



BRASSICA CARINATA, UNA ALTERNATIVA INVERNAL VIABLE PARA LA REGIÓN CENTRO DE SANTA FE

ZUIL, S.¹, ROSETTI, L.¹, VELLAZ, O.²

¹EEA INTA Rafaela

²NUSEED Argentina S.A.

Fecha de publicación: 30 de marzo de 2022

INTRODUCCIÓN

Brassica carinata, también llamada colza etíope, mostaza etíope, mostaza abisinia o carinata, es una especie perteneciente a la familia de las crucíferas o *Brassicaceae*. En algunas regiones de África (Alemayehu y Becker, 2002), carinata se cultiva como comestible, pero tiene altos niveles de ácido erúxico y glucosinolatos indeseables para la dieta humana (Getinet et al., 1997), por lo que en la actualidad ha sido reemplazada por la colza (*Brassica napus*), con la que se encuentra estrechamente emparentada.

Su inclusión en la rotación puede resultar muy importante debido a que sus raíces pivotantes contribuyen en la mejora de la estructura del suelo (aspectos físicos) y aportan carbono al sistema edáfico. Asimismo, su rápido crecimiento la convierte en una buena competidora con las malezas, disminuyendo la cantidad de aplicaciones y logrando planteos productivos más sustentables. Otras ventajas estratégicas de este cultivo son la desocupación temprana del lote, al cosecharse en el mes de noviembre permite la realización del cultivo estival de manera anticipada, su menor tendencia al desgrane (no tiene dehiscencia) y la menor susceptibilidad a enfermedades (Falasca y Ulberich, 2010).

Carinata no es un *commodity* como el trigo, sino que es una *speciality* que se comercializa bajo contratos y está orientado a un mercado específico, como el biodiesel. El producto cosechable (granos) contiene un aceite no comestible de alta calidad, por lo que resulta una alternativa para la producción de biocombustibles de segunda generación. También es utilizado como harina para alimentación animal, por su alto contenido proteico y bajo contenido de fibra. La particularidad de ser un *speciality* hace que la formación de precios sea diferente (más elevada) a los cultivos agrícolas de renta comunes, lo que, sumado al bajo uso de insumos fitosanitarios, hace que su rentabilidad sea mucho mayor.

Así como la colza, carinata tiene elevados requerimientos hídricos y es muy exigente en cuanto a fertilidad de nitrógeno (N) y azufre (S) (Ferraris et al. 2020). Actualmente, en el mercado existen un híbrido y una variedad de esta especie y se desconoce tanto el comportamiento productivo como la época de siembra en la que se maximizan los rendimientos. El objetivo del presente trabajo fue evaluar el comportamiento productivo y económico de dos cultivares de *B. carinata* en dos épocas de siembra en la zona centro oeste de Santa Fe.

MATERIALES Y MÉTODOS:

El experimento se sembró en la EEA INTA Rafaela (Lat. 31°12'S 61°30' W) durante la campaña 2021. Los cultivares de *B. carinata* utilizados fueron Nujet 400

(híbrido) y Avanza 641 (variedad) proporcionados por la empresa NUSEED S.A. Los tratamientos consistieron en una combinación de los cultivares en dos épocas de siembra. La siembra para la primera época se realizó en mayo (07/05/2021) y para la segunda en julio (04/07/2021).

El experimento fue conducido bajo un diseño en bloques completos al azar con tres repeticiones, las unidades experimentales consistieron en siete surcos distanciados a 20 cm y 5 m de largo (7 m²) (Figura 1). Las parcelas se mantuvieron en condiciones de secano, libres de malezas e insectos perjudiciales.



Figura 1. Detalle fotográfico de a) las parcelas distribuidas por época de siembra, b y c) varas florales con flores abiertas durante el periodo de floración, d y e) detalle de las silicuas en diferentes momentos del llenado de granos, f) carinata al comienzo del llenado de granos, g) cosecha de las parcelas con máquina experimental, h) e i) volumen de rastrojo en superficie que quedó en el lote luego de la trilla de las parcelas.

