

Evaluación de fechas de siembra de cártamo en el sudoeste de Buenos Aires (Argentina)

Cerrotta, A., Lindström, L. I., Franchini, M. C., Flemmer, A. y Echenique, V.

DOI 10.31047/1668.298x.v38.n2.31968

RESUMEN

El cártamo es un cultivo oleaginoso alternativo ideal para la rotación con cereales invernales en regiones semiáridas como el sudoeste bonaerense argentino. El mejoramiento o introducción de genotipos debe combinarse con el desarrollo de técnicas de manejo óptimas para el ambiente donde se quieren difundir. El objetivo del presente trabajo fue evaluar la fenología, las características morfológicas, la materia grasa, el rendimiento y sus componentes en tres genotipos de cártamo contrastantes, en seis fechas de siembra establecidas entre fines de mayo y fines de julio, en dos localidades del sudoeste bonaerense. El rendimiento fue mayor bajo las tres fechas de siembra más tempranas, y varió según el genotipo y la localidad. Bajo fechas tempranas la floración no se adelantó, pero se extendió el período vegetativo, el cual transcurrió bajo condiciones de balance hídrico positivo. En fechas más tardías disminuyó el rendimiento y la materia grasa de los frutos. El número de capítulos en las cinco ramificaciones superiores y el diámetro de capítulo fueron las principales variables de ajuste del rendimiento. En general, la fecha de siembra de fines de mayo maximizó el rendimiento, comportamiento que está sujeto al grado de tolerancia al frío del genotipo y las características del ambiente.

Palabras claves: oleaginosa, manejo del cultivo, rendimiento, componentes de rendimiento, fenología, materia grasa

Cerrotta, A., Lindström, L. I., Franchini, M. C., Flemmer, A. and Echenique, V., 2021. Evaluation of sowing dates for safflower in the southwest of Buenos Aires (Argentina). *Agriscientia* 38 (2): 103-115

SUMMARY

Safflower is a minor oilseed crop that can be included in the rotation with cereal winter crops in semiarid regions such as the southwest of Buenos Aires, Argentina. Breeding or introduction of genotypes require the development of agronomic practices adjusted to the region where they are to be implemented.

The objective of the present work was to evaluate the phenology, some morphological traits, the oil content, the fruit yield and some yield components of three contrasting safflower genotypes sown under six sowing dates between May and July in two locations. Fruit yield under the three earliest sowing dates was the highest, but diverse responses were seen among combinations of genotypes and locations. Anthesis in early sowing dates was not advanced compared to later sowing dates, but the vegetative stage was extended and it occurred under smoother climate conditions. Fruit yield and oil content both decreased when the sowing date was delayed. The number of capitula of the top five branches and the capitulum diameter were tightly related to the fruit yield variation. Generally, under the assayed conditions, fruit yield was maximum under late May sowing date, which depends on the cold tolerance of the genotypes and the environmental conditions.

Key words: oil seed, crop management, yield, yield components, phenology, oil content

Cerrotta, A. (ORCID: 0000-003-2509-4501) y Echenique, V. (ORCID: 0000-0003-3755-9062): Universidad Nacional del Sur, Departamento de Agronomía, Centro de Recursos Naturales Renovables de la Zona Semiárida (CERZOS-CONICET, Bahía Blanca), San Andrés 800, Bahía Blanca, Argentina. Lindström, L. I. (ORCID 0000-0003-0782-7855), Franchini, M. C. (ORCID 0000-0001-6784-0715) y Flemmer, A. (ORCID: 0000-0003-4948-2189): Universidad Nacional del Sur, Departamento de Agronomía, Laboratorio de Morfología Vegetal, San Andrés 800, Bahía Blanca, Argentina. Correspondencia a: acerrotta@cerzos-conicet.gob.ar

INTRODUCCIÓN

El cártamo (*Carthamus tinctorius* L.) es una oleaginosa anual, predominantemente autógama, de ciclo invernal que pertenece a la familia Asteraceae. El aceite de cártamo presenta un alto porcentaje de ácidos grasos no saturados, mayor que en otras oleaginosas, que ayudan a disminuir los niveles de colesterol en sangre (Ekin, 2005; Cosge et al., 2007). Además, la harina de cártamo, subproducto obtenido luego de la extracción del aceite, puede ser utilizada como suplemento en dietas de animales (Ekin, 2005; Heuzé et al., 2015; Jacob, 2015; Barbour et al., 2016).

Los principales países productores de cártamo son Kazajistán, México, India, Estados Unidos y Turquía (FAO, 2018). En Argentina, cerca del 100 % de la superficie implantada con cártamo pertenece a la provincia de Salta (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca [MAGyP], 2018). Debido a su ciclo invernal y su adaptación a condiciones de aridez y semiaridez, constituye una alternativa realmente interesante para la diversificación e intensificación de los recursos en zonas agrónomicamente limitantes, como lo es la región semiárida Pampeana (Mirasson et

al., 2011). El motivo principal por el que el cultivo no se consolidó en dicha región fue el desarrollo del cultivo de girasol que, con la llegada de los híbridos en la década de 1970, terminó por ocupar ese espacio (Rivas y Matarazzo, 2009). Además, se sumó la falta de cultivares adaptados a dichas regiones y la inconsistencia del mercado para este *commodity*.

La inclusión del cártamo en el sudoeste bonaerense, como alternativa al monocultivo de trigo, reduciría el uso de agroquímicos al cortar el ciclo de vida de insectos, enfermedades y malezas (Rivas y Matarazzo, 2009). Su cultivo permitiría disminuir la estacionalidad de la producción de oleaginosas bajo secano (Escande, 2009) y diversificaría el riesgo productivo, ya que el período crítico de generación del rendimiento de cártamo difiere del de los cereales de invierno. Sería de fácil implementación porque se pueden utilizar las mismas maquinarias que para trigo y a diferencia del girasol, no sufre el desgrane causado por aves. Además, es más resistente a la sequía que el sorgo (*Sorghum bicolor* L.) Moench, el maíz (*Zea mays* L.), el algodón (*Gossypium* sp. L.) y el trigo (*Triticum aestivum* L.), básicamente porque la planta tiene un sistema radical muy extenso y profundo (2 a

4 m) que le permite aprovechar mejor la humedad del suelo (Mündel et al., 2004; Lyon et al., 2007; Tabatabaei y Ansari, 2017).

Los recursos genéticos de cártamo se clasifican como invernales o primaverales dado su comportamiento bajo las condiciones ambientales de la región en la que se originaron. Cuando éstos se introducen en otra región (diferente latitud y clima), el material vegetal responde de manera distinta frente a la época de siembra (Johnson y Li, 2008; Omidi y Sharifmogadas, 2010). El efecto del genotipo se debe a una gran variabilidad en la tolerancia a heladas en estadios vegetativos (Zimmerman y Buck, 1977) y en los requerimientos térmicos para el desarrollo, sumado a la interacción con el ambiente (año y localidad) (Pascual-Villalobos y Alburquerque, 1996).

La adaptación de un cultivo a una región determinada requiere la generación de un conjunto de normas de manejo adecuadas como la fecha de siembra, densidad, distanciamiento entre hileras y dosis de siembra óptimas. Rivas (2009) realizó ensayos de épocas de siembra de cártamo en un amplio rango de fechas entre fines de mayo y principio de noviembre, bajo condiciones de regadío en un suelo arenoso del sur de la provincia de Buenos Aires. Los mayores rendimientos se registraron en las siembras de fines de agosto y principios de septiembre. Por otro lado, Rivas (2009) observó daños por helada en estadio de roseta e inicio de elongación en las siembras de mayo, junio y julio. Sin embargo, en la misma región, pero 100 km más al norte bajo condiciones de secano en un suelo franco, la siembra otoñal (fines de abril) generó aumentos importantes de rendimiento con respecto a la invernal (fines de agosto), sin registrarse daños por heladas en la mayoría de los genotipos (Franchini et al., 2013). La duración del período vegetativo se incrementó significativamente, mientras que la fecha de floración y madurez del cultivo no mostraron variaciones (Franchini et al., 2013). A su vez, el ajuste de los componentes del rendimiento varió significativamente entre genotipos, fechas y años, incluyendo interacciones entre factores (Franchini et al., 2021). Estos resultados concuerdan con lo observado en otras partes del mundo (Yau, 2007).

