, y (iv) la transpiración del cultivo (T, mm), como la diferencia entre la ETc total y la Es estimada.

## RESULTADOS

Los doce ambientes generados permitieron explorar un rango amplio de ofertas hídricas y regímenes térmicos, que provocaron cambios relevantes en las variables medidas y calculadas (Tabla 1). En general, se obtuvieron mayores niveles de BT y RTO en el AÑO 1 que el AÑO 2, en coincidencia con el mayor nivel de lluvias del primero (datos no mostrados). El consumo de agua (ETc) siguió la misma tendencia, mientras que la EUA<sub>BT,ETc</sub> fue superior el AÑO 1 que el AÑO 2.

**Tabla 1. Valores promedio de las variables medidas en los diferentes ambientes evaluados.**

Variable	Unidades	VILLA MERCEDES				MANFREDI				PERGAMINO			
		AÑO 1 FS 1	AÑO 1 FS 2	AÑO 2 FS 1	AÑO 2 FS 2	AÑO 1 FS 1	AÑO 1 FS 2	AÑO 2 FS 1	AÑO 2 FS 2	AÑO 1 FS 1	AÑO 1 FS 2	AÑO 2 FS 1	AÑO 2 FS 2
BT	g m <sup>-2</sup>	741	733	488	636	1375	1022	834	309	1428	1292	1542	943
RTO	g m <sup>-2</sup>	259	236	93	144	452	484	350	133	447	456	351	243
ETc	mm	481	450	467	399	479	453	488	293	519	414	484	356
T	mm	264	362	353	314	411	266	344	276	480	360	424	308
Es	mm	217,1	87,9	113,7	85,3	67,9	187,5	143,9	16,8	39,0	54,0	60,2	48,2
EUA <sub>BT,ETc</sub>	g m <sup>-2</sup> mm <sup>-1</sup>	1,54	1,63	1,04	1,59	2,87	2,26	1,71	1,05	2,75	3,12	3,19	2,65
EUA <sub>BT,T</sub>	g m <sup>-2</sup> mm <sup>-1</sup>	2,81	2,02	1,38	2,03	3,34	3,85	2,42	1,12	2,98	3,59	3,64	3,06

BT, Biomasa total aérea a madurez; Es, evaporación del suelo; ETc, evapotranspiración del cultivo; EUA<sub>BT,ETc</sub>, eficiencia para producir biomasa en el uso del agua evapotranspirada; EUA<sub>BT,T</sub>, eficiencia para producir biomasa en el uso del agua transpirada; FS, fecha de siembra; RTO, rendimiento en grano; T, transpiración.

Comparando ambas fechas de siembra, los valores de BT y ETc fueron superiores para la siembra FS1 que para la FS2. Para el RTO, sin embargo, la FS temprana superó a la tardía en PG y MF pero fue inferior en VM. Los valores de BT (1301>885>649 g m<sup>-2</sup>) y EUA<sub>BT,ETc</sub> (2,92>1,97>1,45 g m<sup>-2</sup> mm<sup>-1</sup>) descendieron en sentido Este-Oeste (PG>MF>VM), siguiendo el patrón de las precipitaciones medias (1030 mm PG>790 mm MF> 700 mm VM). Sin embargo, la ETc (mm) promedio fue mayor en VM y PG (≈445 mm) que en MF (428 mm).

La Es (Tabla 1) promedio fue siempre mayor en VM (126 mm) que en MF (104 mm) y PG (50 mm). Los valores de T promedio, en cambio, no difirieron entre VM y MF (323 mm), pero PG presentó los valores más altos (392 mm). Existió una relación estrecha entre la BT y los valores de ETc y T en todos los ambientes evaluados (Fig. 1). La  $EUA_{BT,T}$  varió entre años (AÑO 1 > AÑO 2), pero las FSs tuvieron un comportamiento opuesto en cada año, siendo  $FS1 < FS2$  ( $3.04$  y  $3.15$   $g\ m^{-2}\ mm^{-1}$ ) en el AÑO 1 y  $FS1 > FS2$  ( $2.48$  y  $2.06$   $g\ m^{-2}\ mm^{-1}$ ) en el AÑO 2 más seco. En promedio a través de años y FSs, las  $EUA_{BT,T}$  calculadas fueron siempre menores en VM (Fig. 1 y Tabla 1) que en MF y PG. Los resultados obtenidos destacan diferencias en la partición de la ETc, siendo mayor la componente evaporativa (Es) en VM (28%) y MF (24%) que en PG (11%).