El ensayo se implantó sobre un suelo Argiudol típico (Serie Rafaela), de textura franco-limosa (USDA Soil Taxonomy). Previo a la siembra, se realizó un análisis químico del suelo (materia orgánica, nitrógeno total, N-NO₃, P disponible, pH y



conductividad eléctrica) para cada fecha de siembra, en el laboratorio de suelos de la EEA INTA Rafaela. Las condiciones químicas al inicio de los ensayos (Tabla 1) indicaron adecuados contenidos de materia orgánica, pH levemente ácido y valores adecuados de fósforo (P) y nitrógeno total (Nt). Esto indica una fertilidad potencial de adecuada a buena, mientras que sólo para la primera época presentó un bajo contenido de N-NO₃ indicando baja fertilidad actual.

Además, se realizó la determinación de contenido de agua útil (AU) a 1 y 1,5 m de profundidad por gravimetría. En cuanto al contenido de AU total a 1,5 metros de profundidad, fue muy buena en ambas épocas de siembra, comprendida entre 159 y 170 mm aproximadamente (Tabla 1)

Tabla 1. Valores de parámetros químicos de suelo (0-20 cm) de materia orgánica (MO, %), nitrógeno de nitratos (N-NO₃, ppm), nitrógeno total (NT, %), fósforo extractable (ppm), pH (1:2,5) actual y Azufre (S-SO₄, ppm) obtenidos en el experimento de *B. carinata*. Además, se presentan los respectivos valores de referencia (rango de normalidad). En cada época, se presentan los contenidos de agua útil (en mm) a 1 y 1,5 m de profundidad a la siembra de los ensayos.

Análisis químico de suelo a la siembra

	Fecha de muestreo		Valores adecuados de referencia
	05/05/2021	07/05/2021	
MO (%)	2,78	3,56	2,5-3,2
N-NO ₃	14,4	33,8	16-20
NT (%)	0,14	0,19	0,14-0,15
Fósforo (ppm)	38,6	49,5	18-30
pH actual	6,1	5,8	6,6-7,2
CE (mS cm ⁻¹)	0,165	0,234	4-8
Azufre (S-SO ₄ , ppm)	18,3	17	--

Contenido hídrico en suelo a la siembra

	1° época	2° época
AU 1,0 m (mm)	118	96
AU 1,5 m (mm)	170	159

Los datos climáticos de temperatura y precipitaciones se obtuvieron de la Estación Meteorológica de la EEA INTA Rafaela ubicada a 1.000 m del lugar donde se realizó el experimento.

Las determinaciones realizadas fueron i) Fenología: Fecha de siembra, emergencia, roseta, elongación de vara floral, inicio de floración y de corte-cosecha, adaptada de Colza, proveniente del CETIOM (Arnoud,1989); ii) Vuelco (escala usada por NUSEED, donde 7 y 1 corresponde a completamente volcada y sin vuelco, respectivamente); iii) Porcentaje de dehiscencia (escala usada por NUSEED, donde 7 y 1 corresponden a 100% de las silicuas abiertas y sin dehiscencia, respectivamente), iv) Peso de granos (en mg) y v) Rendimiento en grano (corregido a 10% de humedad, en kg ha⁻¹).



La cosecha se realizó el 01-11 y 01-12 para la primera y segunda época, respectivamente, de manera mecánica con una cosechadora experimental de parcela (Figura 1g). Los datos obtenidos fueron analizados mediante modelos lineales generales y mixtos (GLM). Las épocas de siembra, cultivares y la interacción de ambos fueron considerados efectos fijos, mientras que las repeticiones fueron consideradas como efectos aleatorios. Para ello se empleó el Software Infostat, versión 2017 (Di Rienzo *et al.* 2017).

Para el análisis de la rentabilidad de los cultivos invernales, se calcularon los márgenes brutos de trigo y carinata. El cultivo de trigo de referencia que se analizó fue el reportado por Rosetti *et al.* (2022), donde se evaluaron 10 cultivares en franjas de 16 surcos y 150 m de largo, con aplicación de fungicida e insecticida. Los valores de los insumos utilizados fueron los reportados por la revista Márgenes Agropecuarios (05/2021). El costo de la semilla y el precio de la tonelada de grano de carinata (obtenido como promedio de los contratos realizados durante la campaña) fueron aportados por la empresa NUSEED S.A. Todos los márgenes brutos (MB) se realizaron incorporando prácticas de manejo que permitan expresar el potencial genético de cada especie, por lo tanto, para ambos cultivos se consideró la compra de semilla, fertilización con nitrógeno, etc. El valor considerado del dólar de referencia, obtenido del BCRA, fue de 101,89 \$ dólar⁻¹. Los costos directos se mantuvieron constantes para los diferentes rendimientos esperados (se evaluó desde 1000 a 6000 kg ha⁻¹ para ambas especies). Se evaluó el impacto de la variabilidad ambiental sobre los márgenes brutos (a igualdad de insumos, la variación en rendimientos se debe a la potencialidad del ambiente para la expresión). Los análisis se realizaron en tres escenarios que son los que frecuentemente se encuentran en nuestra zona i) CP (producción en campo propio, ii) CAF (campo arrendado con valor fijo de 12 qq ha⁻¹ de soja) y iii) CAP (campo arrendado a porcentaje del 25 %).

