

02

Análisis genotipo-ambiente de cultivares comerciales de girasol en el noroeste de Buenos Aires

MATÍAS DOMÍNGUEZ^{1,*}

GONZALO PÉREZ²,

JAVIER LAVANDERA¹,

PAMELA GILES GARCIA²

Y CAROLINA ESTELRRICH²

¹ Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Estación Experimental Agropecuaria Pergamino. Sección Girasol. (Argentina)

² Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Estación Experimental Agropecuaria Pergamino. Agencia de Extensión Rural Bolívar. (Argentina)

* dominguez.matias@inta.gob.ar

El análisis de la interacción genotipo por ambiente de los híbridos comerciales que se encuentran disponibles actualmente en el mercado de semillas de girasol resulta fundamental para identificar los cultivares de mayor estabilidad y adaptabilidad a la región del noroeste de Buenos Aires.

Palabras clave: Estabilidad, Rendimiento, Aceite, Híbridos.

Introducción

El cultivo de girasol dada sus características de adaptabilidad y tolerancia a condiciones de estrés hídrico viene recobrando protagonismo en el noroeste de la provincia de Buenos Aires. En el caso del oeste de Buenos Aires, más allá de algunos vaivenes, no dejó de estar presente en las rotaciones como una interesante alternativa. Asimismo, las sequías que se presentaron en las últimas campañas y la irrupción del achaparramiento del maíz transmitido por *Dalbulus maidis* potencian la necesidad de explorar otras opciones y diversificar el riesgo incluyendo otros cultivos en la rotación.

El análisis de la interacción genotipo por ambiente es una estrategia de análisis que ha sido ampliamente explorada por diversos autores, incluyendo genetistas cuantitativos, mejoradores, estadísticos entre otros, con el objetivo de poder modelar esta interacción y permitir su utilización para la identificación de aquellos cultivares que tengan una mayor adaptabilidad, superioridad y estabilidad en diferentes ambientes (De La Vega *et al.*, 2002). Existen diferentes métodos para estudiar la interacción genotipo-ambiente, podemos nombrar entre ellos la regresión conjunta propuesta de Finlay-Wilkinson, los modelos AMMI, GGE y el análisis de estabilidad (Van Eeuwijk *et al.*, 2016). Dentro de este último, se han reportado numerosos índices que pueden implementarse, entre los cuales podemos mencionar el índice de superioridad de Lin & Bins (Lin & Binns, 1988), el índice de estabilidad de Shukla (Shukla, 1972) y el índice de ecovalencia de Wricke (Wricke, 1962).

En este trabajo se presenta el análisis de interacción genotipo por ambiente de 46 híbridos comerciales de girasol en Bolívar y Arroyo Dulce, dos localidades del noroeste de Buenos Aires, con el objetivo de identificar híbridos con estabilidad y adaptabilidad a la región.

Materiales y Métodos

Los experimentos se realizaron durante la campaña 2023/24 en las localidades de Arroyo Dulce (34° 08' 34.2" S, 60° 23' 43.0" O), partido de Salto a 25 km de la Experimental del INTA Pergamino en un lote de un productor y en la localidad de Bolívar en el campo experimental Barnetche (36° 13' 09"S, 61° 09' 44" O). Para la localidad de Arroyo Dulce el cultivo antecesor fue maíz. Se realizó un barbecho químico para control de malezas aplicando 2 l/ha de Glifosato (66,2 %), 0,8 l/ha de 2.4D (98 %). En presembrado se aplicó 2,5 l/ha de Paraquat, 0,4 l/ha de Sulfentrazone, 1 l/ha de S-Metolaclo y 0,25 l/ha de aceite como coadyuvante. Para la localidad de Bolívar, el antecesor fue trigo-soja 2°. Se aplicaron 2 l/ha de Glifosato + 0,5 l/ha de 2,4 D + 0,1 l/ha de Flumioxazin como barbecho químico y en preemergencia 2 l/ha de Glifosato + 0,5 l/ha de 2,4 D + 0,2 l/ha de Sulfentrazone + 1,5 l/ha de acetoclor. La

fertilización en ese momento fue de 100 kg/ha con Fosfato Monoamónico (N:11%; P2O5:52%) y posteriormente, en el estadio V2 se aplicó Urea (N:46%) al voleo a razón de 200 kg/ha.