Los aumentos de rendimiento observados en las siembras otoñales respecto a las primaverales se explican por un mayor desarrollo del sistema radical y, en consecuencia, mayor exploración del perfil de suelo (Merrill et al., 2002) y un incremento en la acumulación de reservas durante el período de preantesis (Koutroubas et al., 2004). Para el sudoeste bonaerense, la siembra otoñal genera que el establecimiento del cultivo coincida con

un período de balance hídrico positivo (Bohn et al., 2011). Sin embargo, al prolongarse significativamente el período vegetativo con fechas de siembra muy tempranas, tienden a aparecer daños por la acción de factores bióticos (plagas y enfermedades) y desequilibrios en el desarrollo fenológico de las plantas (tendencia a elongar a fin de otoño) (observación personal). Además, el adelantamiento de la fecha de siembra reduce el período de barbecho en el cual se acumula agua en el suelo y dificulta el control de malezas. Otro factor importante es el riesgo de heladas esporádicas intensas que pueden ocasionar daños durante la transición al estado reproductivo de esta especie.

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el desarrollo fenológico, algunos caracteres morfológicos, la materia grasa, el rendimiento de grano y los componentes de rendimiento (número de capítulos, número de frutos por capítulo, peso de 1000 frutos) en tres genotipos de cártamo de origen genético contrastante, en seis fechas de siembra establecidas entre fines de mayo y fines de julio, en dos localidades del sudoeste bonaerense.

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se llevó a cabo en el año 2019 en dos localidades que reflejan las condiciones edafoclimáticas promedio del sudoeste bonaerense: el campo Napostá, Tornquist (38° 25' S, 62° 17' O) y el campo experimental del departamento de Agronomía de la Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca (38° 41' S, 62° 15' O). Los datos meteorológicos fueron registrados por estaciones meteorológicas ubicadas en cada ambiente (Davis Vantage Pro 2). Durante la primavera en el campo experimental del departamento de Agronomía de la Universidad Nacional del Sur (AgroUNS) se aplicaron riegos por goteo para garantizar la supervivencia del cultivo (cuatro láminas: 17 + 17 + 27 + 27 mm). Napostá presenta un suelo Haplustol típico con textura franco-fina, 3,98% de materia orgánica, 0,18% de nitrógeno total y 15,2 ppm de fósforo extraíble. AgroUNS posee un suelo Calcistol con textura arenosa franca, 1,78% de materia orgánica, 0,094% de nitrógeno y 10,8 ppm de fósforo extraíble. Se utilizaron tres genotipos de ciclo contrastante: CW99 OL (CW), Montola 2000 (M) y la línea experimental L69 (Tabla 1).

Tabla 1. Descripción de los materiales vegetales utilizados

	CW99 OL (CW)	Montola 2000 (M)	L69
Tipo de material	Cultivar de USA, registrado en Arg.	Cultivar de USA, registrado en Arg.	Línea experimental
Ciclo (lugar de obtención)	Primaveral	Primaveral	Invernal
Tolerancia a heladas	Medianamente susceptible	Tolerante	Altamente tolerante
Largo de ciclo (siembras otoñales)	227 días	221 días	208 días

Las fechas de siembra fueron: 14/05, 29/05, 12/06, 27/06, 12/07 y 27/07 (denominadas FS1 a FS6, respectivamente). En cada localidad, se estableció un diseño de parcelas divididas dispuestas en cuatro bloques completos al azar. Estadísticamente se trabajó con un modelo ANOVA triple de efectos fijos (localidad, fecha de siembra, cultivar). Cada unidad experimental (UE, fecha de siembra) constó de tres subparcelas (genotipos) de un surco de 4 m de largo. La distancia entre surcos fue de 0,35 m y la distancia entre UE de 0,35 m. La siembra se realizó a chorrillo, seguido de raleo manual para ajustar a una distancia de 10 cm entre plantas, y la densidad a 28-29 plantas/m². Se aleatorizó el factor genotipo (subparcelas) dentro de cada fecha de siembra (parcela), y se agregó una covariable al modelo para eliminar cualquier efecto derivado de la posición central con respecto a las subparcelas laterales. La covariable fue de tipo cualitativo binario y estandarizó el efecto fijo de la posición central de las subparcelas con respecto a las laterales.

La fenología se evaluó siguiendo la metodología propuesta por Flemmer et al. (2015). Las sumas térmicas entre siembra y antesis (floración) se calcularon según Dwyer y Stewart (1986) utilizando una temperatura base de 10 °C (Tanaka et al., 1997; Koutroubas et al., 2004) y fueron expresadas en grados día (GDD). La antesis quedó definida cuando al menos el 50% de las plantas de la parcela presentaba al menos un capítulo con las corolas visibles.

El número de ramificaciones y de capítulos se determinaron en antesis. El número de frutos por capítulo, peso de 1000 frutos y diámetro de los capítulos se midieron en madurez de cosecha. El diámetro del capítulo es muy variable y dependiente de la ramificación y de la posición en la planta (Singh y Nimbkar, 2016), por lo que se utilizó la medida del capítulo terminal de una ramificación primaria para que las comparaciones sean

consistentes. Este carácter se midió mediante un calibre electrónico y se expresó en milímetros. Para el cálculo del rendimiento se cosecharon y trillaron manualmente las plantas de 1,4 m² por subparcela y se pesaron los frutos. El resultado se expresó en kg/ha (sobre 6% en base seca). El peso de 1000 frutos (P1000) se registró como el promedio de tres submuestras de 100 frutos, multiplicado por 10, y expresado en gramos. La materia grasa se determinó por Soxhlet (Ag 1-65, American Oil Chemists' Society, 2001) a partir de una muestra molida de aproximadamente 150 g de frutos, y se expresó como porcentaje sobre sustancia seca. Las mediciones de los componentes de rendimiento se realizaron sobre dos plantas por subparcela, y el P1000 y rendimiento, a nivel de subparcela.

Los resultados se analizaron estadísticamente utilizando el software Infogen (Balzarini y Di Renzo, 2016). Se aplicaron análisis de la varianza (ANDEVA) y comparación de medias mediante el test de diferencia mínima significativa (DMS de Fisher). Se planteó un modelo con interacción eliminando del ANDEVA los componentes no significativos con una probabilidad de error mayor a 0,2 (Shahbaz et al., 2013). El término de error utilizado para testear el factor localidad fue el bloque (anidado dentro de cada localidad), para la fecha de siembra fue la interacción entre fecha de siembra y bloque, y para el resto de los estadísticos de Fisher (F) se utilizó el error general. Con el mismo software se realizaron análisis de correlación y regresión lineal entre las variables evaluadas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Clima

Las localidades evaluadas, distanciadas en 35 km, presentaron importantes diferencias climáticas y ambas presentaron precipitaciones menores al promedio histórico para la región durante el ciclo del cultivo (433 mm). Napostá (353,9 mm) presentó mayores precipitaciones que AgroUNS (297 mm), por lo que en esta última se aplicó riego complementario en los meses de septiembre, octubre y noviembre (88 mm) para prevenir la pérdida del ensayo (Figura 1). En AgroUNS se registraron temperaturas medias mensuales entre 1,2 y 2,4 °C más altas que en Napostá entre mayo y diciembre (Figura 1). La temperatura media del total del ciclo del cultivo fue de 13,85 °C y 15,32 °C para Napostá y AgroUNS, respectivamente, similar al promedio histórico (15,02 °C).