RESULTADOS

Condiciones climáticas y fenología

En ambas épocas, las condiciones ambientales acompañaron bien el crecimiento y desarrollo del cultivo (Figura 2). En la época 2 ocurrieron heladas de variada intensidad, que no afectaron el desarrollo de las parcelas de ninguno de los cultivares. Durante los meses de julio, agosto y septiembre las precipitaciones totales acumuladas fueron de 39,9 mm que, aunque pudieron generar alguna condición de déficit hídrico, fue superada por el abundante AU inicial acumulado en el perfil del suelo (Tabla 1).

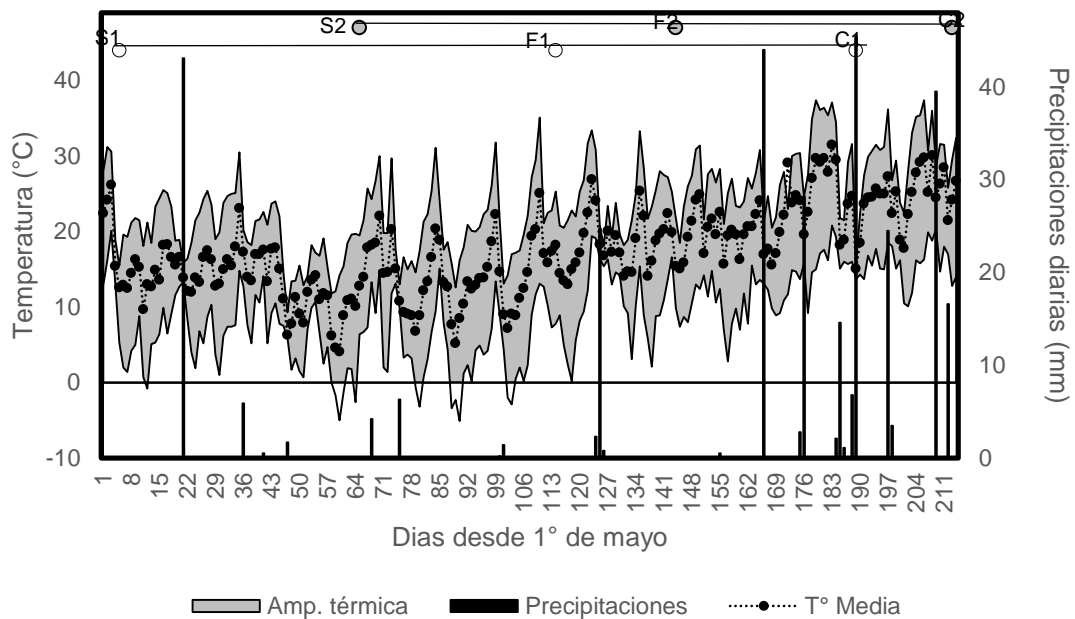


Figura 2. Amplitud térmica (°C, área gris), temperatura media (°C, línea continua) y precipitaciones diarias (columnas), en función de los días desde 01-05. En líneas continuas están representadas las etapas fenológicas de *B. carinata* de la primera y segunda época en iconos vacíos y grises, respectivamente. S, F y C indican Siembra, Floración media y Corte medio, respectivamente.

En general, no se encontraron diferencias marcadas en la longitud del ciclo de los diferentes genotipos evaluados (Figura 3). La variedad registró similar largo de ciclo a floración y total que el híbrido. El retraso en la fecha de siembra generó una reducción promedio de 26 y 18 % en el periodo de siembra-floración y fin de floración-madurez, respectivamente. El periodo de floración efectiva permaneció constante para ambas épocas de siembra siendo de 34 días. La cantidad de días de siembra a corte fueron de 181 y 148 para la primera y segunda época, respectivamente.

