

## Rendimiento y estabilidad de variedades de cártamo (*Carthamus tinctorius* L.) en la Región Pampeana Semiárida

### Yield and stability of safflower varieties (*Carthamus tinctorius* L.) in the Semiarid Pampean Region

Mirassón HR<sup>1</sup>, IR Palomo<sup>2</sup>, RE Brevedan<sup>2</sup>, MN Fioretti<sup>2</sup>

**Resumen.** El cultivo de cártamo se realiza actualmente en el noroeste de la Argentina, aunque el área más apta para el mismo es la Región Pampeana Central Semiárida. Se estudió el comportamiento de diferentes variedades en distintos ambientes para determinar aquellas capaces de producir un rendimiento más estable y productivo, para ser utilizadas en programas de difusión del cultivo en esa región. A tal fin se efectuaron seis ensayos comparativos de rendimiento en dos localidades: Santa Rosa (La Pampa, 36° 39' S, 64° 16' O) y Tres Picos (Buenos Aires, 38° 16' S, 62° 13' O), durante varios años. Para el estudio de la estabilidad del rendimiento se utilizó el análisis de los rendimientos relativos. Las variedades S-541, S-200 y S-400 fueron las más estables y las de mayor rendimiento en grano y aceite.

**Palabras clave:** Cártamo; Estabilidad; Región Semiárida; Rendimiento.

**Abstract.** Safflower production is mainly concentrated in north-western Argentina although the most suitable area for its production is the central, Semiarid Pampean Region. The response of different varieties able to produce high sustainable yields was studied under different environments, with the idea of promoting these varieties in the study region. Six variety trials were carried out at two locations in the study area, Santa Rosa (La Pampa, 36° 39' S, 64° 16' W) and Tres Picos (Buenos Aires, 38° 16' S, 62° 13' W), during several years. Relative yield was used as a measure of safflower stability. Varieties S-541, S-200 and S-400 were the most stable and showed the highest grain and oil yields.

**Keywords:** Safflower; Stability; Semiarid Region; Yield.

<sup>1</sup>Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de La Pampa, C.P. 6300, Santa Rosa, La Pampa, Argentina.

<sup>2</sup>Departamento de Agronomía, Universidad Nacional del Sur y CERZOS, CONICET, 8000 Bahía Blanca, Argentina.

Address Correspondence to: Dr. Roberto E. Brevedan, e-mail: ebreveda@criba.edu.ar

Recibido / Received 28.XII.2010. Aceptado / Accepted 20.I.2011.

## INTRODUCCIÓN

El cártamo es un cultivo oleaginoso anual que tiene considerable importancia en México e India, aunque también es cultivado en EE.UU., Etiopía, Australia, Argentina, España y Turquía.

Es un cultivo rústico, de zonas subhúmedas y semiáridas, de siembra invierno-primaveral. Desarrolla un sistema radical profundo que le permite captar agua almacenada en el subsuelo.

El aceite con un alto contenido de ácidos grasos insaturados puede ser usado en la alimentación o con fines no alimenticios como pinturas y barnices, porque existen genotipos con diferentes perfiles de ácidos grasos. El aceite también es un insumo para la producción de biodiesel.

Actualmente, el área bajo cultivo con cártamo en la República Argentina corresponde al noroeste del país (Luayza et al., 1997), que a través de los años no ha mostrado una mayor expansión, estando el área bajo cultivo por debajo de las 20.000 hectáreas anuales.

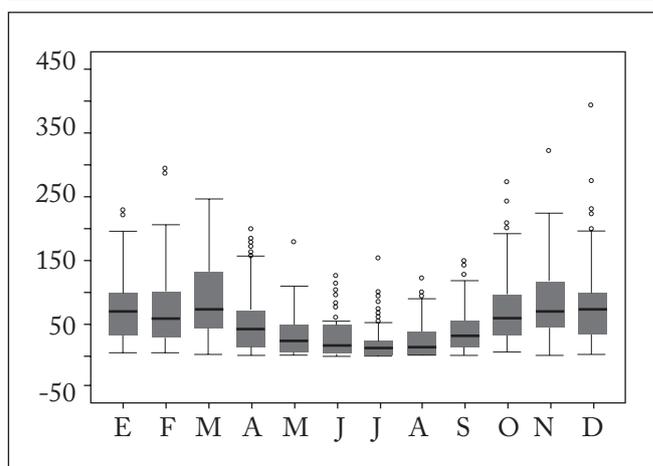
La región potencialmente apta, con mayores posibilidades agroclimáticas la constituye la región pampeana central semiárida, que abarca una superficie mayor a 10 millones de hectáreas, y coincide en gran parte con la región girasolera argentina. La misma se halla comprendida entre las latitudes 34° y 39° S y longitudes 63° 30' y 66° O. La falta de condiciones de mercado adecuadas, así como la fuerte gravitación del cultivo de girasol, ha determinado la nula o escasa difusión del cártamo en el área (Mirassón et al., 2001).