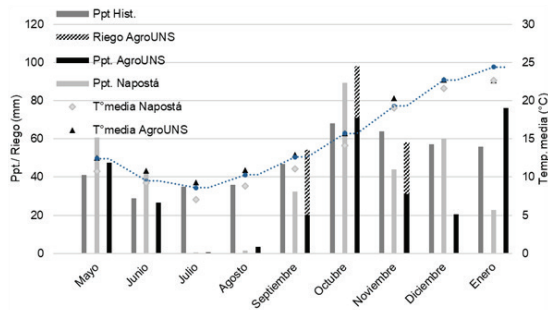


Figura 1. Temperatura (T°) media mensual, precipitaciones (Ppt.) y riego de AgroUNS, Napostá y el promedio de los últimos 30 años

Fenología

El período entre la siembra y la antesis o floración (SA) expresado en días varió entre localidades, fechas de siembra, genotipos, y se halló una respuesta diferencial de las fechas de siembra y genotipos en las diferentes localidades (interacción) (Tabla 2). En Napostá, el período SA del cultivo duró en promedio 8,5 días más que en AgroUNS (Figura 2). El período SA decreció linealmente con el atraso de la fecha de siembra (Figura 2). Sin embargo, ni la floración ni el llenado de grano se adelantaron, indicando una fuerte sensibilidad a la duración del día en la iniciación del desarrollo reproductivo del cultivo (Yau, 2007). El fotoperíodo tiene un efecto preponderante en la regulación del ciclo de desarrollo del cártamo (Zimmerman, 1973), similar a lo descrito en

Tabla 2. ANDEVA de las variables fenológicas días transcurridos y grados días acumulados (GDD) entre siembra y antesis (SA) en respuesta a localidad (L), fecha de siembra (FS), genotipo (G) y las interacciones entre la fecha de siembra y el genotipo (FS^*G), entre la fecha de siembra y la localidad (FS^*L), entre el genotipo y la localidad (G^*L) y la covariable de subparcela (Cov.). Estadístico de Fisher, los grados de libertad (gl) y el nivel de significancia para cada fuente de variación

Fuentes de variación	Días SA	GDD SA
L (1 gl)	92,8***	1069,7***
FS (5 gl)	1784,6***	13,2***
G (2 gl)	192,4***	206,7***
FS^*G (10 gl)	1,9ns	2,4*
FS^*L (5 gl)	16,1***	2,2ns
G^*L (2 gl)	15,3***	12,6***
Cov (1 gl)	0,3ns	4,3*

ns: no significativo, *: $p < 0,05$; **: $p < 0,01$; ***: $p < 0,001$

girasol (León et al., 2001). El fotoperíodo no varió significativamente entre las localidades evaluadas (diferencia de 13' de latitud), por lo que la floración del cultivo ocurrió bajo un fotoperíodo similar (14 h). En consecuencia, en siembras extremas (FS1 y FS6) que se distanciaron en 75 días, la fecha de antesis solo difirió entre 2 y 6 días en promedio. Es decir, el cultivo sembrado en fechas tempranas tuvo un ciclo de crecimiento más prolongado que en las siembras tardías, asociado proporcionalmente a las diferencias en días entre dichas fechas (Figura 2). Dicho comportamiento significó un mayor período vegetativo (roseta) coincidente en su mayoría con la estación invernal en la cual el crecimiento vegetativo es escaso. Según Li y Mündel (1996), la

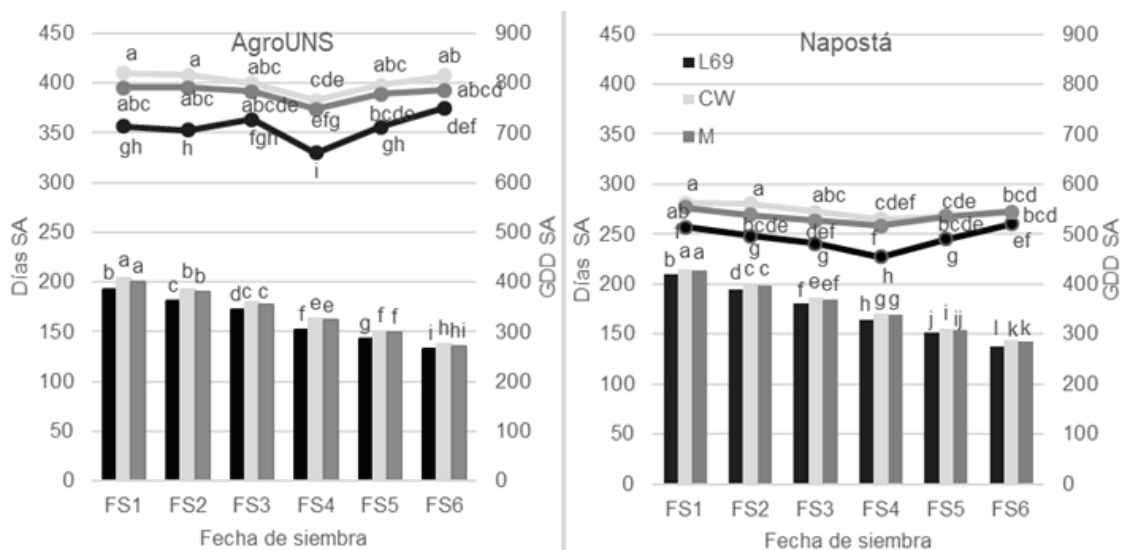


Figura 2. Días transcurridos (barras) y grados día acumulados (GDD) (líneas) entre siembra y antesis (SA) en promedio para cada fecha de siembra y genotipo (CW99 OL, Montola 2000 y L69) en las localidades de AgroUNS (izquierda) y Napostá (derecha). Para cada variable y localidad, letras diferentes indican diferencias significativas ($p < 0,05$)

ventaja comparativa de siembras tempranas podría deberse a un mejor desarrollo del sistema radical y a una optimización de la absorción de nitrógeno. Además, las fechas de siembra de mayo y junio (FS1-FS3) en la región de estudio, permiten que la implantación se produzca en un momento en el que el déficit hídrico es mínimo (Bohn et al., 2011). En general en estos meses, en el sudoeste bonaerense se presentan los mejores balances hídricos dados por la distribución natural de las precipitaciones. La evapotranspiración en este período es baja en comparación a la disponibilidad hídrica que generan las precipitaciones, sumado al período de barbecho previo que permite aprovechar las precipitaciones otoñales (Bohn et al., 2011). Las condiciones climáticas registradas en las localidades de estudio permitieron establecer que el año evaluado fue normal para la región (Figura 1).

L69 mostró la mayor precocidad promedio (168 días) respecto de M y CW, que se comportaron de manera similar entre sí (173 y 175 días, respectivamente). La diferencia de precocidad de L69 con respecto a los genotipos M y CW fue mayor en AgroUNS (7 y 9 días, respectivamente) que en Napostá (3 y 5 días más precoz que M y CW, respectivamente), factor que explicó la interacción del genotipo por localidad (Tabla 2).

Existen muchos trabajos que resaltan la importancia de las sumas térmicas en la regulación del ciclo del cártamo (Zimmerman, 1973; Koutroubas et al., 2004; Koutroubas et al., 2009). El cultivo acumuló en promedio 240 GDD menos en Napostá que en AgroUNS para alcanzar el estadio de antesis (Figura 2), debiéndose a las mayores temperaturas medias registradas en AgroUNS con respecto a Napostá (Figura 1). La proximidad al mar, la orografía y la cercanía a centros urbanos podrían explicar esta diferencia. Similar a lo observado por Franchini et al. (2021), a pesar de que las fechas de siembra generaron una diferencia en días en

la longitud del período entre siembra e inicio de antesis (Figura 2), no significaron una diferencia de grados día ya que en invierno la temperatura media diaria raramente superó la temperatura base (10°C). Debido a que con fechas de siembra tardías el período vegetativo transcurre bajo una temperatura ambiente superior, las sumas térmicas requeridas por un genotipo se alcanzan en menor tiempo (Yasari et al., 2014).

En consonancia a lo reportado por otros autores (Koutroubas et al., 2009; Yasari et al., 2014), se encontró un efecto significativo del genotipo ($p < 0,001$) en el requerimiento de sumas térmicas (Tabla 2). L69 supera a CW y a M en cuanto a requerimiento de grados día entre la siembra y la antesis (GDD SA, Figura 2), con un comportamiento diferencial entre localidades y fechas de siembra (Tabla 2). Los GDD SA no difirieron entre FS1 y FS6, salvo para CW en Napostá y L69 en AgroUNS (Figura 2). El menor requerimiento de GDD SA se observó en L69 para FS4 en ambas localidades, mostrando CW y M la misma tendencia.