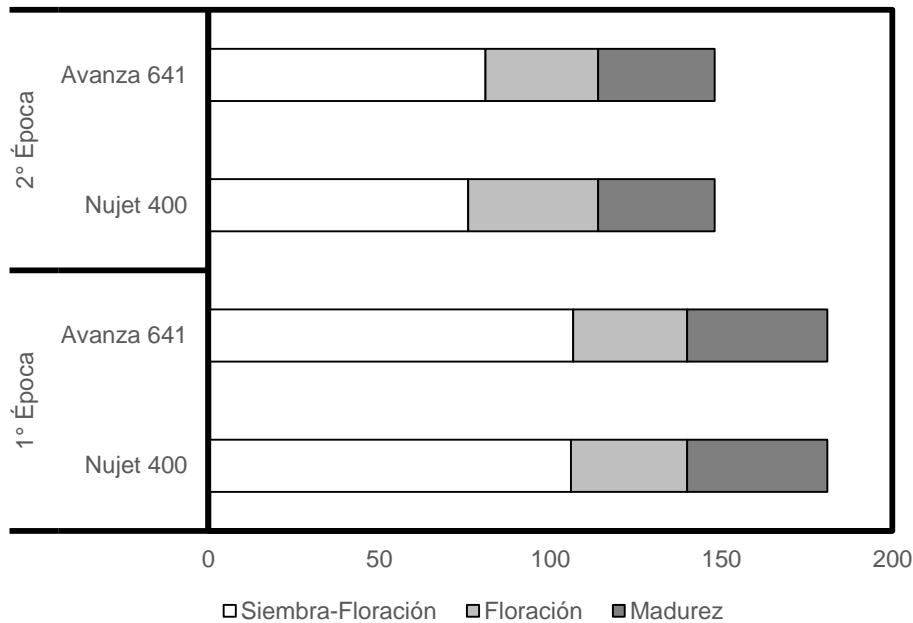


Figura 3. Ciclo en días de los cultivares de *B. carinata* de siembra a floración (blanco), floración efectiva (gris claro) y fin de floración a madurez (gris oscuro) correspondientes a la primera y segunda época de siembra.

Rendimiento y características agronómicas

En la primera época de siembra no se detectó vuelco en ninguna parcela, mientras que en la segunda época de siembra algunos tratamientos presentaron algo de vuelco, pero sin diferencias significativas entre genotipos ($p > 0,7296$). Por otro lado, en ninguna época se registró dehiscencia de silicuas.

En relación al rendimiento del cultivo, hay varios trabajos realizados en *carinata*, pero en la mayoría de ellos se evaluaron variedades. Seepaul *et al.* (2021) reportaron rendimientos de 2.900 kg ha^{-1} de *carinata* (Cv. Avanza 641) durante una campaña con buena distribución de precipitaciones. En la localidad de Barrow, Iriarte (2013) reportó que un atraso de 40 días provocó una reducción del rendimiento en una variedad de *carinata* de 2.750 a 2.197 kg ha^{-1} . En Uruguay, considerando varias campañas y fechas de siembra, los resultados productivos de *carinata* mostraron una buena adaptación con rendimientos máximos cercanos a los 6.000 kg ha^{-1} , especialmente en siembras tempranas (Mazilli *et al.* 2020), mientras que Castro, (citado por Arrarte *et al.* 2018) reportó que el potencial de rendimiento de *B. carinata* es de 5.000 kg ha^{-1} .

En base a los resultados que se obtuvieron en Rafaela, la interacción entre genotipos y épocas de siembra para el rendimiento de granos (en kg ha^{-1}) presentó diferencias significativas ($p < 0,0001$, Figura 4). El híbrido Nujet 400 expresó su potencial productivo en la primera época de siembra, con 5.055 kg ha^{-1} mientras que en la segunda época fue de 3.491 kg ha^{-1} . Por lo tanto, el retraso en la fecha de siembra redujo el rendimiento aproximadamente 27 kg ha^{-1} por día. Asimismo, la variedad Avanza 641 presentó un rendimiento de 3.862 y 3.200 kg ha^{-1} en la segunda



y primera época de siembra, respectivamente. Por lo que, el retraso en la fecha de siembra generó una merma de 11 kg ha⁻¹ por día.