Esta región posee suelos de profundidad variable por la presencia de mantos de tosca también de espesor variable. La capa de tosca, verdadero impedimento de estos suelos, aparece en un gran rango de profundidades (desde la superficie hasta 1,40 metros). Estos suelos presentan una secuencia de horizontes A-AC, C1, C2Ca y una textura franco-arenosa a franca con contenidos de arena cercanos al 60% y con una importante cantidad de limo, lo que le confiere una aceptable capacidad de retención de agua. Sin embargo, debido a los problemas de profundidad señalados, pueden contener menor cantidad de agua que suelos de textura más gruesa de mayor profundidad. Los contenidos de limo y los reducidos valores de materia orgánica predisponen a estos suelos a presentar problemas de compactaciones superficiales y subsuperficiales con valores de resistencia a la penetración que limitan el desarrollo radical de los cultivos y el movimiento gravitacional del agua (Fernández et al., 2003).

Otra característica de la región es el régimen hídrico, que muestra importantes variaciones interanuales y mensuales como puede apreciarse en la Fig. 1. Las lluvias mensuales de la localidad de Santa Rosa están representadas por la mediana y su distribución por cuartiles, y los puntos aislados representan datos que escapan del 95% de probabilidad de ocurrencia. Se presentan así importantes variaciones ambientales que normalmente comprometen la estabilidad del rendimiento de los cultivos.

Fig. 1. Distribución y variabilidad de las precipitaciones mensuales en Santa Rosa (1991-2003). (Fernández, M., comunicación personal).

Fig. 1. Distribution and variability of monthly precipitations in Santa Rosa (1991-2003). (Fernández, M., personal communication).



La evaluación de cultivares en diferentes ambientes de la región permite recomendar aquellos que se comporten mejor en el mayor número de ellos. Pero cuando se comparan a lo largo de una serie de ambientes, el ranking relativo de los mismos generalmente difiere. Esto dificulta el mostrar la superioridad de cualquiera de ellos.

Se ha señalado la importancia de la estabilidad en el rendimiento aunque hay discrepancias sobre la manera de medirlo. La estabilidad es la condición que permite a los genotipos ajustar su capacidad productiva a una amplia variedad de estímulos ambientales cuando son evaluados en distintos ambientes. Las interacciones cuantitativas *genotipo x ambiente* señalan la magnitud de las diferencias entre los genotipos a lo largo de los ambientes. Numerosas técnicas estadísticas se han propuesto para estudiar las interacciones *genotipo x ambiente* (Mahasi et al., 2006). La estabilidad en el rendimiento de cultivares de distintos cultivos se evaluó por análisis de regresión, análisis de varianza univariada o multivariada. El modelo AMMI (efectos principales aditivos e interacción multiplicativa) provee de un parámetro analítico multivariado para interpretar las interacciones *genotipo x ambiente*. Mahasi et al. (2006) realizaron un estudio para determinar los efectos ambientales en la interacción *genotipo x ambiente* y la estabilidad de 36 introducciones de cártamo. Mohammadi et al. (2008) evaluaron simultáneamente la estabilidad de 17 genotipos de cártamo primaveral en diferentes ambientes de secano utilizando el modelo AMMI y parámetros de estabilidad fenotípica. Ensayos en cuatro ambientes sobre 5 líneas promisorias de cártamo, adecuadas a ambientes fríos y secos, se analizaron usando la técnica "GGE biplot" (Alizadeh et al., 2008). Alizadeh (2007) evaluó la estabilidad del rendimiento de 25 líneas de cártamo en cinco estaciones de investigación,

en un período de tres años. Abdulahi et al. (2008) estudiaron la relación entre estadísticas no-paramétricas de estabilidad en 16 genotipos de cártamo.