Caracteres morfológicos de la planta

En la mayoría de las fechas de siembra, la altura de la planta fue mayor en AgroUNS que en Napostá y ésta diferencia fue mayor en las fechas tempranas que en las tardías, siendo significativa la interacción entre la fecha de siembra y la localidad (FS*L, Tabla 3, Figura 3). La altura de las plantas difirió significativamente entre genotipos (Tabla 3). La altura promedio de CW fue de $65,4 \pm 0,98$ cm, significativamente superior a la de L69 ($59,2 \pm 0,98$ cm) y ésta, a su vez, estadísticamente superior a la de M ($54,2 \pm 0,98$ cm) ($p < 0,05$).

El número de ramificaciones difirió entre genotipos, aunque no existieron respuestas

Tabla 3. Resultados del ANDEVA de las variables medidas en respuesta a localidad (L), fecha de siembra (FS), genotipo (G) y las interacciones entre la fecha de siembra y el genotipo (FS*G), entre la fecha de siembra y la localidad (FS*L), entre el genotipo y la localidad (G*L) y la covariable de subparcela (cov.). AP: altura de planta (cm), R1°: número de ramificaciones primarias, DC: diámetro de capítulo principal de la ramificación primaria (mm), C: número de capítulos por planta, C5RS: número de capítulos en las cinco ramificaciones superiores, F/C: número de frutos por capítulo, P1000: peso de 1000 frutos (g), MG: materia grasa (%), y Rend: rendimiento de grano (kg/ha). Estadístico de Fisher, los grados de libertad (gl) y el nivel de significancia para cada fuente de variación

Fuente de variabilidad	AP	R1°	DC	MG	C	C5RS	F/C	P1000	Rend
L (1 gl)	2,5ns	0,1ns	29,5**	36,9***	3,5ns	10,8*	26,8**	1,0ns	15,4**
FS (5 gl)	1,6ns	4,2*	5,6**	15,6***	7,3**	6,5**	5,0**	1,2ns	5,6**
G (2 gl)	49,7***	3,6*	2,4ns	1775,9***	4,2*	13,1**	4,0*	235,2***	10,9***
FS*G (10 gl)	1,0ns	1,5ns	0,9ns	2,0*	0,9ns	0,8ns	0,9ns	0,54ns	1,2ns
FS*L (5 gl)	8,0***	1,2ns	2,4*	2,1ns	3,6**	5,7***	1,5ns	3,2*	2,9*
G*L (2 gl)	2,2ns	1,9ns	0,8ns	16,3***	0,1ns	0,5ns	0,4ns	4,3*	4,9**
Cov (1 gl)	2,7ns	1,0ns	0,1ns	0,36ns	5,7*	6,0*	1,4ns	5,8*	8,7**

ns: no significativo, *: $p < 0,05$; **: $p < 0,01$; ***: $p < 0,001$.

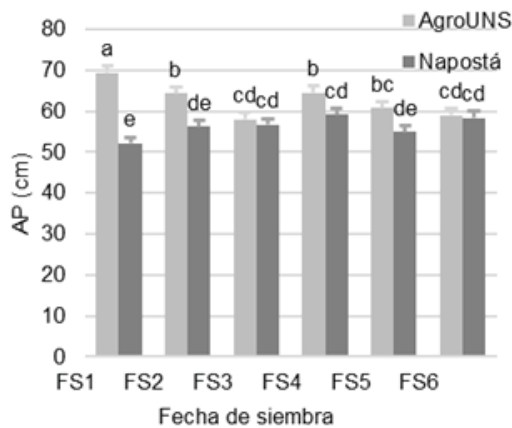


Figura 3. Altura de planta (AP) (cm) por fecha de siembra y por localidad. Letras diferentes indican diferencias significativas ($p < 0,05$)

diferenciales a los factores localidad y fecha de siembra (Tabla 3). M ($6,94 \pm 0,16$) fue la de mayor número de ramificaciones, pero sólo se diferenció significativamente de L69 ($6,35 \pm 0,17$). En promedio, el mayor número de ramificaciones se observó en FS3 ($7,32 \pm 0,21$) y el menor en FS4 ($6 \pm 0,21$).

Con excepción de FS3, el diámetro de capítulo fue mayor en AgroUNS que en Napostá (Figura 4). Las fechas de siembra más tempranas en ambas localidades tendieron a mostrar el mayor diámetro de capítulo (Figura 4), aunque no existieron diferencias entre genotipos.

Contenido de materia grasa

Bajo las condiciones evaluadas, el efecto del

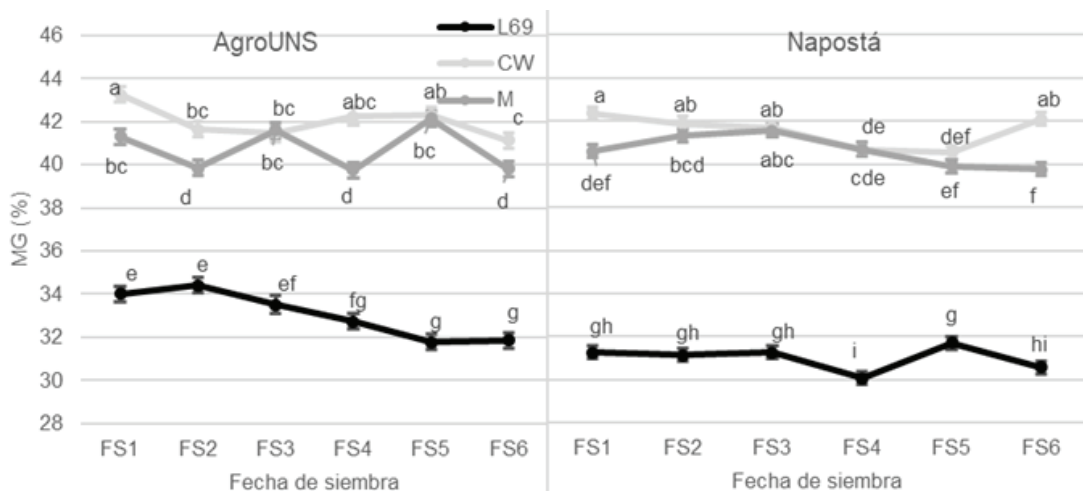


Figura 5. Materia grasa promedio (MG%) por fecha de siembra y por genotipo dentro de cada localidad. Para cada localidad, letras diferentes indican diferencias significativas ($p < 0,05$)

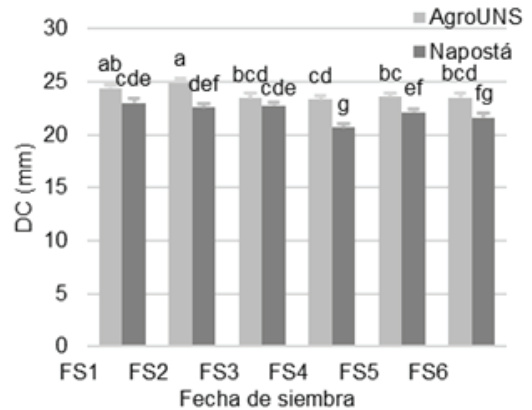


Figura 4. Diámetro de capítulo (DC) por fecha de siembra y por localidad. Letras diferentes indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

genotipo sobre el contenido de materia grasa del fruto fue preponderante por sobre la fecha de siembra y el ambiente (Tabla 3), similar a lo reportado por otros autores (Hussein et al., 2018). La localidad, la interacción localidad por genotipo y en menor medida la fecha de siembra y la interacción fecha de siembra por genotipo fueron componentes significativos de la variabilidad en el porcentaje de materia grasa (Tabla 3). El genotipo invernal L69 exhibió el menor porcentaje de MG, difiriendo ampliamente de los genotipos primaverales (Figura 5). La materia grasa en AgroUNS fue en promedio 2,1; 0,4 y 0,3% mayor que en Napostá para L69, CW y M, respectivamente. Samanci y Özkaynak (2003) encontraron mermas de 2,5% de contenido de materia grasa con un mes de atraso de la fecha de siembra y Koç (2019) observó mermas de entre 2

y 2,9% de materia grasa con dos meses y medio de atraso en la fecha de siembra. Emami et al. (2011) por el contrario no observaron disminución de la materia grasa en un rango de siembra de tres meses. En el presente trabajo, con diferencias de dos meses y medio en la fecha de siembra, la materia grasa disminuyó en 1,1 %.

