



## ***Brassica carinata* L. como alternativa de cultivo invernral: fecha de siembra y arreglo espacial**

Foto: Sebastián R. Mazzilli

### **Sebastián R. Mazzilli**

Ing. Agr. (Dr). Profesor Adjunto, Departamento de Producción Vegetal - EEMAC– Ecofisiología y manejo de cultivos.

### **Sebastián Bonansea**

Ing. Agr. Estudiante de maestría, Departamento de Producción Vegetal - EEMAC– Ecofisiología y manejo de cultivos.

### **Gastón Schenck**

Ing. Agr. Estudiante de maestría, Departamento de Producción Vegetal - EEMAC– Ecofisiología y manejo de cultivos.

### **Federico Dominguez**

Técnico de proyecto, Departamento de Producción Vegetal - EEMAC– Ecofisiología y manejo de cultivos

## INTRODUCCIÓN

La “mostaza de Etiopía” o carinata (*Brassica carinata* L.) es un cultivo nativo de las tierras altas de Etiopía, cultivado en pequeña escala como hortaliza u oleaginosa. Posee rasgos agronómicos y fisiológicos, *a priori*, superiores a *B. napus* L. (Colza) que despertaron el interés en el cultivo (Cardone *et al.*, 2003). Estos rasgos incluyen tolerancia a sequía, a altas temperaturas, y resistencia a ciertas enfermedades (ej: Alternaria spp.) (Hossain *et al.*, 2018). Sumado a estas características, su aceite con alta concentración de ácidos grasos de cadena larga, principalmente ácido erúcido, lo vuelve altamente deseado por la industria de biocombustibles de alta energía (combustible para aviones: BioJet), ya que se requiere menos energía durante el refinamiento (Falasca y Ulberich, 2020; Mulvaney *et al.*, 2019; Seepaul *et al.*, 2016). Si bien tiene un contenido elevado de aceite en sus semillas, no es apto para consumo humano (Pan *et al.*, 2012; Zanetti *et al.*, 2009). Sus subproductos abarcan desde aplicaciones industriales como plásticos, lubricantes, pinturas, jabones, cosméticos, curtido de cueros (Hossain *et al.*, 2018), así como alimentación animal con alto contenido proteico y bajo contenido de fibra (Xin y Yu, 2014).

Su desarrollo inicial es más rápido y vigoroso que el cultivo de colza y a su vez presenta ciclos a floración y maduración más largos que colza. Por tanto, tiene mayor período de cosecha de radiación, generando un rendimiento potencial mayor sostenido en mayor número de silicuas por unidad de superficie, gracias a sus ramificaciones secundarias, terciarias, cuaternarias (Falasca y Ulberich, 2020).

Desde el año 2016 nuestro grupo de trabajo viene desarrollando distintos trabajos tendientes a evaluar la adaptación de este cultivo a las condiciones locales de producción y evaluar desde el punto de vista de la ecofisiología, los manejos agronómicos que maximizan los rendimientos y/o estabilizan los mismos en el tiempo. En este trabajo se presentan resultados sobre impactos de la fecha de siembra y el arreglo espacial de cultivo en el rendimiento en grano. La totalidad de estos trabajos fueron realizados en el marco de un convenio de investigación entre la Facultad de Agronomía y la empresa UPM-Biofules.

## FECHA DE SIEMBRA Y RENDIMIENTO EN GRANO

La ubicación del periodo óptimo de siembra y el largo del ciclo, son determinantes para el éxito de la inclusión de un nuevo cultivo en un sistema de producción ya establecido. Para un cultivar específico, la fecha de siembra es la variable de manejo determinante de la ubicación temporal de las distintas etapas fenológicas del cultivo, impactando tanto en el rendimiento como en riesgos asociados al régimen térmico.

Durante tres zafas (2016-2018) se realizaron una serie de experimentos en la Estación Experimental «Dr. M.A. Cassinoni» (31° 21'S / 58° 02' W) utilizando el único cultivar comercial disponible de carinata (cv. Avanza 641), utilizando fechas de siembra desde mediados de marzo a mediados de setiembre (Figura 1). El objetivo fue cuantificar tres aspectos relevantes del cultivo: (1) el rendimiento en grano (con máximos cercanos a los 6000 kg ha<sup>-1</sup>), (2) el cambio en rendimiento en función de la fecha de siembra (mayores rendimientos en fechas tempranas), (3) ajuste fenológico del periodo siembra-floración (Figura 2).