El uso de los rendimientos reales tiene sus inconvenientes, como ser el sesgo ocasionado por las localidades con alto rendimiento en la estimación del rendimiento promedio, y eventualmente se puede dificultar la comprensión de las interacciones *genotipo x ambiente*. Por ello se utilizará el rendimiento relativo para dar igual peso a las diferentes localidades. El método del rendimiento relativo expresa el rendimiento de un genotipo en cada ambiente, en relación al promedio del ambiente en que fue determinado y le asigna a este último el valor 100. El rendimiento relativo remueve el inconveniente asociado con la varianza del rendimiento a través del medio; como una medida de la estabilidad da igual peso a cada sitio cuando se calculan los promedios del cultivar (Yau y Hamblin, 1994).

La desviación estándar de los rendimientos relativos de cultivos a través de los ambientes se utiliza como una medida de la estabilidad. Los cultivares más estables son aquellos con la menor desviación estándar. El método tiene la ventaja de considerar por igual a cada ambiente, en el cálculo del promedio de todos ellos, por lo que no se favorece a los mejores ambientes. Es un método fácil de aplicar. Se puede utilizar cuando el número de ambientes es limitado, y aún cuando no todos los cultivares estén presentes en todos los ambientes (Giménez et al., 2002).

No existen en Argentina estudios de estabilidad del rendimiento del cártamo, por lo que en el presente trabajo se analizó el rendimiento relativo y la estabilidad de variedades de cártamo mediante la utilización del método antes citado (Yau y Hamblin, 1994) en la región pampeana central semiárida.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizó la información proveniente de seis ensayos comparativos de rendimientos conducidos en dos localidades de la región: Santa Rosa (36° 39' S, 64° 16' O) y Tres Picos (38° 16' S, 62° 13' O) correspondientes a distintos años. Los nombres y el origen de las variedades participantes se muestran en la Tabla 1. Todos los ensayos comparativos de rendimiento se realizaron utilizando un diseño de bloques completamente aleatorizados con tres repeticiones y en parcelas de 6 m de largo con cuatro surcos espaciados a 0,50 m.

Se analizó la estabilidad de las variedades por el método propuesto por Yau y Hamblin (1994), que consiste en expresar el rendimiento de cada genotipo en cada ambiente en forma relativa al promedio (valor 100) del ambiente en el que fue determinado y los desvíos estándar (DE) de los mismos.

El desvío estándar, calculado como la raíz cuadrada de la varianza de los rendimientos relativos de cada cultivar a través de los ambientes, se utilizó como una medida de la estabilidad agronómica de las variedades (Yau y Hamblin, 1994).

Tabla 1. Cultivares, país de origen y categoría.

Table 1. Cultivars, country of origin and category.

Cultivar	Origen	Categoría
LBGB-77	Argentina	Experimental
RIO DULCE INTA	Argentina	Comercial
IPORA GUAZU	Argentina	Comercial
LBH-8-INTA	Argentina	Experimental
LB-66-INTA	Argentina	Experimental
SAFOLA 208	Australia	Comercial
SAFOLA	Australia	Comercial
ALAMEDA	España	Comercial
TOMEJIL	España	Comercial
ALCALDIA	España	Comercial
GILA	Estados Unidos	Comercial
S 400	Estados Unidos	Comercial
CW 4440	Estados Unidos	Comercial
S 200	Estados Unidos	Comercial
S 541	Estados Unidos	Comercial
CW-74	Estados Unidos	Comercial
CW 1221	Estados Unidos	Comercial

En nuestro estudio se utilizó el criterio de considerar como estables aquellos que presentan un DE inferior ó igual al 50% de los desvíos totales (0,12 y 0,14 para rendimiento de frutos y de aceite, respectivamente) y un rendimiento relativo igual o superior a 105.

Los análisis estadísticos se realizaron con el software INFOSTAT versión 1.1 (Di Rienzo et al., 2002).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los ambientes analizados, como así los años, los coeficientes de variabilidad y las diferencias significativas mínimas para los rendimientos de grano y aceite, se presentan en la Tabla 2.