Componentes de rendimiento

El ajuste de rendimiento medio entre fechas de siembra se asoció a cambios en algunas de las características de la planta (Figuras 3 y 4) y en los componentes de rendimiento (Figuras 6-8). El número de capítulos por planta y el número de capítulos en las cinco ramificaciones superiores se comportaron de forma similar e interdependiente.

Por lo tanto, el análisis de resultados se centró en la segunda variable, que mostró el mejor ajuste en el modelo de ANDEVA. En general, el número de capítulos en las cinco ramificaciones superiores fue mayor en AgroUNS que en Napostá excepto en FS3 que fue al revés (FS*L, Tabla 3, Figura 6).

El número de frutos por capítulo fue mayor en AgroUNS que en Napostá (Tabla 3, Figura 7). Fue máxima en FS2 y FS3 en AgroUNS (42,42 ± 1,94) y Napostá (32,47 ± 1,94), respectivamente. Sin embargo, promediando localidades, el número de frutos por capítulo se maximizó en FS2 (36,13 ± 1,22), superando estadísticamente a FS4 y FS6. Si bien los genotipos fueron contrastantes para esta variable, la localidad tuvo un efecto preponderante (Figura 7).

El genotipo fue la principal fuente de variabilidad

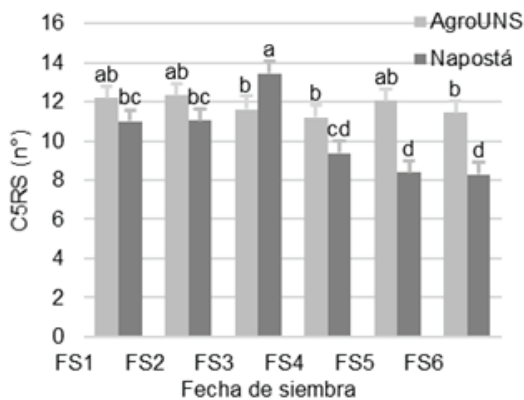


Figura 6. Número de capítulos en las cinco ramificaciones superiores (C5RS) por fecha de siembra y por localidad. Letras diferentes indican diferencias significativas ($p < 0,05$)

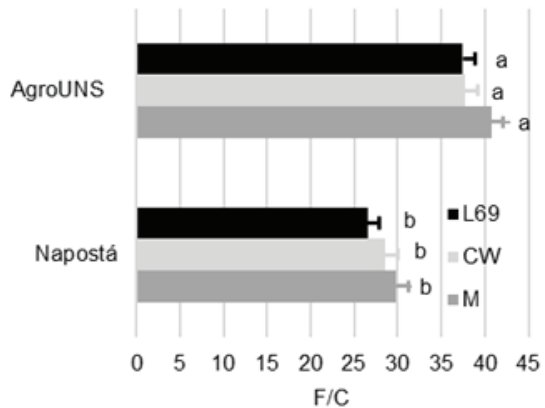


Figura 7. Número de frutos por capítulo (F/C) por localidad y por genotipo. Letras diferentes indican diferencias significativas ($p < 0,05$)

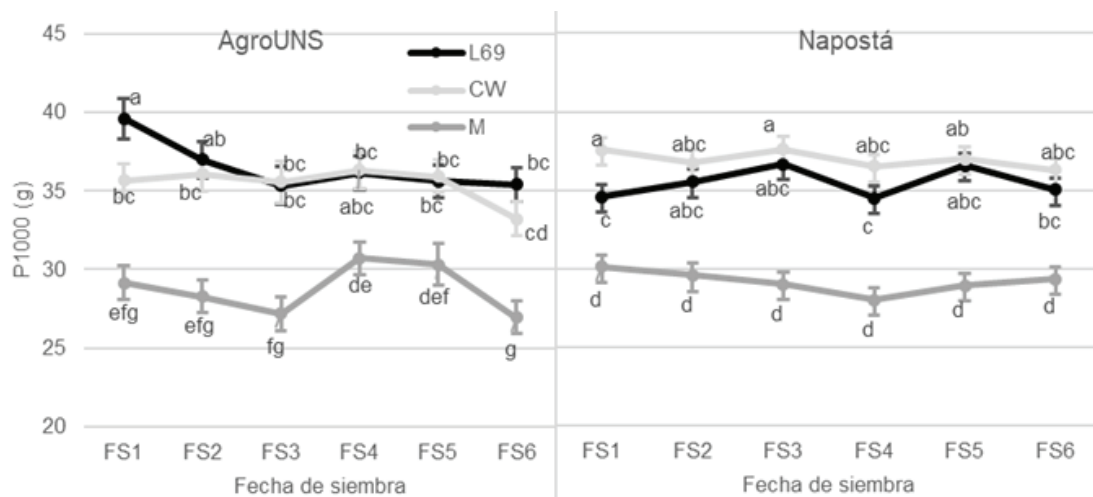


Figura 8. Peso de 1000 frutos (P1000) (g) por fecha de siembra, genotipo y localidad. Para cada Localidad, letras diferentes indican diferencias significativas ($p < 0,05$)

en el P1000 (Tabla 3). M presentó el menor P1000 en ambas localidades, mientras que CW superó a L69 en Napostá, y lo contrario se observó en AgroUNS (Tabla 3, Figura 8). En AgroUNS, el P1000 de L69 y M difirió entre fechas de siembra en uno y dos casos, respectivamente (Tabla 3, Figura 8). En el resto de los casos, el P1000 fue estable para cada uno de los genotipos frente a cambios en la fecha de siembra (Figura 8).

Rendimiento de grano

La fecha de siembra, la localidad, el genotipo y la interacción de la localidad con la fecha de siembra y el genotipo fueron componentes significativos de la varianza del rendimiento (Tabla 3). El rendimiento en grano en siembras tempranas fue mayor al de siembras tardías, lo que sería consecuencia de un período vegetativo más extendido y una mayor producción de biomasa (Koutroubas et al., 2009; Emami et al., 2011). Esto significaría un mayor crecimiento radical y exploración de estratos profundos del suelo, donde se depositan reservas de agua (Yau, 2007; Koc, 2019). Además, existen evidencias de que el 65-92% de los asimilados generados antes de antesis, se traslocan a la semilla de cártamo (Koutrobas et al., 2004), por lo que un mayor crecimiento vegetativo durante la preantesis generaría mayor rendimiento de grano.

A diferencia de trabajos similares realizados en otros países (Alinaghizadeh et al., 2008; Badri et al., 2012; Aboodeh et al., 2020), pero en consonancia con lo hallado por Franchini et al. (2021), en este trabajo no se observó un efecto de interacción entre la fecha de siembra y el genotipo sobre el

rendimiento (Tabla 3). Las variaciones observadas en el rendimiento no reflejaron las diferencias contrastantes en cuanto a ciclo y respuesta al frío de los genotipos (Figura 9), en gran parte, debido a que el año de ensayo presentó condiciones climáticas invernales moderadas.

Las combinaciones de genotipos por fecha de siembra de mayor rendimiento se observaron en AgroUNS. A nivel general, las dos fechas más tempranas tendieron a maximizar el rendimiento en esta localidad (Figura 9). Sólo en FS3 CW fue el genotipo de mayor rendimiento, mientras que bajo FS2 únicamente superó a M. Aunque las diferencias no siempre fueron significativas, el rendimiento más bajo de L69 fue registrado en FS3. En las tres fechas de siembra más tardías no existieron diferencias significativas entre genotipos.

En Napostá el rendimiento de los genotipos fue similar entre sí excepto en FS1 en que CW superó el rendimiento de M y L69 (Figura 9). En general, el rendimiento en las tres fechas de siembra más tempranas fue superior a las tres más tardías (Figura 9).