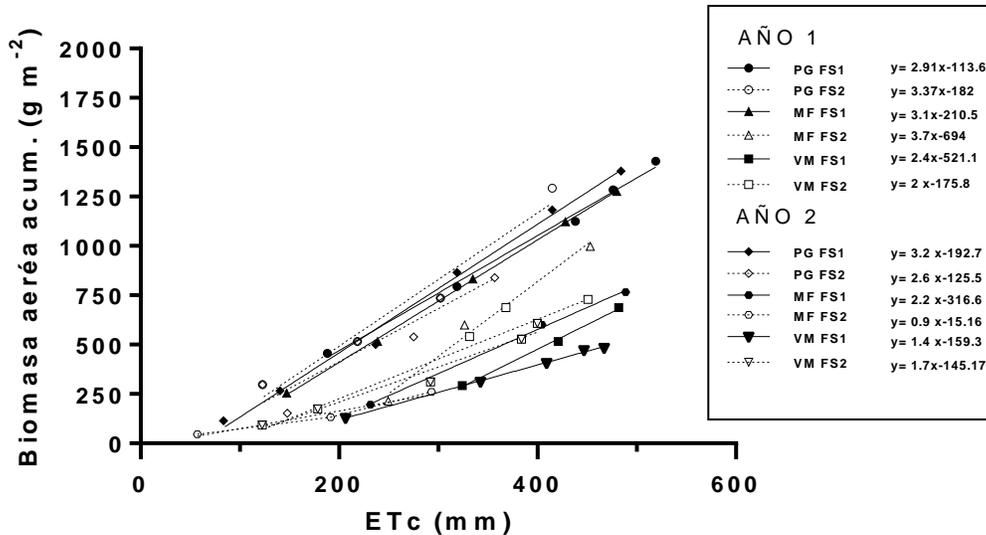


Figura 1: Respuesta de la producción de biomasa aérea a la evapotranspiración (ETc) en tres sitios (VM, MF y PG) y dos fechas de siembra (FS1 y FS2). Las pendientes de los modelos ajustados estiman la EUA transpirada ( $EUA_{BT,T}$ ).

La  $EUA_{BT,T}$  disminuyó con el aumento del DPV, estimándose una  $EUA_{BT,T}$  potencial de  $5.61$   $g\ m^{-2}\ mm^{-1}$  (Fig. 2). En PG y MF, las FS tardías superaron a las FS tempranas el AÑO 1, mientras que la respuesta fue opuesta durante el AÑO 2 debido a la prolongada sequía registrada en los meses de enero, febrero y marzo. En VM se registró el patrón opuesto al descrito para PG y MF.

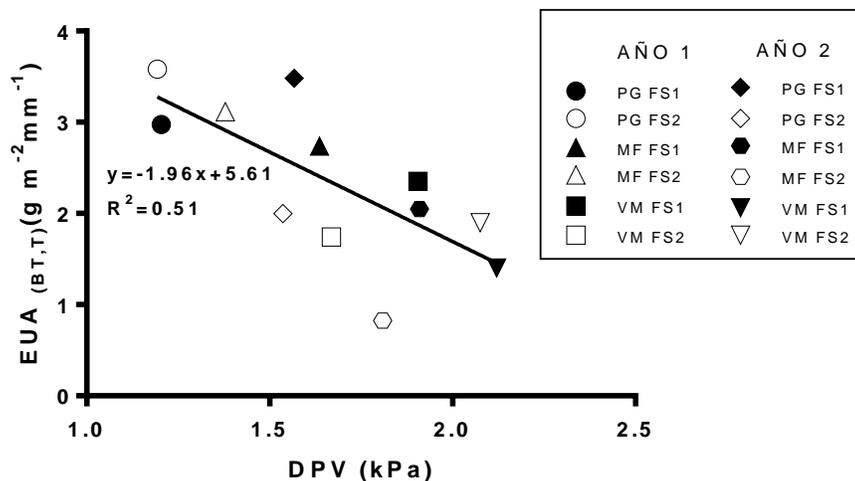


Figura 2. Relación entre la eficiencia en el uso de agua transpirada ( $E_{AU_{BT,T}}$ ) y el déficit de presión de vapor (DPV) promedio durante la estación de crecimiento para periodos de cobertura > 90%.