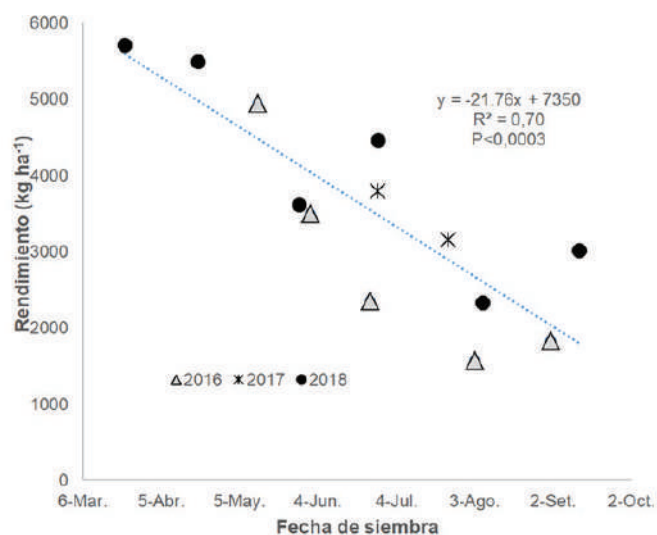


Figura 1. Rendimiento en grano según fecha y año de siembra.

Para los tres años evaluados, se observó una disminución de rendimientos de 22 kg ha<sup>-1</sup> por cada día de atraso en la fecha de siembra, entre fin de marzo y mediados de setiembre, lo que indica que adelantar la fecha de siembra tuvo un impacto positivo en el rendimiento alcanzado (Figura 1). No obstante, durante los tres años evaluados no existieron heladas meteorológicas de importancia (frecuencia e intensidad), lo cual, bajo

eventos de este tipo, los resultados podrían verse modificados y el riesgo asociado a estos eventos queda determinado por la fecha de siembra (Figura 2).

Desde el punto de vista fenológico se observa una importante respuesta al fotoperiodo, lo que implica que, si es sembrado a fin de marzo, el ciclo tiene una duración media de 2200 °C día, ajustando su ciclo (medido en °C días) de forma lineal hasta siembras de mediados de agosto (900 °C día). Esto implica que se produce un acortamiento del periodo hasta un fotoperiodo umbral medio de 12.1 hs.

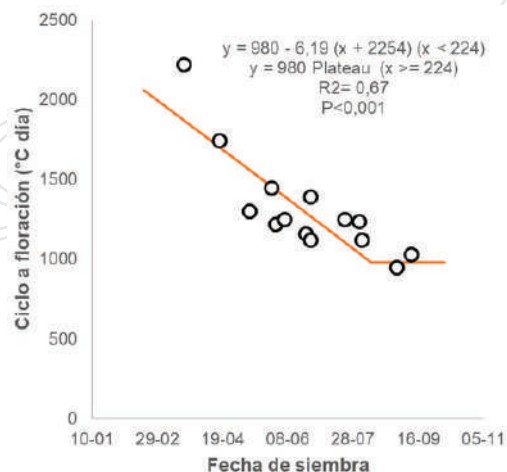
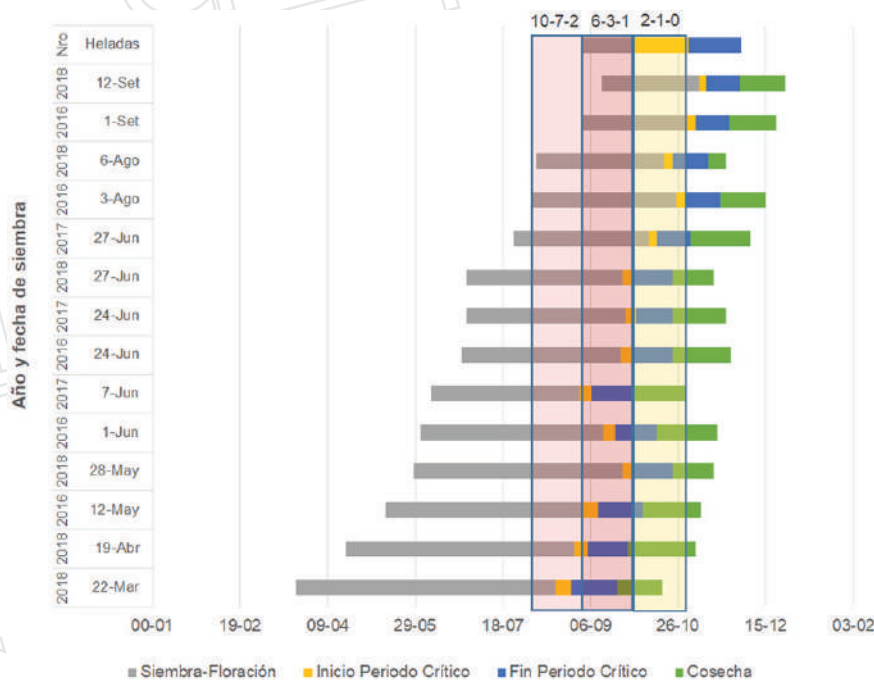


Figura 2. Duración del ciclo a floración según fecha de siembra.