La diferencia entre localidades se maximizó en FS1, y esta diferencia podría atribuirse a una mayor ocurrencia y severidad de heladas en Napostá comparado a AgroUNS (Figura 1). Además, en AgroUNS el suelo es más arenoso y de mayor profundidad efectiva que en Napostá. Esto potencia diferencialmente el desarrollo radical y se reflejó especialmente en las fechas más tempranas, en las que el crecimiento de la parte aérea de la planta se habría visto favorecido por una mayor acumulación de biomasa radical (Singh et al., 2016) (Figura 3). La distribución diferencial de las precipitaciones

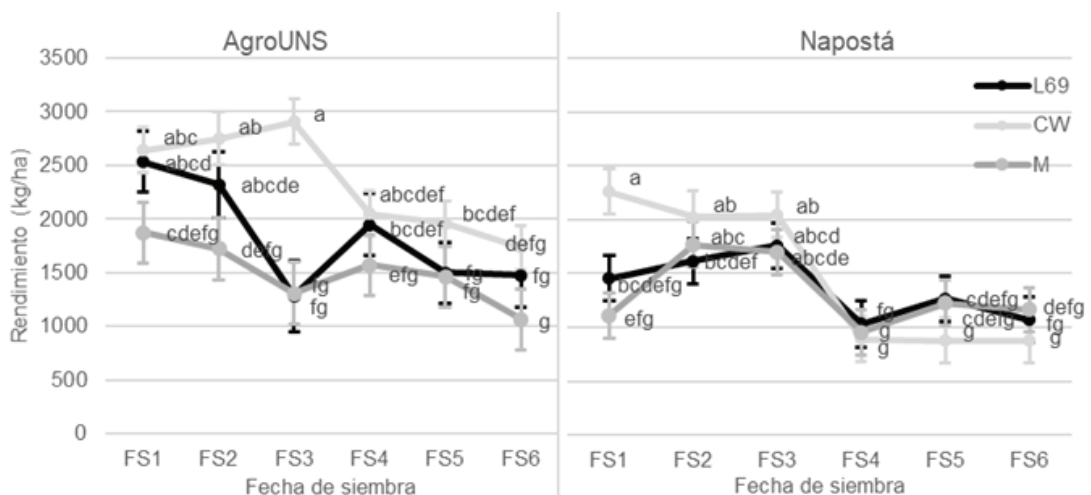


Figura 9. Rendimiento por fecha de siembra y por genotipo (CW99 OL, Montola 2000 y L69) para AgroUNS (izquierda) y Napostá (derecha). Para cada localidad, letras diferentes indican diferencias significativas ($p < 0,05$)

entre ambas localidades (Figura 1) favoreció la implantación del cultivo de M y L69 bajo FS3 en Napostá con respecto a AgroUNS. El incremento en el vigor de las plantas se mantuvo en todo el ciclo del cultivo, reflejándose en el rendimiento y coincidiendo con un valor máximo de capítulos en las cinco ramificaciones superiores en FS3 para Napostá (Figura 4).

Una regresión entre días transcurridos desde la primera fecha de siembra evaluada y el rendimiento en grano promedio para cada fecha de siembra, arrojó un modelo empírico correctamente ajustado a las medias en un modelo lineal ($R^2=0,91$). Mediante este modelo se estableció que el rendimiento decae 12,1 kg en promedio por día de atraso en la fecha de siembra (Figura 10). Omidi y Sharifmogadas (2010) en Irán, obtuvieron un modelo lineal similar en cártamo, evaluando cuatro fechas de siembra que iban desde principios hasta mediados de otoño. Invertiendo la variable regresora a días de adelanto en la fecha de siembra con respecto a FS6 y aplicando un modelo de respuesta lineal con *plateau* (Tembo et al., 2003), el ajuste fue sensiblemente menor que la regresión lineal (Figura 4). Sin embargo, analizando la Figura 4 de derecha a izquierda, se puede observar que habría una fase lineal en la que adelantos en la fecha de siembra generan incrementos de rendimiento hasta una fase estacionaria (FS2 y FS1). Para confirmar esta tendencia sería necesario evaluar la respuesta del rendimiento en fechas de siembra más tempranas. Sin embargo, en éstas, el control de malezas se volvería dificultoso y la incidencia de enfermedades foliares se incrementaría, factores difícilmente cuantificables y con un fuerte efecto sobre la viabilidad económica del cultivo (Cerrota, observación personal).

Las relaciones entre rendimiento y las variables evaluadas se analizaron sobre la base de los

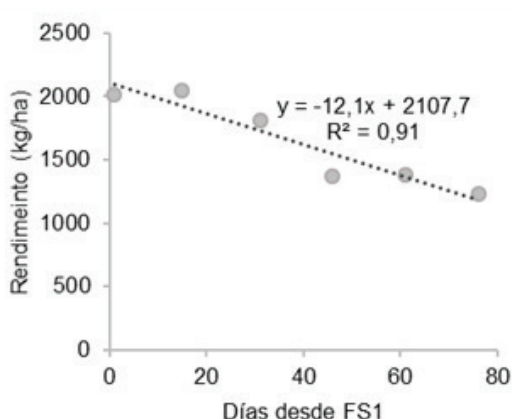


Figura 10. Análisis de regresión lineal entre el rendimiento y los días transcurridos a partir de la primera fecha de siembra (14 de mayo de 2019) en tres genotipos (CW99 OL, Montola 2000 y L69) sembrados en dos localidades (Napostá y AgroUNS). Cada punto es la media general de cada fecha de siembra (FS1 a FS6)

rendimientos de fechas de siembra promediados sobre genotipos y localidades (Tabla 4). El rendimiento se correlacionó positivamente con el número de capítulos totales, el número de capítulos en las cinco ramificaciones superiores y el diámetro de capítulos (Tabla 4).

El número de capítulos en las cinco ramificaciones superiores explicó las mermas de rendimiento con el atraso de la fecha de siembra (Tabla 4). Por el contrario, la correlación del número de capítulos totales con el rendimiento fue menor debido a que están incluidos los pequeños capítulos de estratos inferiores de la planta que poseen pocos o ningún fruto lleno y no aportan significativamente al rendimiento (Singh y Nimbkar, 2016). La densidad del cultivo juega un papel fundamental en el comportamiento de esta variable con respecto al rendimiento, por lo que puede variar ésta relación frente a diferentes densidades (Elfadl et al., 2009).

Tabla 4. Correlaciones de Pearson entre rendimiento, componentes de rendimiento y caracteres morfológicos de la planta en promedio para cada fecha de siembra (n=6). Rend: rendimiento de grano (kg/ha), MG: materia grasa (%), P1000: peso de 1000 frutos (g), AP: altura de planta (cm), R1°: número de ramificaciones primarias, C: número de capítulos por planta, C5RS: número de capítulos en las cinco ramificaciones superiores, DC: diámetro de capítulo principal de la ramificación primaria (mm), y F/C: número de frutos por capítulo

	Rend	MG	P1000	AP	R1°	C	C5RS	DC	F/C
Rend	1								
MG	0,92**	1							
P1000	0,61ns	0,67ns	1						
AP	0,30ns	0,13ns	0,35ns	1					
R1°	0,58ns	0,65ns	0,18ns	-0,60ns	1				
C	0,88*	0,88*	0,33ns	-0,13ns	0,85*	1			
C5RS	0,92**	0,93**	0,48ns	-0,02ns	0,76ns	0,97**	1		
DC	0,87*	0,84*	0,53ns	0,10ns	0,69ns	0,79*	0,75ns	1	
F/C	0,71ns	0,71ns	0,53ns	-0,18ns	0,78ns	0,71ns	0,64ns	0,92**	1

ns: no significativo, *: $p < 0,05$, **: $p < 0,01$.