**Rendimiento de grano.** Se observaron solamente tres variedades con rendimiento relativo mayor a 105: S-400, S-541 y Río Dulce, pero esta última debido a su alto DE no cumplió con la condición fijada para considerarla como estable. Se observó que las dos variedades seleccionadas como estables poseen a su vez los mayores rendimientos absolutos. Esto nos mostró que las variedades que tuvieron un alto rendimiento absoluto también tuvieron alto rendimiento relativo (mayor a 100) y un DE relativamente bajo. Estas dos variedades presentarían entonces, buenos rendimientos de grano con estabilidad (Tabla 3).

Las variedades LBH-8-INTA, Tomejil y S-200 presentaron un rendimiento relativo inferior a 105 pero con un DE menor a la media; particularmente LBH-8-INTA es la que

mostró el menor DE del conjunto de variedades estudiadas. Si se prioriza el criterio de estabilidad frente al rendimiento relativo las mismas pueden ser consideradas como una opción para ser utilizadas en los ambientes bajo estudio.

El resto de los genotipos, en tanto, se mostró inestable tanto por los DE encontrados como por los valores de rendimientos relativos inferiores a 100 que presentaron.

**Rendimiento de aceite.** Cuando se analizó la producción de aceite, el rendimiento medio absoluto y la condición de estabilidad de las variedades prácticamente no cambió. Efectivamente, S-541 y S-400 se mantuvieron como estables, pero desde el punto de vista del aceite se incorporó una variedad más, la S-200. De manera similar a lo que ocurría para la producción de granos, las variedades LBH-8-INTA, Tomejil y

**Tabla 2.** Ambientes estudiados, años, fechas de siembra y valores medio de rendimiento, CV y DMS por ambiente para granos y aceite.  
**Table 2.** Study environments, years, sowing dates, and mean values for yield, CV and LSD for grain and oil within each environment.

Ambiente	Campaña	Fecha de siembra	GRANO			ACEITE		
			kg/ha	CV	DMS	kg/ha	CV	DMS
Santa Rosa	1999/2000	31/08	2718	10,05	455,74	835,6	9,77	137,94
Tres Picos	2000/2001	14/09	1883	8,63	350,24	625,9	8,61	114,81
Santa Rosa	2000/2001	31/08	855	10,62	153,05	263,0	11,47	51,20
Tres Picos	2001/2002	24/08	1708	14,23	406,73	610,8	13,71	140,32
Santa Rosa	2001/2002	07/09	971	20,11	324,56	320,1	20,09	99,05
Santa Rosa	2004/2005	10/08	1621	18,40	517,19	503,0	22,79	195,32

Referencias: CV: coeficiente de variabilidad; DMS: Diferencia Mínima Significativa por el test de LSD (Di Rienzo et al., 2002).  
References: CV: variation coefficient; DMS: Least Significant Difference test (Di Rienzo et al., 2002).

**Tabla 3.** Rendimiento de grano.  
**Table 3.** Grain yield.

Variedad	RMA	RR	DE	Estabilidad
S 400	1792,4	1,13	0,14	E
S 541	1755,5	1,10	0,11	E
RIO DULCE	1735,1	1,10	0,21	I
ALAMEDA	1723,4	1,03	0,26	I
S 200	1712,2	1,02	0,11	I
ALCALDIA	1667,5	1,00	0,14	I
CW-74	1664,8	1,05	0,15	I
TOMEJIL	1638,5	0,99	0,07	I
LBGB-77	1592,8	0,99	0,20	I
LBH-8-INTA	1583,8	0,97	0,05	I
LB-66-INTA	1570,2	0,93	0,15	I
CW 4440	1567,0	0,95	0,15	I
SAFOLA 208	1559,2	0,93	0,13	I
SAFOLA	1543,7	0,95	0,14	I
IPORA GUAZU	1485,9	0,97	0,28	I
GILA	1485,6	0,89	0,14	I

Referencias: RMA: rendimiento medio absoluto de todos los ambientes; RR: rendimiento relativo; DE: desvío estándar; E: estable, I: inestable.

References: RMA: absolute mean yield from all environments; RR: relative yield; DE: standard deviation; E: stable, I: unstable.