En la localidad de Arroyo Dulce, la fecha de siembra fue el 8 de noviembre de 2023 sobre un suelo clasificado como Argiudol típico, en siembra directa con una densidad de 45.000 plantas/ha y con una distancia entre surcos de 0,52 m. El diseño experimental fue de bloques incompletos con 3 repeticiones y el tamaño de las unidades experimentales fueron parcelas de 5 m de longitud por 4 surcos. La cosecha se realizó manualmente el día 19 de marzo de 2024 recolectando los capítulos presentes en un área de 5,2 m² y posteriormente se trillaron con una trilladora estática. Las precipitaciones para los meses de noviembre, diciembre, enero, febrero y marzo fueron

de 80, 155, 85, 110 y 223 mm respectivamente. Si bien las condiciones hídricas fueron mejores a las de la campaña 2022/23, las precipitaciones de los meses de noviembre y enero estuvieron por debajo del promedio histórico. En relación a las temperaturas, durante los últimos días de enero y los primeros días de febrero se registraron temperaturas extremas que pudieron afectar el llenado de granos por parte del cultivo.

En la localidad de Bolívar, la fecha de siembra fue el 10 de octubre de 2023, en siembra directa con una densidad de 55.000 plantas/ha y con una distancia entre surcos de 0,52 m. El diseño experimental fue de bloques incompletos con 3 repeticiones y el tamaño de las unidades experimentales fueron parcelas de 5 m de longitud por 4 surcos. La cosecha se realizó manualmente el día 6 de marzo de 2024 recolectando los capítulos presentes en un área de 5,2 m² y posteriormente se trillaron con una trilladora estática. El análisis de suelo (0-20 cm) a la siembra mostró un moderado contenido de fósforo y nitrógeno, y un buen contenido de materia orgánica [pH agua: 5,8; Pe: 13,3 (kg/ha); N: 35 (kg/ha); materia orgánica: 3 %]. A la siembra del cultivo, el suelo contaba con 85 mm de agua útil (0-2 m), siendo este valor un 50% de la capacidad de almacenamiento de agua útil del sitio donde se realizó el experimento. Las lluvias de octubre

a marzo fueron superiores al promedio histórico en 151 mm. En noviembre, diciembre, febrero y marzo resultaron superiores al registro histórico y considerablemente inferiores durante el mes de enero.

Se evaluaron los mismos 46 híbridos comerciales en ambas localidades, representando la mayor parte de los híbridos comerciales disponibles actualmente en el mercado, incluyendo híbridos CL, convencionales, linoleico y alto oleico. Las variables evaluadas fueron los días a floración, altura de la planta, rendimiento de granos ajustado a una humedad del 11%, contenido de aceite por RMN (Resonancia Magnética Nuclear) y rendimiento ajustado por aceite (RENSA).

Para estudiar la interacción genotipo-ambiente empleamos la variable RNSA, permitiendo integrar los dos factores más importantes al momento de evaluar genotipos de girasol como lo es el rendimiento de grano y el contenido de aceite. Se implementó el análisis de regresión de Finlay & Wilkinson utilizando el paquete de R statgenGxE. Asimismo, se realizó un análisis de estabilidad para poder identificar los híbridos de girasol con mayor estabilidad y adaptabilidad a la región del noroeste de Buenos Aires utilizando el paquete de R statgenGxE. Se calcularon tres índices diferente, entre ellos el índice de superioridad de Lin & Bins, el índice de estabilidad de Shukla y el índice de ecovalencia de Wricke.