El diámetro de capítulos a su vez se asoció positivamente al número de frutos por capítulos (Tabla 4). El cártamo posee un largo período de determinación del diámetro final del capítulo, el cual comienza con la diferenciación del primordio del capítulo, momento en el que se fija el número potencial de frutos (Franchini et al., 2021). Luego de la antesis se produce la fecundación y el posterior desarrollo de las semillas (Ghassemi-Golezani et al., 2016), lo que va acompañado del incremento en diámetro del capítulo. Las condiciones fisiológicas de la planta en el ambiente en el que se desarrolla tienen un efecto directo sobre el crecimiento de cada uno de estos órganos. En concordancia con este análisis, en el presente trabajo el diámetro se correlacionó con el número de frutos por capítulos (Tabla 4). Otros autores reportaron que el número de frutos por capítulo fue el componente de rendimiento que mejor explicó la merma de rendimiento frente a atrasos en la fecha de siembra (Nikabadi et al., 2008).

En este, al igual que en otros trabajos sobre cártamo (Emami et al., 2011), el rendimiento se asoció positivamente a la materia grasa (Tabla 4), lo cual se debería a la variación de la cantidad de frutos vanos y parcialmente llenos en la masa de granos, que según Khomari et al. (2018) es el principal factor de ajuste del rendimiento. El vaneado de los frutos, que genera mermas en el porcentaje de materia grasa, se debe a un desequilibrio entre la cantidad de capítulos y primordios florales (destinos) producidos hasta el momento de floración y los asimilados y el agua de los que dispone la planta (fuente) durante la floración y el llenado de fruto (Singh y Nimbkar, 2016).

CONCLUSION

FS2 (28-29 de mayo) es la fecha de siembra recomendada para el cultivo de cártamo en el megambiente al que pertenecen las localidades evaluadas, y esta norma de manejo se extiende a un gran conjunto de genotipos representados en los tres genotipos estudiados. En principio se podría establecer que un mayor número de años deben ser ensayados para darle mayor robustez a los resultados aquí presentados. Sin embargo, este mismo ensayo realizado durante un mayor número de años puede no arrojar cambios en la norma de reacción de los genotipos evaluados si no aparecen condiciones invernales extremas, que favorezcan a los genotipos invernales sobre los primaverales. Otros experimentos deben llevarse a cabo para conocer el grado de tolerancia a las bajas temperaturas de estos genotipos. Es decir,

se debe generar información acerca de cuál es la intensidad, frecuencia y severidad de heladas a las que puede estar expuesto el cultivo en cada una de las fases del desarrollo. Ya que la variabilidad en las condiciones climáticas invernales es un factor aleatorio en la naturaleza, este tipo de experimentos requiere de condiciones controladas en cámara de crecimiento.

En conclusión, se debe partir de la recomendación general aquí expuesta, y con el avance del cultivo y sobre la base de la experimentación con diversos materiales vegetales en diferentes condiciones, se adaptará la fecha de siembra a cada condición puntual dada por un sinfín de variables, como por ejemplo el cultivo antecesor, la longitud del barbecho, la cercanía a un sistema de sierras, la topografía del lote, el uso de nuevos genotipos mejorados o introducidos y la falta de humedad a la siembra.

BIBLIOGRAFIA

- Aboodeh, H., Moradi Telavat, M. R., Moshattati, A. y Mousavi, S. H. (2020). The Response of Morphology, Yield and Yield Components of Spring Safflower Genotypes to Different Sowing Dates. *Journal of Crop Production and Processing*, 9(4), 215-227. <http://dx.doi.org/10.47176/jcpp.9.4.22255>
- Alinaghizadeh, M., Dehnavi, M. M, Faraji, H., Dehdari, A. y Gandomani, M. A. (2008). *Effects of sowing dates on yield and yield components of different spring safflower (Carthamus tinctorius) cultivars as a double crop in Yasouj, Iran*. En S. E. Knights y T. D. Potter (Eds), *Proceedings of the 7th International Safflower Conference*. Wagga Wagga, Australia: Australian Oilseeds Federation. http://www.australianoilseeds.com/_data/assets/pdf_file/0020/6770/final_Alinaghizadeh_poster_paper.pdf
- American Oil Chemists Society (AOCS) (2001). Official methods and recommended practices of the American Oil Chemists' Society (5ta Edición). D. Firestone (Ed). Champaign, Illinois, AOCS Press.
- Badri, A. R., Rad, A. H. S., Zadeh, S. S. y Bitaraftan, Z. (2012). Sowing date effect on spring safflower cultivars. *International Journal of Science and Advanced Technology*, 1(9), 26-32.
- Baltarini, M. G. y Di Rienzo, J. A. InfoGen (versión 2016). Córdoba, Argentina: Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Córdoba.
- Barbour, G. W., Usayran, N. N., Yau, S. K., Murr, S. K., Shaib, H. A., Abi Nader, N. N., Salameh G. M. y Farran, M. T. (2016). The effect of safflower meal substitution in a lysine fortified corn-soybean meal diet on performance, egg quality and yolk fat profile of laying

- hens. *Journal of Applied Poultry Research*, 25(2), 256-265. <https://doi.org/10.3382/japr/pfw008>
- Bohn, V. Y., Piccolo, M. C. y Perillo, G. M. E. (2011). Análisis de los períodos secos y húmedos en el sudoeste de la provincia de Buenos Aires (Argentina). *Revista de Climatología*, 11(3), 31-43.
- Cosge, B., Gürbüz, B. y Kiralan, M. (2007). Oil Content and Fatty Acid Composition of Some Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) Varieties Sown in Spring and Winter. *International Journal of Nature and Engineering Sciences*, 1(3), 11-15.
- Dwyer, L. M. y Stewart, D. W. (1986). Leaf Area Development in Field-Grown Maize. *Agronomy Journal*, 78(2), 334-343. <https://doi.org/10.2134/agronj1986.00021962007800020024x>
- Ekin, Z. (2005). Resurgence of Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) Utilization: A Global View. *Journal of Agronomy*, 4(2), 83-87. <https://doi.org/10.3923/ja.2005.83.87>
- Elfadli, E., Reinbrecht, C., Frick, C. y Claupein, W. (2009). Optimization of nitrogen rate and seed density for safflower (*Carthamus tinctorius* L.) production under low-input farming conditions in temperate climate. *Field Crops Research*, 114(1), 2-13. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2009.06.012>
- Emami, T., Naseri, R., Falahi, H. y Kazemi, E. (2011). Response of yield, yield component and oil content of safflower (cv. Sina) to planting date and plant spacing on row in rainfed conditions of Western Iran. *American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences*, 10(6), 947-953.
- Escande, A. (2009). *Documento base del Programa Nacional: Oleaginosas*. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-documento_base_del_programa_nacional_oleaginosas.pdf
- Flemmer, A. C., Franchini, M. C., y Lindström, L. I. (2015). Description of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) phenological growth stages according to the extended BBCH scale. *Annals of Applied Biology*, 166(2), 331-339. <https://doi.org/10.1111/aab.12186>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) (2018). *FAOSTAT- Cultivos y productos de ganadería*. <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL/visualize>
- Franchini, M. C., Lindström, L. I., Flemmer, A. C., Fernández, P. A. y David, M. A. (Agosto 2013). *Rendimiento de variedades invernales y primaverales de cártamo (Carthamus tinctorius L.) en dos fechas de siembra en el sur bonaerense*. Documento presentado en *II Workshop Internacional de Ecofisiología de Cultivos Aplicada al Mejoramiento Vegetal*. Mar del Plata, Buenos Aires, Argentina.
- Franchini, M. C., Flemmer, A. C., Lindström, L. I., Carrin, M. E., Constenla, D. y Johnson, R. C. (2021). How sowing date affects development and performance of safflower through climate variables. *Crop Science*, 61(4), 2775-2786. <https://doi.org/10.1002/csc2.20548>
- Ghassemi-Golezani, K., Maghferati, R., Zehtabsalmasi, S. y Dastborhan, S. (2016). Influence of water deficit and nitrogen supply on grain yield and yield components of safflower. *Advances in BioResearch*, 7, 132-136. https://www.researchgate.net/publication/299025908_Influence_of_Water_deficit_and_Nitrogen_supply_on_Grain_yield_and_yield_Components_of_Safflower
- Heuzé, V., Tran, G., Chapoutot, P., Renaudeau, D., Bastianelli, D. y Lebas, F. (2015). *Safflower (Carthamus tinctorius) seeds and oil meal*. Feedipedia, un programa de INRA, CIRAD, AFZ y FAO. <http://www.feedipedia.org/node/49>
- Hussein, A., Ibrahim, A. E., Hussein, I. y Idris, S. (2018). Performance, genetic variation and interrelationships in different traits of some safflower (*Carthamus tinctorius* L.) genotypes. *Gezira Journal of Agricultural Science*, 16(2).
- Jacob, J. (2015). *Feeding Safflower Meal to Poultry*. <https://poultry.extension.org/articles/feeds-and-feeding-of-poultry/feed-ingredients-for-poultry/oilseed-meals-in-poultry-diets/safflower-seed-meal-in-poultry-diets/>
- Johnson, R. C. y Li, D. (2008). Registration of WSRC01, WSRC02, and WSRC03 Winter Hardy Safflower Germplasm. *Journal of Plant Registrations*, 2(2), 140-142. <https://doi.org/10.3198/jpr2007.11.0637crg>
- Koc, H. (2019). Determination of optimum sowing dates of safflower (*Carthamus tinctorius*) in dry conditions. *Fresenius environmental Bulletin*, 28(9), 6453-6459.
- Koutroubas, S. D., Papakosta, D. K. y Doitsinis, A. (2004). Cultivar and seasonal effects on the contribution of pre-anthesis assimilates to safflower yield. *Field Crops Research*, 90(2-3), 263-274. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2004.03.009>
- Koutroubas, S. D., Papakosta, D. K. y Doitsinis, A. (2009). Phenotypic variation in physiological determinants of yield in spring sown safflower under Mediterranean conditions. *Field Crops Research*, 112(2-3), 199-204. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2009.03.002>
- León, A. J., Lee, M. y Andrade F. H. (2001). Quantitative trait loci for growing degree days to flowering and photoperiod response in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Theoretical and Applied Genetics*, 102, 497-503. <https://doi.org/10.1007/s001220051673>
- Li, D. y Mündel, H. H. (1996). Safflower *Carthamus tinctorius* L. En J. Heller, J. Engels y K. Hammer (Eds.). *Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops*. (Vol 7). Gatersleben, Alemania (IPK)/ Roma, Italia (IPGRI): International Plant Genetic Resources Institute.