La probabilidad de ocurrencia de heladas es un aspecto relevante para la ubicación de la fecha de siembra, ya que esta última, es la herramienta para manejar el riesgo asociado a heladas en floración y el periodo de llenado de granos. En la figura 3 se puede observar el periodo vegetativo del cultivo, inicio de floración, periodo crítico de determinación del rendimiento (100 a 400 °C día post inicio de floración) (Kirkegaard et al., 2018) y momento de cosecha. En la misma figura se marca para los meses de agosto, setiembre y octubre, el número de heladas (según el percentil evaluado) a las que potencialmente está expuesto el cultivo en las etapas de floración y llenado de grano. Las fechas de siembra de marzo hasta mediados de mayo son las que presentan mayor riesgo potencial de heladas en dichos periodos, aumentando dicho riesgo en la medida que la fecha es más temprana, debido a un mayor riesgo de ocurrencia del fenómeno.



**Figura 3.** Ubicación del periodo crítico de determinación del rendimiento (Kirkegaard *et al.*, 2018) (100 a 400 °C día luego de inicio de floración) y riesgo de heladas en floración y periodo crítico según fecha y año de siembra para la zona de influencia de la EEMAC. Cada barra vertical indica el mes (agosto, setiembre y octubre) y los valores arriba de la barra indican el número esperado de heladas según el percentil (P) evaluado (P10-P50-P90) obtenido de INIA GRAS (<http://www.inia.uy/gras/Clima/Caracterizaci%C3%B3n-agroclim%C3%A1tica/Heladas>).

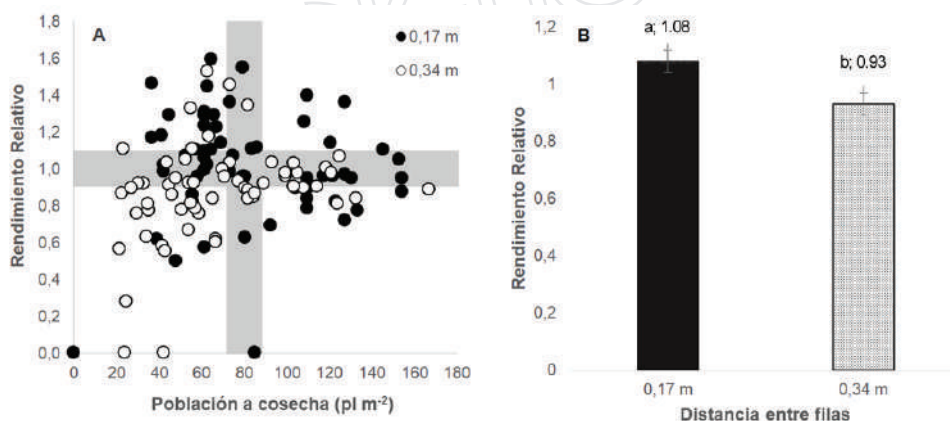
El riesgo de heladas en floración/periodo crítico y el potencial de rendimiento presentan una relación inversa, dado que la única manera de escapar totalmente de este riesgo es atrasar la fecha de siembra, resultando así en una pérdida de potencial de rendimiento. De manera adicional, esta estrategia afecta la fecha de siembra del cultivo de segunda, aunque el retraso es proporcionalmente menor que el retraso en la siembra por la sensibilidad del cultivo al fotoperiodo (Figura 2).

## ARREGLO ESPACIAL

Otro aspecto relevante es el arreglo espacial de las plantas (población, distancia entre filas y uniformidad de distribución de plantas en la fila) y para este cultivo en particular existen escasos antecedentes, generados en zonas agroclimáticas diferentes a las locales (Hossain *et al.*, 2018; Mulvaney *et al.*, 2019). Por estos motivos, se instalaron en la Estación M.A

Cassinoni (2016-2018), una serie de experimentos con distintas poblaciones objetivos (30 a 90 pl m<sup>-2</sup>) y dos distancias entre filas (0,17 y 0,34 m).

Los resultados permiten concluir que hay un amplio rango de poblaciones que maximizan el rendimiento y sólo empieza a observarse una disminución de rendimientos con poblaciones menores a las 40 pl m<sup>-2</sup> a cosecha (Figura 4A). Por otra parte, en términos medios, los mayores rendimientos fueron logrados cuando se utilizó la distancia entre fila menor (Figura 4B). Un aspecto a tener en consideración es la variabilidad en la proporción de semillas que logran implantarse. Para el cálculo de semillas a sembrar en estos experimentos utilizamos un valor esperado de implantación de 50 %, pero los resultados indican que además de la alta variabilidad entre experimentos, existe una disminución de la proporción de plantas logradas en la medida que aumenta la población objetivo (de 82 a 42 % de implantación para poblaciones objetivos de 30 a 90 pl m<sup>-2</sup>) (datos no presentados).