Resultados y Discusión

La comparación entre las medias obtenidas para cada una de las variables nos permite ver que las condiciones fueron mejores para la localidad de Bolívar, en la cual se pueden notar mayores valores medios para los caracteres de altura, días a floración, RNSH y RNSA (Figura 1). Por su parte, el contenido porcentual de aceite fue similar para ambas localidades, incluso se obtuvieron valores levemente superiores en Arroyo Dulce. Las diferencias

de rendimiento alcanzado por ambas localidades pueden ser explicadas por las diferencias en la fecha de siembra, ya que, debido a mejores condiciones hídricas, el experimento realizado en Bolívar fue sembrado aproximadamente un mes antes que en la localidad de Arroyo Dulce. Esto les permitió a los híbridos prolongar la fase de crecimiento, además de que el periodo crítico para la localidad de Arroyo Dulce se desarrolló en condiciones de temperaturas

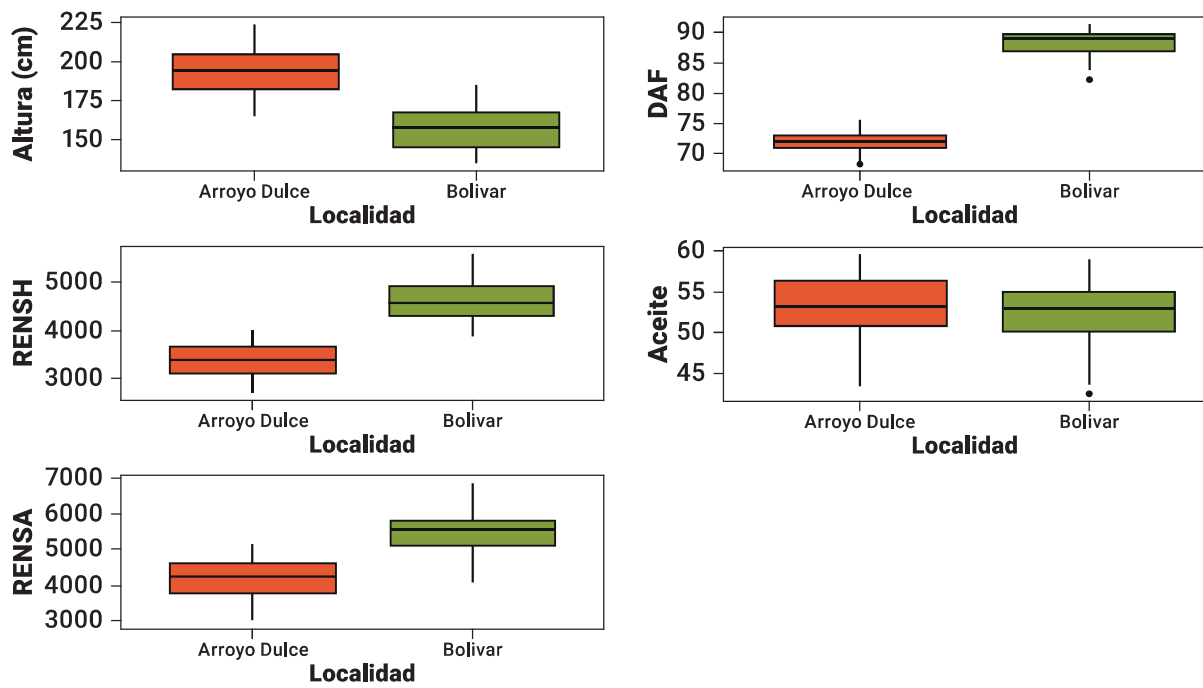


Figura 1. Comparación de medias para las variables altura, días a floración (DAF), rendimiento de grano (RENSH), aceite y rendimiento ajustado por aceite (RENSA).