- Lyon, D., Burgener, P., Harveson, R., Hein, G. y Hergert, G. (2007). *Growing safflower in Nebraska*. University of Nebraska, Lincoln Extension. Institute of Agriculture and Natural Resources. <https://extensionpublications.unl.edu/assets/pdf/g1702.pdf>
- Merrill, S. D., Tanaka, D. L. y Hanson, J. D. (2002). Root length growth of eight crop species in Haplustoll soils. *Soil Science Society of America Journal*, 66(3), 913-923. <https://doi.org/10.2136/sssaj2002.9130>
- Ministerio de Agricultura Ganadería y Pesca (MAGyP) (2018). <https://datos.magyp.gob.ar/dataset/estimaciones-agricolas>
- Mirasson, H., Palomo, I. R., Brevedan, R. E. y Fioretti, M. N. (2011). Rendimiento y estabilidad de variedades de cártamo (*Carthamus tinctorius* L.) en la Región Pampeana Semiárida. *Phyton - International Journal of Experimental Botany*, 80(2), 147-151.
- Movahhed, S. S., Khomari, S., Sheikhzadeh, P. y Alizadeh, B. (2018). Effect of Foliar Spray of Boron and Zinc on the Yield and Yield Components of Spring Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) under Late-Season Water Limitation. *Journal of Agroecology*, 10(3), 823-840. <https://doi.org/10.22067/JAG.V10I3.60741>
- Mündel, H. H., Blackshaw, R. E., Byers, J. R., Huang, H. C., Johnson, D. L., Keon, R., Kubik, J., McKenzie, R., Otto, B., Roth, B. y Stanford, K. (2004). *Safflower production on the Canadian Prairies*. Agriculture and Agri-Food Canada. Lethbridge, Alberta. GRAPHCOM PRINTERS LTD.
- Nikabadi, S., Soleimani, A., Dehdashti, S. M. y Yazdanibakhsh, M. (2008). Effect of sowing dates on yield and yield components of spring safflower (*Carthamus tinctorius* L.) in Isfahan Region. *Pakistan Journal of Biological Science*, 11, 1953-1956. <https://doi.org/10.3923/pjbs.2008.1953.1956>
- Omidi, A. H. y Sharifmogadas, M. R. (2010). Evaluation of Iranian safflower cultivars reaction to different sowing dates and plant densities. *World Applied Sciences Journal*, 8(8), 953-958.
- Pascual-Villalobos, M. J. y Albuquerque, N. (1995). Genetic variation of a safflower germplasm collection grown as a winter crop in southern Spain. *Euphytica*, 92, 327-332. <https://doi.org/10.1007/BF00037116>
- Rivas, J. (2009). *Convenio Oleaginosa Moreno SA-EEA INTA Hilario Ascasubi*. https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta-_cartamo-09_10.pdf
- Rivas, J. y Matarazzo, R. (2009). *Producción de cártamo: Consideraciones generales* (Boletín de Divulgación N° 20), Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA).
- Samanci, B. y Özkaynak, E. (2003). Effect of planting date on seed yield, oil content and fatty acid composition of safflower (*Carthamus tinctorius*) cultivars grown in the Mediterranean region of Turkey. *Journal of agronomy and crop science*, 189(5), 359-360. <https://doi.org/10.1046/j.1439-037X.2003.00053.x>
- Shahbaz, K., Mjalli, F. S., Hashim, M. A. y AlNashef, I. M. (2013). Elimination of all free glycerol and reduction of total glycerol from palm oil-based biodiesel using non-glycerol based deep eutectic solvents. *Separation Science and Technology*, 48(8), 1184-1193. <https://doi.org/10.1080/01496395.2012.731124>
- Singh, S., Angadi, S. V., Hilaire, R. S., Grover, K. y Van Leeuwen, D. M. (2016). Spring safflower performance under growth stage based irrigation in the Southern High Plains. *Crop Science*, 56(4), 1878-1889. <https://doi.org/10.2135/cropsci2015.08.0481>
- Singh, V. y Nimbkar, N. (2016). Safflower. In: S. K. Gupta (Ed.), *Breeding Oilseed Crops for Sustainable Production* (149-167). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/C2013-0-19479-2>
- Tabatabaei, S. A. y Ansari, Q. (2017). Predicting seed germination of safflower cultivars using hydrotime model. *Cercetări Agronomice în Moldova*, L(1), (169), 79-87. <https://doi.org/10.1515/cerce-2017-0007>
- Tanaka, D. L., Riveland, N. R., Bergman, J. W. y Schneiter, A. A. (2-7 de junio de 1997). *Safflower plant development stages*. Documento presentado en *Proceedings of IVth International Safflower Conference* (179-180). Bari, Italia.
- Tembo, G., Brorsen, B. W. y Epplin, F. M. (Febrero 2003). *Linear response stochastic plateau functions*. Documento presentado en *Southern Agricultural Economics Association Annual Meeting*. Mobile, Alabama, EEUU. <https://doi.org/10.22004/ag.econ.35217>
- Yasari, T., Shahsavari, M. y Rezaei, M. (2014). Safflower growing degree days in different temperature regimes. *Scientific Journal of Crop Science*, 3(12), 123-130.
- Yau, S. K. (2007). Winter versus spring sowing of rain-fed safflower in a semi-arid, high-elevation Mediterranean environment. *European Journal of Agronomy*, 26(3), 249-256. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2006.10.004>
- Zimmerman, L. H. (1973). Effect of Photoperiod and Temperature On Rosette Habit in Safflower. *Crop Science*, 13(1), 80-81. <https://doi.org/10.2135/cropsci1973.0011183X001300010024x>
- Zimmerman, L. H. y Buck, B. B. (1977). Selection for Seedling Cold Tolerance in Safflower with Modified Controlled Environment Chambers. *Crop Science*, 17(5), 679-682. <https://doi.org/10.2135/cropsci1977.0011183X001700050001x>