**Figura 4.** Rendimiento relativo a la media del año en función de la población a cosecha (A), y efecto medio de la distancia entre filas sobre el rendimiento relativo (B).

## CONSIDERACIONES FINALES

Los resultados obtenidos a nivel local en el cultivo de *Brassica carinata* L. (cv. Avanza 641) muestran que tiene una buena adaptación a nuestras condiciones productivas, logrando rendimientos máximos muy elevados (cerca de los 6000 kg ha<sup>-1</sup>), especialmente en siembras tempranas. Las siembras tempranas (fin de marzo) hasta mediados de mayo son las que presentan mayor potencial de rendimiento, pero a su vez mayor riesgo potencial de heladas en el periodo crítico de determinación del rendimiento. A su vez, el ciclo mostró un importante ajuste al atrasar la fecha de siembra (de 2000 a 900 °C día), lo cual es asociado a una alta sensibilidad al fotoperiodo.

El cultivo mostró una importante plasticidad a la población a cosecha, maximizándose los rendimientos con un amplio rango de poblaciones (40 a 150 pl m<sup>-2</sup>). Poblaciones menores de 40 pl m<sup>-2</sup>, tendieron a presentar menores rendimientos, especialmente a las distancias entre fila mayores.

Más información está siendo actualmente generada, lo cual permitirá mejorar el ajuste de manejo de este promisorio cultivo a nuestro sistema de producción. 

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Cardone, M., Mazzoncini, M., Menini, S., Rocco, V., Senatore, A., Secciani, M., Vitolo, S., 2003.** *Brassica carinata* as an alternative oil crop for the production of biodiesel in Italy: Agronomic evaluation, fuel production by transesterification and characterization. *Biomass and Bioenergy* 25, 623–636. [https://doi.org/10.1016/S0961-9534\(03\)00058-8](https://doi.org/10.1016/S0961-9534(03)00058-8)
- Falasca, S., Ulberich, A., 2020.** La producción de mostaza etíope (*Brassica carinata*) en Argentina como cultivo energético Author (s): Silvia Falasca and Ana Ulberich Published by : Pan American Institute of Geography and History Stable URL : <https://www.jstor.org/stable/40996825> La p 148, 7–22.
- Hossain, Z., Johnson, E.N., Blackshaw, R.E., Liu, K., Kapiniak, A., Gampe, C., Molnar, L., Luan, L., Poppy, L., Gan, Y., 2018.** Agronomic responses of *Brassica carinata* to herbicide, seeding rate, and nitrogen on the northern great plains. *Crop Sci.* 58, 2633–2643. <https://doi.org/10.2135/cropsci2018.05.0312>
- Kirkegaard, J.A., Lilley, J.M., Brill, R.D., Ware, A.H., Walela, C.K., 2018.** The critical period for yield and quality determination in canola (*Brassica napus* L.). *F. Crop. Res.* 222, 180–188. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2018.03.018>
- Mulvaney, M.J., Leon, R.G., Seepaul, R., Wright, D.L., Hoffman, T.L., 2019.** *Brassica carinata* seeding rate and row spacing effects on morphology, yield, and oil. *Agron. J.* 111, 528–535. <https://doi.org/10.2134/agronj2018.05.0316>
- Pan, X., Caldwell, C.D., Falk, K.C., Lada, R., 2012.** The effect of cultivar, seeding rate and applied nitrogen on *Brassica carinata* seed yield and quality in contrasting environments. *Can. J. Plant Sci.* 92, 961–971. <https://doi.org/10.4141/cjps2011-169>
- Seepaul, R., George, S., Wright, D.L., 2016.** Comparative response of *Brassica carinata* and *B. napus* vegetative growth, development and photosynthesis to nitrogen nutrition. *Ind. Crops Prod.* 94, 872–883. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2016.09.054>
- Xin, H., Yu, P., 2014.** Rumen degradation, intestinal and total digestion characteristics and metabolizable protein supply of *carinata* meal (a non-conventional feed resource) in comparison with canola meal. *Anim. Feed Sci. Technol.* 191, 106–110. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2014.01.013>
- Zanetti, F., Vamerli, T., Mosca, G., 2009.** Yield and oil variability in modern varieties of high-erucic winter oilseed rape (*Brassica napus* L. var. *oleifera*) and Ethiopian mustard (*Brassica carinata* A. Braun) under reduced agricultural inputs. *Ind. Crops Prod.* 30, 265–270. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2009.05.002>



Cultivo de carinata durante el llenado de grano en la zafra 2018 y un cultivo de cobertura de avena usado como testigo.