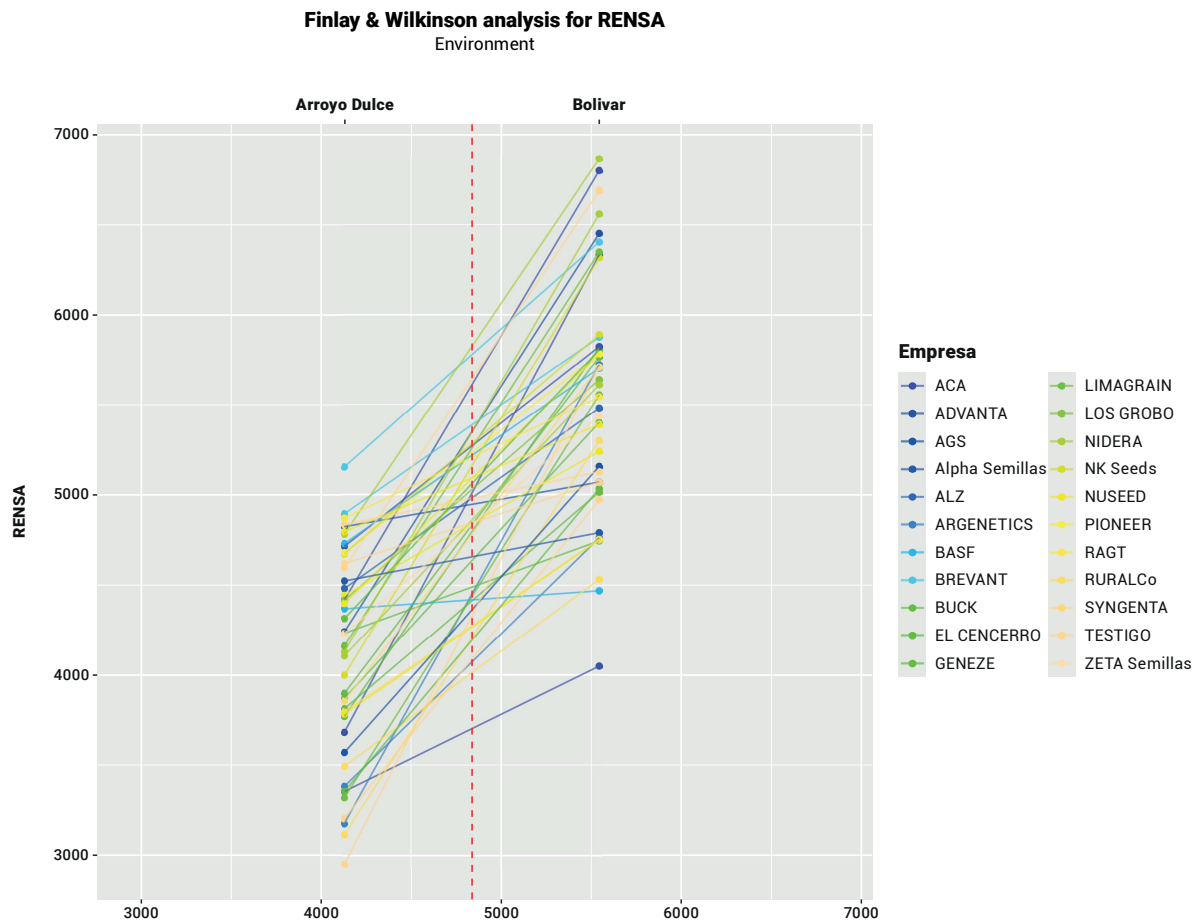


Figura 2. Análisis de regresión conjunta de Finlay & Wilkinson para los 46 híbridos estudiados en las localidades de Arroyo Dulce y Bolívar. Los híbridos se identifican con distintos colores acorde a la empresa semillera que lo comercializa.

extremas provocadas durante los últimos días de enero y primeros días de febrero que pudieron afectar negativamente esta etapa.