## CONCLUSIONES

Considerando los tres sitios de estudio, se verificó que VM es la localidad con (i) mayor proporción de consumo de agua improductiva (i.e. máxima fracción  $E_s/ET_c$ ), y (ii) mínima eficiencia transpiratoria ( $E_{AU_{BT,T}}$ ).

La relación entre la  $E_{AU}$  y el DPV, evaluada para el cultivo de soja en sitios agroclimáticamente contrastantes, permitió establecer que en el sitio del área sub-húmeda (PG) se obtienen valores de  $E_{AU_{BT,T}}$  cercanos al potencial, mientras que los de la RSCA (MF y VM) estarían siempre afectados por un DPV muy elevado en la estación de crecimiento. Los resultados obtenidos enfatizan la importancia del ambiente sobre la productividad del agua, particularmente en aquellos caracterizados por altas demandas evaporativas y mayor ocurrencia de deficiencias hídricas. El efecto interanual sobre el DPV (AÑO 2 > AÑO 1) fue más importante que el provocado por las fechas de siembra. El efecto de la fecha de siembra sobre el DPV fue mínimo en el ambiente sub-húmedo (PG) y mayor en el semiárido (MF y VM).

Sería importante considerar diferencias genotípicas en la respuesta de la T al DPV (Devi et al., 2014) entre los cvs locales (i.e., fenotipo *slow wilting*) como estrategia para mejorar el desempeño del cultivo de soja en la RSCA. En principio significaría transferir agua hacia etapas más avanzadas del ciclo, importante en años *Niñas*, pero al mismo tiempo implica reducir la capacidad de refrigeración del canopeo, crítico en ambientes con alto riesgo de golpe de calor.

## BIBLIOGRAFIA

- ABBATE, P. E., DARDANELLI, J. L., CANTARERO, M. G., MATURANO, M., MELCHIORI, R. J. M., y SUERO, E. E. 2004. Climatic and water availability effects on water-use efficiency in wheat. *Crop Science*, 44(2), 474-483.
- DEVI, J. M., SINCLAIR, T. R., CHEN, P., y CARTER, T. E. 2014. Evaluation of elite southern maturity soybean breeding lines for drought-tolerant traits. *Agronomy Journal*, 106(6), 1947-1954.
- IPCC 2007. CLIMATE CHANGE. 2007: the physical science basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge.
- LIU, F., ANDERSEN, M. N., JACOBSEN, S. E., y JENSEN, C. R. 2005. Stomatal control and water use efficiency of soybean (*Glycine max* L. Merr.) during progressive soil drying. *Environmental and Experimental Botany*, 54(1), 33-40.
- LOBELL, D. B., ROBERTS, M. J., SCHLENKER, W., BRAUN, N., LITTLE, B. B., REJESUS, R. M., y HAMMER, G. L. 2014. Greater sensitivity to drought accompanies maize yield increase in the US Midwest. *Science*, 344(6183), 516-519.
- MADDONNI, G. 2012. Analysis of the climatic constraints to maize production in the current agricultural region of Argentina—a probabilistic approach. *Theoretical and Applied Climatology* 107, 325-345.
- MAGRIN, G. O., TRAVASSO, M. I., y RODRÍGUEZ, G. R. 2005. Changes in climate and crop production during the 20th century in Argentina. *Climatic change*, 72(1-2), 229-249.
- MINAGRO 2019. Secretaria de Agroindustria. Presidencia de la Nación. Datos Abiertos Agroindustria.
- ORT, D. R., y LONG, S. P. 2014. Limits on yields in the corn belt. *Science*, 344(6183), 484-485.
- RATTALINO EDREIRA, J.I. 2013. Estrés por golpe de calor en maíz: Diferencias en las respuestas ecofisiológicas entre genotipos templados y tropicales. Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires, Tesis doctoral. p. 138.
- RAY, J.D., y SINCLAIR, T.R. 1997. Stomatal closure of maize hybrids in response to drying soil. *Crop Science*, 37:803-807.
- SADOK, W., y SINCLAIR, T. R. 2009. Genetic variability of transpiration response to vapor pressure deficit among soybean cultivars. *Crop Science*, 49(3), 955-960.
- VIGLIZZO, E. 2007. Producción agropecuaria y medio ambiente. Propuestas compartidas para su sustentabilidad. ISBN 978-950-9427-17-4. Fundación Vida Silvestre, Argentina, 55 pp.