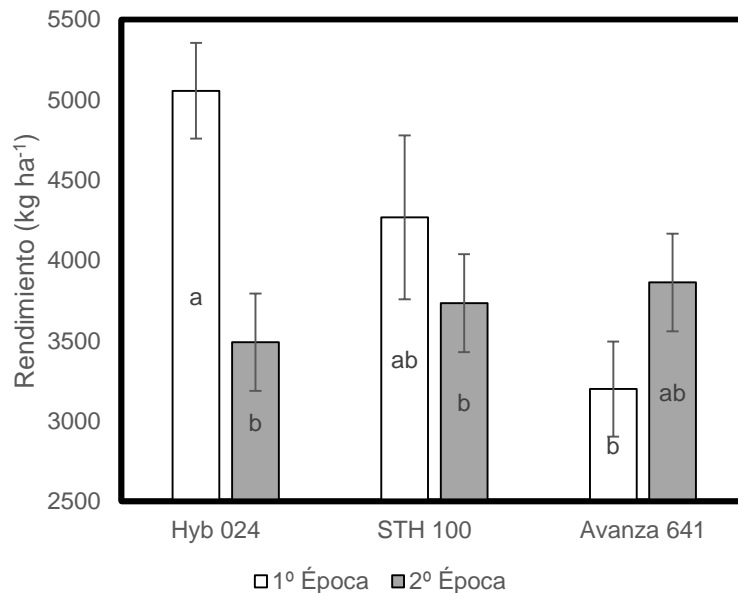


Figura 4. Rendimiento de grano (kg ha⁻¹) de los cultivares de *B. carinata* correspondientes a la primera (blanco) y segunda (gris) época de siembra. Líneas verticales corresponden al error estándar de los datos. Letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos.

Análisis económico de cultivos invernales

En los tres escenarios productivos (CP, CAF y CAP) el cultivo que presentó el mayor margen bruto fue carinata (Figura 5). Los rendimientos de indiferencia entre épocas de siembra (rendimiento que cubre los costos de implantación y protección) fueron de 1.219 – 1.137, 1.547 – 1.464 y 2.282 – 2.065 kg ha⁻¹ aproximadamente para CP, CAF y CAP por época, respectivamente. En trigo los rendimientos de indiferencia fueron de 2.355, 3.282 y 3.350 kg ha⁻¹ para CP, CAF y CAP, respectivamente. En cuanto a los rendimientos obtenidos durante la campaña 2021, el MB en U\$S ha⁻¹ de carinata en la primera época de siembra fue de 2.000, 1.784 y 1.299, mientras que en la segunda fueron de 1.700, 1.484 y 1.087 para CP, CAF y CAP, respectivamente (Tabla 2). En cuanto al cultivo de trigo, los MB fueron de 379, 163 y 147 para CP, CAF y CAP, respectivamente. Los elevados márgenes brutos junto con los bajos costos de implantación de carinata permitirían obtener valores de retornos entre 79 y 248 % por unidad monetaria invertida para los diferentes escenarios productivos y épocas de siembra. Mientras que, para trigo, el retorno calculado en base al rendimiento de la campaña 2021 fue de 69, 21 y 18 % por unidad monetaria invertida para CP, CAF y CAP, respectivamente.