El análisis de regresión de Finlay & Wilkinson permitió determinar distintos tipos de interacción genotipo por ambiente para la variable RENSA, denotándose genotipos que mostraron interacción de tipo cuantitativa y de tipo cualitativa o cruzada, siendo ésta última cuando hay cambios de ranking entre genotipos. En la Figura 2 puede verse los resultados del análisis de regresión de Finlay & Wilkinson, en el eje de las abscisas se muestra el índice ambiental

creado a través de los valores medios de todos los genotipos en cada uno de los ambientes. En el eje de las ordenadas se presenta el valor de la variable RENSA en Kg/ha que obtuvo específicamente cada genotipo en los dos ambientes estudiados.

El análisis de estabilidad nos permitió en función del índice que se considere integrar la performance de cada híbrido y la sensibilidad a las condiciones que se dieron en las localidades estudiadas. En la Tabla 1 se presentan el ranking de los mejores cinco híbridos para la variable RENSA de acuerdo a los tres índices de estabilidad utilizados.

Tabla 1. Ranking de los cinco híbridos que alcanzaron los mejores valores de los índices de superioridad de Lin & Bins, de estabilidad de Shukla y de ecovalencia de Wricke para la variable RENSA.

RENSA								
Híbrido	Media	Sup.	Híbrido	Media	Shukla	Híbrido	Media	Wricke
NS 1113 CL	5823	34277	InSun 4B 2210 CL.	4419	4972	NUSOL 4180 CL Plus	5089	504
BRV 4225 CL	5778	53248	ADV 5310 CL	4946	30174	Argensol 78 CL	4071	556
Testigo 2	5642	85377	TAU 1812	4656	35484	PLYUS 59	5060	2899
ACA 220 CLDM	5608	135949	Testigo 1	4980	42647	NS 1227 CLHO	4858	4105
ADV 5407 CL	5346	250289	Testigo 3	4844	100648	BUCK 363CL	4634	6638

El índice de superioridad es una función de la suma de las diferencias al cuadrado entre la media de un cultivar y la media del mejor cultivar, siendo la suma a través de ambientes. Los híbridos con los valores menores de superioridad tienden a estar más cerca del mejor genotipo en cada ambiente. El índice de Shukla se define como la varianza en torno a la media fenotípica del genotipo en todos los ambientes, por lo que proporciona una medida de la consistencia del genotipo, sin tener en cuenta la performance. El índice de ecovalencia de Wricke es la contribución de cada genotipo a la suma de cuadrados de la interacción genotipo-ambiente. Un valor bajo indica que el genotipo responde de forma consistente a los cambios del ambiente.

Conclusiones

El trabajo muestra la importancia que tiene la interacción del genotipo-ambiente en el cultivo de girasol y la necesidad de continuar generando información para las distintas zonas donde el cultivo se encuentra en las rotaciones o bien comienza a introducirse. Asimismo, los resultados permitieron identificar híbridos superiores y estables para la zona del noroeste de Buenos Aires. La comparación realizada entre los diferentes índices de estabilidad abordados en este trabajo da cuenta de la importancia del entendimiento de la forma de cálculo de los mismos y el tipo de información que proporcionan, para poder utilizarlos como insumo al momento de la selección de genotipos.

Bibliografía

De La Vega, A. J.; Hall, A. J.; Kroonenberg, P. M. 2002. *Investigating the physiological bases of predictable and unpredictable genotype by environment interactions using three-mode pattern analysis*. En: *Field Crop Research* 78:165–183.

Lin, C. S.; Binns, M. R. 1988. *A superiority measure of cultivar performance for cultivar x location data*. En: *Canadian Journal of Plant Science* 68:193–198.

Shukla, G. K. 1972. *Some Statistical Aspects of Partitioning Genotype-Environmental Components of Variability*. En: *Heredity* 29(2):237–245.

Van Eeuwijk, F. A.; Bustos-Korts, D. V.; Malosetti, M. 2016. *What should students in plant breeding know about the statistical aspects of genotype x Environment interactions?* En: *Crop Science* 56(5):2119–2140.

Wricke, G. 1962. *Evaluation Method for Recording Ecological Differences in Field Trials*. En: *Z Pflanzenzücht* 47:92–96.