**Tabla 4.** Rendimiento de aceite.  
**Table 4.** Oil yield.

Variedad	RMA	RR	DE	Estabilidad
S 541	597,9	1,16	0,12	E
RIO DULCE	584,2	1,16	0,24	I
S 200	573,0	1,05	0,12	E
S 400	559,6	1,09	0,14	E
ALCALDIA	547,4	1,01	0,15	I
ALAMEDA	534,6	1,00	0,28	I
LBH-8-INTA	531,1	1,01	0,06	I
CW 4440	523,1	0,97	0,14	I
TOMEJIL	523,0	0,98	0,09	I
CW-74	520,0	1,01	0,15	I
SAFOLA 208	511,3	0,96	0,11	I
LB-66-INTA	505,7	0,93	0,15	I
SAFOLA	491,6	0,93	0,14	I
LBGB-77	488,1	0,94	0,20	I
GILA	471,3	0,89	0,15	I
IPORA GUAZU	460,1	0,92	0,21	I

Referencias: RMA: rendimiento medio absoluto de todos los ambientes; RR: rendimiento relativo; DE: desvío estándar; E: estable, I: inestable.

References: RMA: absolute mean yield from all environments; RR: relative yield; DE: standard deviation; E: stable, I: unstable.

Safola 208 tuvieron valores de rendimiento relativo inferiores a 105, pero con DE menores al valor límite para la condición de estabilidad. Aquí también se observó una buena correspondencia de los rendimientos medios absolutos con la condición de estabilidad verificándose que se lograron los mejores rendimientos con las variedades con mayor estabilidad. El resto de las variedades se mostró inestable por poseer rendimientos relativos inferiores a 105 y DE superiores a 14 (Tabla 4).

---

## CONCLUSIONES

---

Con las limitaciones que impone un número reducido de ambientes, se sugiere a las variedades S-541, S-200 y S-400, como las más estables y de mayor rendimiento, particularmente para ser utilizadas en programas de difusión del cultivo de cártamo dentro de la región pampeana central semiárida.

---

## REFERENCIAS

---

- Abdulahi, A., S.S. Pourdadand y R. Mohammadi (2008). Study on relationship among nonparametric stability statistics in safflower. En: Proceedings 7<sup>th</sup> International Safflower Conference, Wagga Wagga, Australia.
- Alizadeh, K., M. Eskandari, A. Shariati y M. Eskandari. (2008). Study on spring type safflower lines suitable for cold drylands using GGE biplots. *World Journal of Agricultural Sciences* 4: 726-730.
- Alizadeh Dizaj, K. (2007). Stability and analysis of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) lines adaptability in dryland conditions in Iran. *Revista UDO Agrícola* 7: 15-21.
- Di Rienzo, J.A., M.G. Balzarini, I. González, M. Tablada, W. Guzmán, C.W. Robledo y F. Casanoves (2002). Software INFOS-TAT Versión 1.1. UNCórdoba, F. Cs. Agrarias.
- Fernández, J.C., A. Quiroga y G. Casagrande (2003). Caracterización agroedáfica y agroclimática del área triguera de la Provincia de La Pampa. En: Trigo. Actualización 2003. EEA Anguil INTA. Publicación Divulgación Técnica N° 76.
- Giménez, F., J. Lúquez y J. Suárez (2002). Estabilidad y adaptabilidad de variedades de soja para rendimiento en el sudeste de la provincia de Buenos Aires. *Revista de la Facultad de Agronomía de La Plata* 104: 85-95.
- Luayza, G.G., R.E. Brevedan e I.R. Palomo (1997). Safflower production in Argentina: Central Area. p. 38-40. En: IV<sup>th</sup> International Safflower Conference, June 2-7, 1997. Bari, Italia.
- Mahasi, M.J., R.S. Pathak, F.N. Wachira, T.C. Riungu, M.G. Kinyua y J.K. Waweru (2006). Genotype by environment (GxE) interactions and stability in safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Asian Journal of Plant Sciences* 5: 1017-1021.
- Mirassón, H.R., I.R. Palomo, R.E. Brevedan y M.N. Fioretti (2001). Safflower production in Argentina: Future Prospects. En: Actas V<sup>th</sup> Internacional Safflower Conference, Julio 23-27 2001. Sidney, Montana, EE.UU.
- Mohammadi, R., S.S. Pourdad y A. Amri (2008). Grain yield stability of spring safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Australian Journal of Agricultural Research* 59: 546-553.
- Yau, S.K. y J. Hamblin (1994). Relative yield as a measure of entry performance in variable environments. *Crop Science* 34: 831-817.