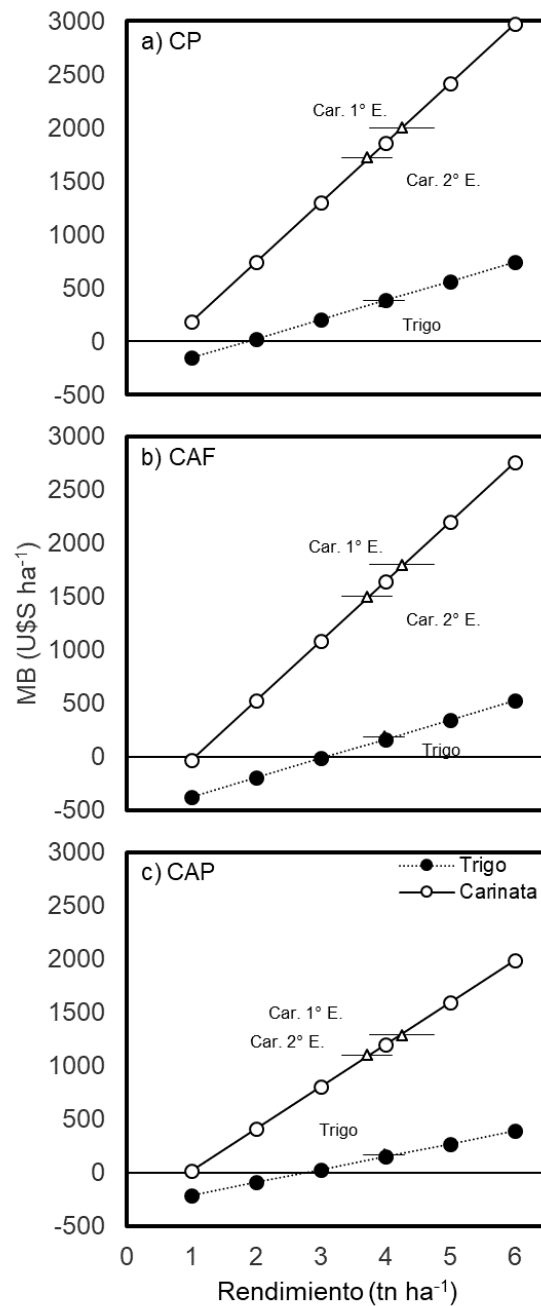


Figura 5. Margen Bruto (U\$ ha⁻¹) en función del rendimiento esperado para *B. Carinata* y trigo (iconos vacíos y llenos, respectivamente) en a) campo propio (CP), b) campo con arrendamiento fijo (CAF) y c) campo arrendado a porcentaje (CAP). El punto donde la recta del cultivo corta el eje x=0 corresponde el rendimiento de indiferencia. Triángulos llenos y vacíos corresponden al MB de trigo (calculado en base a lo publicado por Rosetti *et al.*, 2022) y carinata primera y segunda época, respectivamente. Línea corresponde al error estándar de los rendimientos obtenidos a campo.



Tabla 1. Análisis económico comparativo entre carinata correspondiente a la primera y segunda época de siembra y el cultivo de trigo (Rosetti *et al.* 2022). CP, CAF y CAP indican escenarios productivos de campo propio, campo con arrendamiento fijo (12 qq ha⁻¹ de soja) y campo con arrendamiento a porcentaje (25%) respectivamente. Todos los cálculos se realizaron para la zona centro-oeste de Santa Fe

	Trigo			Carinata 1° época			Carinata 2° época		
	CP	CAF	CAP	CP	CAF	CAP	CP	CAF	CAP
Rendimiento kg ha ⁻¹	3.981			4.249			3.713		
Precio estimado U\$S tn ⁻¹	233			660			660		
Ingreso bruto U\$S ha ⁻¹	928			2.804			2.451		
Gastos Comercialización U\$S ha ⁻¹	113			121			106		
Cosecha U\$S ha ⁻¹	102			308			270		
Porcentaje alquiler (25%) U\$S ha ⁻¹	-	-	232	-	-	701	-	-	613
Total costos directos U\$S ha ⁻¹	333	549	333	375	591	375	375	591	375
Margen bruto U\$S ha ⁻¹	379	163	147	2.000	1.784	1.299	1.700	1.484	1.087
Rendimiento de indiferencia kg ha ⁻¹	2.355	3.282	3.350	1.219	1.547	2.282	1.137	1.464	2065
Retorno por dólar invertido %	69,1	21,3	18,8	248,5	174,7	86,2	226,5	153,5	79,8

CONSIDERACIONES FINALES

- La campaña 2021 fue muy buena para el óptimo crecimiento y desarrollo de *B. carinata*, donde el AU y las precipitaciones acompañaron bien el ciclo del cultivo y no se registraron heladas de importancia que afectaran a las plantas.
- La fecha de siembra realizada en mayo fue la que mayores rendimientos presentó, siendo el híbrido el que evidenció el mayor potencial. Sería necesario continuar explorando fechas más tempranas para poder establecer la fecha de siembra óptima para la especie.
- Sería interesante evaluar el volumen de materia seca aérea y radicular que aporta al sistema. La inclusión de carinata en fechas de siembra tempranas incorporadas en las rotaciones típicas del centro de Santa Fe, constituirían un alternativa valiosa y sustentable para la diversificación de la producción.
- El análisis económico de carinata realizado permitiría inferir que, debido a su condición de *speciality* bajo contrato, es superior a la de trigo en la mayoría de las condiciones de producción. Aún en campañas con bajos potenciales de rendimiento, los márgenes brutos superan al trigo.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a la Lic. (M.Sc.) Laura Beatriz Gastaldi por sus valiosos aportes en los análisis económicos presentados. Asimismo, se agradece a Germán Eggel de la EEA INTA Rafaela, por la ayuda brindada durante la siembra, mantenimiento y cosecha de los ensayos.



BIBLIOGRAFÍA

- ALEMAYEHU, N., BECKER, H.C. 2002. Genotypic diversity and patterns of variation in a germoplasm of Ethiopian mustard (*Brassica carinata* A. Braun). Genetic Resources and Crop Evolution 49, 573-582.
- ARNOUD F. 1989. Colza: sélection, variétés. Cahier technique. CETIOM. París. Francia. 28p.
- CASTRO, M. 2018. ¿Puede *Brassica carinata*, una nueva oleaginosa de invierno, contribuir a la diversificación del sistema agrícola? (en línea). En: Encuentro Nacional de la Mesa de Tecnología de Oleaginosos (7º., 2018, Montevideo). Oleaginosos de invierno. Montevideo, INIA. s.p. Consultado 22-03-2022 Disponible en http://7moencuentro.mto.org.uy/wpcontent/uploads/2018/08/Presentaci%C3%B3n-MarinaCastro_15.08.2018.pdf
- DI RIENZO J.A., CASANOVES F., BALZARINI M.G., GONZALEZ L., TABLADA M., ROBLEDO C.W. InfoStat versión 2017. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>
- FALASCA, S., ULBERICH, A. 2010. La producción de mostaza etíope (*Brassica carinata*) en Argentina como cultivo energético. Revista Geográfica 148: 7-22.
- FERRARIS, G., MOUSEGNE, F., JECKE, F., VELLAZ, O. 2020. Respuesta a fertilización con nitrógeno, fósforo y azufre en *Brassica carinata* Campaña 2019. Disponible en: https://repositorio.inta.gob.ar/bitstream/handle/20.500.12123/7105/INTA_CR_BsAsNorte_EEAPergamino_Ferraris_Gustavo_Respuesta_fertilizaci%C3%B3n_con_nitr%C3%B3geno_f%C3%B3foro_azufre_en_Brassica_carinata_Campa%C3%B1a_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- GETINET, A., RAKOW, G., RANEY, J.P., DOWNEY, R.K. 1997. Glucosinolate content in interspecific crosses of *Brassica carinata* with *B. juncea* and *B. napus*. Plant Breed 116:39–46.
- IRIARTE, A. L. B. 2013. Evaluación de *Brassica carinata* como materia prima para la producción de biodiesel. Actualización técnica en cultivos de cosecha fina 2012/13, 88. ISSN: 2346-9498, ISBN: 978-987-521-441-5
- MAZZILLI, S. R., BONANSEA, S., SCHENCK, G., & DOMINGUEZ, F. 2020. *Brassica carinata* L. como alternativa de cultivo invernal: fecha de siembra y arreglo espacial. Cangue 43_4NT2. Consulta 22-03-2022. Disponible en: http://www.eemac.edu.uy/cangue/images/revistas/revista_43/Cangue%2043_4NT2.pdf
- ROSETTI, L., ZUIL, S., SCHLIE, G., PICCO J.M., MASSONI, F. 2022. Ensayo de rendimiento de variedades de trigo pan en EEA INTA Rafaela. Campaña 2021. Disponible en: <https://inta.gob.ar/rafaela>
- SEEPAL, R., KUMAR, S., IBOYI, J. E., BASHYAL, M., STANSLY, T. L., BENNETT, R., BOOTE, K. J., MULVANEY, M. J., SMALL, I. M., GEORGE, S., & WRIGHT, D. L. 2021. *Brassica carinata*: Biology and agronomy as a biofuel crop. GCB Bioenergy, 13, 582– 599. <https://doi.org/10.1111/gcbb.12804>